

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА И КОММУНИКАЦИЙ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
БЕЛОРУССКАЯ ЖЕЛЕЗНАЯ ДОРОГА
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»

К 65-летию БелИИЖТа – БелГУТа

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТРАНСПОРТНОГО И СТРОИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСОВ

МАТЕРИАЛЫ
IV МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

Часть 2

Под общей редакцией *Ю. И. КУЛАЖЕНКО*

Гомель 2018

УДК 656.0+69
ББК 39.28+38
А43

Редакционная коллегия:

Ю. И. Кулаженко (отв. редактор), **Ю. Г. Самодум** (зам. отв. редактора),
А. А. Ерофеев (зам. отв. редактора), **Т. М. Маруняк** (отв. секретарь),
К. А. Бочков, Д. И. Бочкарев, Т. А. Власюк, И. А. Еловой, Н. Н. Казаков,
Д. В. Леоненко, И. Г. Малков, В. Я. Негрей, В. М. Овчинников, В. И. Сенько

Рецензенты:

доктор технических наук, профессор **В. В. Кобищанов**
(Брянский государственный технический университет);
доктор технических наук, профессор **Ю. О. Позойский**
(Московский государственный университет путей сообщения)

Актуальные вопросы и перспективы развития транспортного и
А43 строительного комплексов : материалы IV Междунар. науч.-практ.
конф. : в 2 ч. Ч. 2 / М-во трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь,
Бел. ж. д., Белорус. гос. ун-т трансп. ; под общ. ред. Ю. И. Кулаженко. –
Гомель : БелГУТ, 2018. – 315 с.

ISBN 978-985-554-768-7 (ч. 2)

Рассмотрены актуальные вопросы подвижного состава железнодорожного транспорта; управления и интеллектуальных транспортных систем; информационных технологий, автоматизации, телемеханики и связи на железнодорожном транспорте; ресурсосберегающих и энергоэффективных технологий на транспорте; инновационных материалов и технологий строительства; промышленного и гражданского строительства; естественных наук для транспортного и строительного комплексов; цифровой экономики транспортного и строительного комплексов; инновационных технологий организации пассажирских перевозок, а также тенденции развития образовательных технологий и воспитания специалистов транспортного комплекса и перспективы их развития.

Для ученых и преподавателей учебных заведений транспортного профиля, научных и инженерно-технических работников научно-исследовательских и проектных организаций, предприятий и учреждений транспорта и строительства.

УДК 656.0+69
ББК 39.28+38

ISBN 978-985-554-768-7 (ч. 2)
ISBN 978-985-554-767-0

© Оформление. БелГУТ, 2018

УВАЖАЕМЫЕ УЧАСТНИКИ КОНФЕРЕНЦИИ!

От имени оргкомитета IV Международной научно-практической конференции «Актуальные вопросы и перспективы развития транспортных систем и строительного комплекса» приветствую вас, желаю всем плодотворной работы, успехов в обсуждении сложнейших проблем транспорта и транспортного строительства.

Наша конференция проводится в год 65-летия нашего университета и посвящена этому знаменательному для нашего коллектива событию. Проведение научно-исследовательских работ по транспортной и строительной тематике всегда являлось одним из приоритетных направлений деятельности ученых и специалистов Белорусского государственного университета транспорта. В тесном сотрудничестве со специалистами Белорусской железной дороги учеными БелГУТа найдены эффективные технические решения в организации и совершенствовании технологий перевозок, эксплуатации и ремонте подвижного состава, пути, систем автоматики и связи.

Выражаю уверенность, что обмен мнениями по этим и другим вопросам, активное сотрудничество специалистов в различных направлениях деятельности позволят найти взвешенное, комплексное решение многих важнейших проблем.

Проведение конференции мы рассматриваем как возможность ознакомить участников с творческими достижениями специалистов и ученых вузов и научно-исследовательских институтов, установить новые контакты и оказать помощь транспортным и строительным организациям в решении различных научно-технических задач.

Открывая конференцию, я не могу не отметить внимание, большую помощь, которую оказывают нам Министерство транспорта и коммуникаций Республики Беларусь, Белорусская железная дорога в проведении ставшей уже традиционной конференции.

Благодарю вас за участие в работе нашей конференции и желаю всем успехов в решении научных и производственных проблем, личного счастья, крепкого здоровья!

Ю. И. КУЛАЖЕНКО,
*председатель организационного комитета конференции,
ректор Белорусского государственного университета транспорта,
доктор физико-математических наук*

6 ИННОВАЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬСТВА

УДК 625.172:625.12

ОПЫТ УСИЛЕНИЯ ОСНОВНОЙ ПЛОЩАДКИ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА ГЕОСИНТЕТИЧЕСКИМИ МАТЕРИАЛАМИ

Е. С. АШПИЗ

Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва

Первый опыт применения геосинтетиков для усиления земляного полотна железных дорог относится к усилению его основной площадки путем устройства под балластом разделительных и морозозащитных слоев. Разделительный слой устраивается из нетканого геотекстиля и укладывается под балластной призмой в уровне основной площадки под защитный слой из песка. При разделении грунтов земляного полотна и балластного слоя нетканым геотекстилем достигается ограничение темпа накопления остаточных деформаций в балластном слое за счет предотвращения поступления мелких частиц из грунта вверх, а также уменьшение влажности грунта путем отвода попадающих в балластную призму атмосферных осадков по разделительному слою. Укладка такого разделительного слоя начала широко применяться в разных странах мира с 70-х годов XX века и является одним из наиболее распространенных технических решений [1–3]. К этому же времени относится и начало применения как за рубежом (в Скандинавии и др. северных странах), так и на железных дорогах бывшего Советского Союза морозозащитных слоев из пенопластов для усиления основной площадки земляного полотна [4, 5].

Широкое внедрение нетканого геотекстиля и пенополистирола в качестве разделительного и морозозащитного слоев на сети железных дорог России началось со второй половины 90-х годов после перехода на ресурсосберегающие технологии с внедрением глубокой очистки щебеночного балласта [6]. Укладка разделительного или морозозащитного слоя из геосинтетика производится, как правило, без снятия рельсошпальной решетки в ходе работы щебнеочистительной машины при реконструкции или капитальном ремонте пути. Слои геосинтетиков укладываются на глубину не менее 40 см ниже подошвы шпал с обеспечением поперечного уклона 0,04 в полевую сторону. Срезка обочин земляного полотна ниже покрытия для отвода с него воды обязательна. Непосредственно на покрытие допускается располагать очищенный щебень. Основным достоинством технического решения по устройству разделительного или морозозащитного слоя из геосинтетических материалов, который укладывается в ходе глубокой очистки, является его технологичность, когда работы выполняются в темпе глубокой очистки, благодаря чему данный способ усиления основной площадки оказывается наиболее дешевым и доступным для массового применения.

Анализ результатов наблюдений за опытными участками с разделительными и морозозащитными слоями из геосинтетических материалов, выполненный в МИИТе для линии Санкт-Петербург – Москва, после её усиления под скоростное движение пассажирских поездов [7], показал, что после усиления было достигнуто значительное улучшение состояния пути и обеспечивается необходимая стабильность положения рельсовой колеи, в том числе в неблагоприятный период весеннего оттаивания. Эффективность устройства разделительных слоев из нетканых материалов и покрытий из плит экструдированного пенополистирола в качестве морозозащитных слоев имеет многочисленные подтверждения и на железных дорогах разных стран.

Не во всех случаях применение только разделительных или морозозащитных слоев из геосинтетика может оказаться достаточным для обеспечения необходимой стабильности, они могут только уменьшить деформации основной площадки, не ликвидировав их полностью. Такими случаями являются места с наличием грунтов под основной площадкой с очень низкой несущей способностью либо тяжелые нагрузки подвижного состава, поэтому следующим решением для усиления основной площадки, которое было применено, явилась укладка армирующих геосинтетиков в виде

георешеток и геосеток. Это решение явилось альтернативным техническому решению по устройству обычных защитных слоев из специально подобранных несвязных грунтов. За счет армирования защитного слоя из несвязных грунтов геосинтетиками, имеющими высокую осевую жесткость, удается сократить толщину обычного защитного слоя, достаточную для предотвращения деформаций нижележащих грунтов земляного полотна.

В последние годы для усиления основной площадки земляного полотна во многих странах активно применяется техническое решение с армированием грунтов георешетками из полимерных материалов – полипропилена, полиэтилена и полиэфира. Наиболее проработано это решение на железных дорогах Восточной Европы [8, 9], которые усиливаются под включение их в скоростные общеевропейские коридоры.

Нормы усиления по обеспечению необходимых модулей деформации подшпальных оснований для этих железных дорог приняты по стандарту Германии Ril 836. Применением георешеток достигается существенное уменьшение толщины защитного слоя, что является важным обстоятельством, учитывая, что работы выполняются на действующем пути.

Так, в зависимости от модуля деформации E_{v2} грунта с недостаточной прочностью приняты три типа усиления основной площадки:

1) (при $E_{v2} < 35$ МПа) под балластом располагаются последовательно слои: щебеночной смеси фракций 0–32 мм толщиной 20 см, георешетки, щебеночной смеси фракций 0–32 мм толщиной 25 см, нетканого материала;

2) (при $E_{v2} < 28$ МПа) под балластом располагаются последовательно слои: щебеночной смеси фракций 0–32 мм толщиной 20 см, георешетки, щебеночной смеси фракций 0–32 мм толщиной 25 см, георешетки, нетканого материала;

3) (при $E_{v2} < 15$ МПа) под балластом располагаются последовательно слои: щебеночной смеси фракций 0–32 мм толщиной 25 см, георешетки, скального грунта толщиной, определяемой местными условиями, георешетки, нетканого материала.

В России аналогичные конструкции защитного слоя с армированием георешетками в комбинации с нетканым геотекстилем для совмещения функции армирования с разделительной функцией применяются при реконструкции линии Москва – Санкт-Петербург под высокоскоростное движение пассажирских поездов, начиная с 2010 года.

Усиление основной площадки земляного полотна геосетками было применено в России также на подходах к мостам при введении скоростного движения пассажирских поездов на линии Санкт-Петербург – Москва для создания участков переменной жесткости. Между слоями геосеток располагалась щебень мелких фракций толщиной по 20 см. Работы по усилению выполнялись в технологическое «окно» между движением поездов продолжительностью 12 часов со снятием рельсошпальной решетки и вырезкой старого грунта. Наблюдения за этими участками, проведенные в МИИТе, показали надежность данного технического решения. По результатам исследований техническое решение усиления основной площадки георешетками (геосетками) было утверждено к применению нормами МПС России [10]. Данное техническое решение представляется одним из наиболее перспективных, обеспечивая достаточную несущую способность при сложных условиях и вписываясь в общие технологические процессы ремонтов пути с глубокой очисткой.

Список литературы

- 1 **Martinek, K.** Geotextiles Used by German Federal Railway – Experiences and Specifications / K. Martinek // *Geotextiles and Geomembranes : materials of the 3th International conference.* – 1986. – С. 175–200.
- 2 **Fluet, Joseph E.** Geosynthetics and North American Railroads / Joseph E. Fluet // *Geotextiles and Geomembranes : materials of the 3th International conference.* – 1986. – P. 201–218.
- 3 Нетканые синтетические материалы / П. И. Дыдышко [и др.] // *Путь и путевое хозяйство.* – 1979. – № 12. – С. 19–21.
- 4 **Satersdal, R.** Varmeisolasjonsmaterialer I vegoverbygningen / R. Satersdal // *Frost i jord.* – Nr. 3. – Oslo. – P. 29–43.
- 5 Опыт применения пенопластовых покрытий в целях предупреждения пучин / Г. М. Шахуняц [и др.] // *Сб. науч. тр. МИИТа.* – Вып. 565. – М. : МИИТ, 1977. – С. 3–23.
- 6 Технические указания на применение пенополистирола и геотекстиля при усилении основной площадки земляного полотна без снятия рельсошпальной решетки. – М. : ПТКБ ЦП МПС, 1999. – 37 с.
- 7 **Ашпиз, Е. С.** Мониторинг земляного полотна при эксплуатации железных дорог / Е. С. Ашпиз. – М., 2002. – 112 с.
- 8 Railway corridors construction using rigid geogrids reinforcement in the Czech Republic / L. Mica [et al.] // *2nd European Geosynthetics Conference EUROGEO-2000.* – Bologna, Italy. – P. 403–407.
- 9 **Havrila, M.** Stiff geogrids for Slovak railways / M. Havrila, R. Baslik, L. Turinič // *2nd European Geosynthetics Conference EUROGEO-2000.* – Bologna, Italy. – P. 397–402.
- 10 Руководство по применению полимерных материалов (пенопластов, геотекстилей, георешеток, полимерных дренажных труб) для усиления земляного полотна при ремонтах пути. – М. : Академкнига, 2002. – 110 с.

АНАЛИЗ СПОСОБОВ ПОВЫШЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ КАЧЕСТВ ДОРОЖНЫХ ПОКРЫТИЙ

Н. В. БАНДЮК

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Срок службы дорожного покрытия зависит от множества факторов, основными из которых являются: интенсивность движения транспортного потока; нагрузки на ось; природно-климатические условия района эксплуатации участка дороги. Для повышения эксплуатационной надежности и долговечности дорог необходимо применять наиболее эффективные и качественные дорожно-строительные материалы. Наиболее подверженные воздействию агрессивной среды слои – дорожные покрытия.

На сегодняшний день в Республике Беларусь при устройстве покрытий дорог при строительстве, реконструкции и ремонте дорог применяются разнообразные материалы. На протяжении длительного времени преимущество отдавалось асфальтобетонным смесям для устройства дорожных покрытий, а в последние годы началось возрождение технологии строительства покрытий из цементобетонных смесей, примером служит строительство второй кольцевой дороги вокруг города Минска.

Слои покрытий, устроенные с применением цементобетонных смесей, характеризуются высокой прочностью, ровностью, достаточной шероховатостью на протяжении длительного времени, а также имеют светлый цвет, что сказывается положительно на безопасности дорожного движения. Однако данные слои имеют следующие недостатки: наличие продольных и поперечных температурных швов, высокая чувствительность к противогололедным материалам на основе соли.

Асфальтобетонная смесь легко укладывается и формируется в прочный слой, а такие слои покрытий имеют преимущества, по сравнению с цементобетонными, относительно малый шум от движения транспортных средств и удобство содержания и ремонта. Однако недостатки таких покрытий приводят к необходимости периодически выполнять ремонтные работы по восстановлению ровности, сплошности и сцепных свойств покрытий.

С течением времени цементобетонные и асфальтобетонные покрытия требуют ремонта путем устройства вышележащих слоев, которые имеют различное назначение и на сегодняшний день выполняются преимущественно из материалов на основе битума. Но использование битума в традиционном виде сейчас уже недостаточно для обеспечения необходимых характеристик слоев на его основе. Поэтому перспективным направлением в дорожной отрасли является практика модифицирования битума и других материалов, применяемых для приготовления смесей.

Мировой опыт показывает, что срок службы покрытий, приготовленных с применением модифицированных битумов, значительно превышает срок службы покрытий с использованием немодифицированных битумов при тех же условиях эксплуатации.

Для достижения необходимых свойств материалов в качестве модификаторов могут быть использованы отходы (полимеры, резина), восковые добавки, а также модификаторы реологических характеристик. Использование той или иной добавки должно применяться индивидуально, в соответствии с искомыми свойствами, так как затраты на приготовление асфальтобетонных смесей с использованием модифицированных материалов выше, чем на немодифицированных. Поэтому актуальным является поиск дешевых модифицирующих добавок.

В процессе жизнедеятельности человечества образуется множество разнообразных отходов, которые в большинстве случаев отправляются на полигоны для захоронения, а наличие среди них отходов полимеров, которые имеют период разложения 100 и более лет, выносит этот вид отходов на особое место с точки зрения экологии.

На сегодняшний день в мире уделяется много внимания утилизации и переработки бытовых и промышленных отходов. Наиболее эффективным методом утилизации полимерных отходов является их повторное использование в качестве новой ресурсной базы, что является одним из наиболее динамично развивающихся направлений переработки полимерных материалов в мировой практике.

Переработка полимерных отходов может быть реализована различными способами. Так, при использовании химического способа получают продукты деполимеризации отходов, которые повторно используют для получения полимеров, пластификаторов, лаков и других материалов.

При механическом способе, не требующем дорогостоящего оборудования, отходы достаточно измельчить и использовать в виде компонентной добавки к материалам.

В дорожном строительстве отходы полимеров применяют для модификации битумов, к которым предъявляются требования по достаточно высокой температуре размягчения и малой хрупкости при низких температурах. Эти противоречивые требования частично выполняются для битумов на основе нефти с большим содержанием парафинов.

Проведенные исследования по модификации битумов отходами полимеров показали, что полученный материал обладает повышенной прочностью при сжатии и изгибе в интервале температуры от 0 до 40 С, а при испытаниях на длительную прочность и при динамических нагрузках материал проявляет себя как более стойкий.

Условия эксплуатации нефтяных битумов в дорожных покрытиях, а также многочисленные исследования позволяют сформулировать следующие требования к высокомолекулярным соединениям, предназначенным для модификации битумов:

- полимер должен быстро и полностью растворяться до молекулярного уровня в дисперсионной среде нефтяного битума;
- макромолекулы полимера должны обладать склонностью к ассоциации и при определенном содержании в битуме образовывать пространственную структурную сетку;
- полимер должен образовывать в битуме такую структурную сетку, которая была бы устойчива к деструкции при технологических воздействиях в процессе приготовления асфальтобетонных смесей и дальнейшей эксплуатации асфальтобетона в покрытии;
- способ модификации битума, определяемый индивидуальными особенностями конкретного класса полимера, должен отвечать всем критериям технико-экономической эффективности.

В настоящее время в полимерно-битумных композициях испытаны практически все известные полимеры. Однако на практике применяются лишь некоторые типы высокомолекулярных соединений, которые можно сгруппировать в следующие классы: термоэластопластичные полимеры, эластомеры, термопласты, реактопласты.

Накопленный научный и производственный опыт свидетельствует о преимуществах асфальтобетонов на модифицированных полимерами битумах по сравнению с обычными асфальтобетонами в отношении прочности, сдвигоустойчивости, температуры хрупкости и трещиностойкости, устойчивости в водной среде и, как итог, – долговечности асфальтобетонных покрытий. Обеспечение этих преимуществ требует усложнения технологической подготовки вяжущих, приводит к удорожанию вяжущего из-за высокой стоимости полимеров. При этом неизбежен значительный дополнительный расход энергоресурсов, необходимых для проведения всех технологических процессов. Компенсация этих затрат может быть обеспечена за счет увеличения межремонтных сроков асфальтобетонных покрытия и уменьшения объемов ремонта.

Однако при использовании модифицирующих добавок к битумам при производстве асфальтобетонных смесей не всегда удается создать материал, который полностью удовлетворяет требованиям по своим эксплуатационным свойствам. Для строительства качественного асфальтобетонного покрытия, удовлетворяющего требованиям нагрузок, недостаточно использовать модифицированное вяжущее при приготовлении смеси, необходимо использовать несколько веществ, каждое из которых улучшит определенные показатели.

Одновременно с улучшением свойств битума и расширением диапазона температур его эксплуатации необходимо уделять внимание проблеме повышения прочности сцепления битумного вяжущего с минеральными материалами. Для увеличения смачиваемости и адгезии битума к каменным поверхностям в различных странах были предложены и применены добавки анион- и катионактивных поверхностно-активных веществ. Выбирая оптимальный вариант совместного использования полимера и ПАВ в качестве модификаторов битума, можно регулировать водные свойства получаемого битумополимерного вяжущего, а также асфальтополимербетона на его основе. При содержании минимально допустимого количества каждого полимера, из условий обеспечения пенетрации, теплостойкости и трещиностойкости вяжущего, введение в битум 0,7 % ПАВ обеспечивает показатель сцепления, равный 99–100 %.

Для решения вопроса о целесообразности применения конкретного модификатора и технологического процесса для получения модифицированного битума необходимо производить оценку ряда критериев. Основные критерии должны определять техническую, технологическую, экономическую и экологическую эффективность.

В целом для сохранения работоспособного состояния дорожных покрытий на протяжении длительного времени важную роль играют правильно подобранные материалы и улучшающие добавки к ним, соблюдение технологических регламентов как при приготовлении материалов и полуфабрикатов, так и при их укладке в сооружение, а также своевременная периодичность и последовательность выполнения работ по содержанию и ремонту дорог.

УДК 625.7

РАЗВИТИЕ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ г. ГОМЕЛЯ

Н. В. БАНДЮК

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В. А. ПАНТЕЛЕЕВА

ПКП «Гомельдорпроект», Республика Беларусь

Гомель сегодня – это более чем полумиллионный город, который в основном строился в советское время. Для того времени планировка города была вполне подходящей, и по причине относительно небольшого количества личного транспорта проблема заторов на городских лицах отсутствовала. Но уже тогда в городе были заложены проблемные участки, особенно в его центральной части. При нынешнем развитии личного транспорта они стали «тромбами» в транспортной системе города. Главной проблемой нашей транспортной системы считается наличие заторов, но следует сказать, что эта проблема не единственная. В системе общественного транспорта есть над чем еще поработать, а проблемы велосипедного движения практически не реализованы вовсе. При этом все три проблемы тесно связаны между собой. И решение проблемы заторов на дорогах Гомеля напрямую связано с развитием общественного и велосипедного транспорта, а также с планированием будущего строительства, изменением законодательства, регулирующего транспортные вопросы. В сложившейся ситуации роста автопарка и старой планировки большей части города, логично предположить, что проблемных мест на городских дорогах достаточно много. Действительно, ведь практически в каждом районе есть такие участки.

Для улучшения транспортной схемы города ранее было запланировано строительство путепровода Север – Юг, а позже – и Восточного обхода. Восточный обход в свою очередь должен снять транспортное напряжение с центральных улиц. Предполагается также выйти на улицы Кожара (в районе Ледового дворца) и Каменщикова, которые в свою очередь продолжить до ул. Советской. Строительство такой крупной магистрали, пронизывающей город с севера на юг, могло бы решить множество транспортных задач и сделать город еще более привлекательным для бизнеса и граждан. Современной тенденцией развития и совершенствования транспортной системы стало распространение логистики и логистического управления, т. е. всего комплекса услуг по быстрой и качественной доставке товаров. Определяющей стратегией деятельности на мировых рынках является высокая скорость оформления сделок. Иными словами, ключевым моментом деятельности в развитых обществах становится усиливающаяся роль логистики. Эффективность транзитных перевозок, обеспечиваемая логистикой, складывается из множества качественных параметров: сокращения времени в пути, снижения затрат на перевозку, оптимизации тарифов, сохранности грузов, обеспечения безопасности перевозок, а также соблюдения экологических требований.

На плане недостроенных объездов видно, что они действительно были бы эффективны для решения транспортных проблем центра города. Конечно, это не стало бы панацеей, так как те, кто едет в центр и паркуется там, по-прежнему пользовались бы городскими улицами. Но есть немалое количество людей, которые едут из одного спального района в другой. И вот для них, а также для жителей пригородных посёлков, которые уже вплотную примыкают к городской черте и транзитного грузового транспорта, Восточный обход был бы незаменим. 104-й микрорайон, посёлки Романо-

вичи и Берёзки были бы связаны с 19-м микрорайоном, старой Волотовой и далее с Сельмашем напрямую. Как вариант, планировался ещё и путепровод от Восточного объезда на улицу Кожара, что дало бы проезд машинам с перечисленных районов к району старого аэродрома и на близлежащий отрезок улицы Советской.

Конечно, есть у этих проектов есть и минусы. В результате их реализации улица Ефремова будет превращена в магистраль с большим потоком автомобилей. Тоже самое произойдет и с уже построенным участком Восточного обхода от улицы Хатаевича до улицы Каменщикова.

Экологическая сторона сложившейся ситуации требует решений в связи с превращением города в бетонную площадку, без зелёных зон вдоль дорог и в перспективе без зелёных площадок во дворах. Выше речь шла о движении автомобилей, без учета мест для стоянки, и если автомобилисты едут через центр или в сам центр, то парковать свои автомобили они будут там же. Но где именно? Центральная площадь города стала уже сплошной парковкой, как и большинство улиц и дворов центра города.

В отличие от спальных районов, где есть хотя бы гаражные кооперативы, позволяющие части автовладельцев решить проблему стоянки, то в центре города таких мест нет, как нет места и для строительства паркингов. Что же касается парковок в спальных районах города, то и там их можно пересчитать по пальцам. Несколько штук на каждый спальный район. Всё остальное – место во дворах, которое уже заполнено. А количество автомобилей неуклонно продолжает расти. Многоуровневые паркинги для нас остаются редкостью, и об их строительстве никто не говорит, так как все упирается в финансирование подобных проектов.



Строительство объездных дорог не позволит решить проблему переполненности центра города автомобилями, оно лишь частично снизит интенсивность движения. Анализируя международный опыт, можно предложить запрет бесплатной парковки и ограничить проезд автомобилей по некоторым улицам. Это эффективно, а главное не потребует больших финансовых затрат. Автомобилисты, управляющие личным транспортом, являются не единственными участниками движения на наших улицах. Для большинства гомельчан главным средством передвижения остаётся общественный транспорт. И нужно сказать, что транспортная сеть в Гомеле организована достаточно неплохо в плане охвата различных районов города и их связи с центром. Значительно хуже обстоят дела со скоростью движения транспорта, его комфортностью, а также связью различных спальных и промышленных районов города, особенно в выходные дни. Что касается скорости движения, то одним из способов её повышения видится создание отдельных полос для общественного транспорта на наиболее проблемных участках движения, которые находятся в центре города. Но выделение одной полосы на наших не слишком широких улицах является не простой задачей, решать которую необходимо в комплексе с ограничением движения автомобилей в центре города. Если же пойти таким путем, как в большинстве стран мира, то выделение полос для общественного транспорта станет не только возможным, но и необходимым, как дополнение к ограничительным мерам.

Также стоит обратить внимание и на велосипедный транспорт, не рассматривать велосипед как игрушку, изменить стереотипы и отношение к велосипедистам. Сегодня на городских дорогах для велосипедов места нет, как нет и полноценных велосипедных дорожек. А то подобие велодорожек на тротуарах нескольких улиц города ничего, кроме печальной улыбки у велосипедистов, не вызывает. Но даже при таком отношении к велосипедистам количество их продолжает расти. Среди молодёжи ездить на велосипеде стало модно, и это не может не радовать. Если бы власти стимулировали велодвижение, то оно стало бы для них подспорьем в решении транспортных проблем, пусть и косвенным, но достаточно эффективным. Опыт европейских стран тому наилучшее подтверждение. В странах ЕС велосипедный бизнес приносит в год прибыли, исчисляющиеся десятками миллионов евро. И, конечно, для них это решение многих транспортных

проблем, не только благодаря качественной организации движения, но и потому, что огромное количество жителей этих городов ездит на велосипедах, еще часть – на скутерах. Сложно представить, что было бы, если бы все они пересели на личные автомобили. В Республике Беларусь для безопасности дорожного движения скутеры приравнивали к мотоциклам и автомобилям, что вызвало необходимость получать на них права, и спрос на этот вид транспорта упал. А ведь он был и более мобильным, экономичным и экологичным.

Таким образом, решение проблем по улучшению транспортной инфраструктуры города Гомеля строительством новых участков дорог и улиц не решит поставленные задачи. Для достижения высокого уровня безопасности и комфортабельности городского движения необходимо решать комплекс задач, включающих строительство и обустройство велосипедных путей, выделение полос для общественного транспорта, ограничение движения легковых автомобилей в центре города, обустройство парковочных мест с взиманием платы за стоянку автомобилей. Если не решать задачу комплексно, то автомобиль в городе рано или поздно станет бесполезным.

УДК 656.223

ПЕРСПЕКТИВНАЯ КОНЦЕПЦИЯ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА БУДУЩЕГО RAIL-ROAD VEHICLE, ОБЪЕДИНЯЮЩАЯ ДВА ВИДА ТРАНСПОРТА – АВТОМОБИЛЬНЫЙ И ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЙ

Д. И. БОЧКАРЁВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В настоящее время наибольшая эффективность перевозок достигается при доставке грузов «от ворот до ворот» с минимальным количеством погрузочно-разгрузочных операций с одного вида транспорта на другой. Однако существующие транспортные и логистические технологии не позволяют доставлять грузы таким образом, не меняя транспортного средства.

Одним из решений данной проблемы являются контрейлерные (conrail) или интермодальные (rail intermodal) перевозки – комбинированные железнодорожно-автомобильные перевозки, при которых железнодорожные платформы используются для перевозки грузовиков с полуприцепами, полуприцепов или собственно контейнеров с грузом. В то же время контрейлерная система перевозок имеет определенные недостатки, к которым относят необходимость перевозить «мертвый» груз – полуприцепы или контейнеры, масса которых может достигать 20–30 % от полезной загрузки, а также создание и содержание парка специальных железнодорожных платформ с пониженным полом (для возможности вписывания по высоте погруженных полуприцепов в железнодорожные габариты).

Поэтому сегодня многие ведущие автопроизводители, работая над проектом транспортного средства будущего, решают задачу максимальной рентабельности и безопасности грузовых перевозок посредством создания беспилотных автопоездов и объединения их в специальные колонны на трассе. Кроме того, считается, что сеть автомобильных дорог более развита, чем сеть железнодорожных путей.

Однако более эффективным направлением развития транспорта будущего представляется объединение двух видов транспорта – автомобильного и железнодорожного. Данный транспорт может использовать как автодорожную, так и железнодорожную инфраструктуры, выбирая наиболее оптимальную для каждого из маршрутов.

Конструктивное решение данного предложения возможно посредством оснащения пневмоколесных транспортных средств навесным оборудованием комбинированного хода, обеспечивающего возможность их передвижения по железнодорожным путям. Оно представляет собой дополнительные железнодорожные колеса на упругой подвеске, служащие для удержания машины на рельсах и восприятия части нагрузки от ее массы. Тяговое и тормозное усилия при этом могут реализовываться за счет сцепления ведущих пневматических колес с рельсами и зависят от сцепной силы тяжести, состояния рельсов (влажность, загрязненность) и типа протектора пневмоколес, определяемых коэффициентом сцепления, который для пары «пневматическое колесо – рельс» составляет 0,68–0,85 для сухих и 0,35–0,45 для мокрых рельсов. В качестве варианта дополнительные желез-

нодорожные колеса также могут быть ведущими и тормозными, в случае если колея пневматических колес не совпадает с шириной рельсовой колеи. При движении по автомобильным дорогам дополнительные железнодорожные колесные пары поднимаются до положения, при котором в контакте с дорогой находятся только пневматические колеса.

При движении по железной дороге такие транспортные средства могут состыковываться, образуя составы, аналогичные железнодорожным. Таким образом, возможна значительная экономия топлива и повышение безопасности, а также высокая скорость доставки грузов.

На основании вышеизложенного представляется актуальным создание отечественных перспективных конструкций транспортных средств Rail-Road Vehicle для межконтинентальных перевозок по маршруту Европа – Азия (рисунок 1). Часть работ в данном направлении была реализована специалистами Объединенного института машиностроения НАН Беларуси. Предложенный ими автопоезд представляет собой многозвенное транспортное средство, в которое входят один тяговый и три грузовых модуля, соединенные друг с другом с помощью тяговых тележек со сцепными устройствами. Полная масса автопоезда составляет около 130 т при длине 45 м, что требует введения специальных алгоритмов управления движением, также предложенных разработчиками. В то же время для эффективной конкуренции с традиционными видами автомобильного транспорта необходимо создание и развитие автодорожной сети, соответствующей массогабаритным параметрам подобных автопоездов, и транспортно-логистической инфраструктуры на предполагаемом направлении, которые в настоящее время находятся в стадии развития и требуют значительных капиталовложений. Оснащение указанной конструкции оборудованием комбинированного хода (см. рисунок 1) позволит в наибольшей мере реализовать ее потенциал, а также достичь максимальной эффективности перевозок.

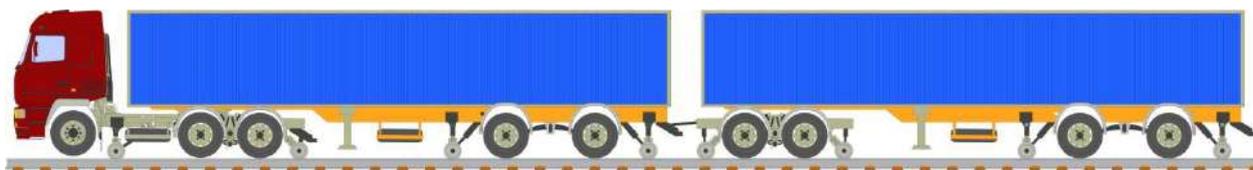


Рисунок 1 – Транспортное средство Rail-Road Vehicle (многозвенный автопоезд на комбинированном ходу)

Создание транспортных средств Rail-Road Vehicle совместно с исследованиями в областях логистики, безопасности движения, управления процессами перевозок с использованием систем автоматической навигации GPS и ГЛОНАСС и роботизации управления движением позволит повысить эффективность перевозок на трансконтинентальных маршрутах и способствовать развитию на них транспортной инфраструктуры.

УДК 625.17(084.3)

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ КАРТЫ В ПУТЕВОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Д. И. БОЧКАРЁВ, А. С. ЛАПУШКИН

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Н. Е. МИРОШНИКОВ

Белорусская железная дорога, г. Минск

Технологические карты показывают виды выполняемых работ, их последовательность, применяемые механизмы, нормы времени, расходные материалы, производительность, а также приемы работы и должности работников. Широко применяются технологические карты в строительстве, машиностроении и в других отраслях. Не является исключением и путевое хозяйство железных дорог.

С одной стороны, количество рабочих с достаточно низкой квалификацией может увеличиваться из года в год, что ведет к невозможности качественного выполнения самых простых работ. С другой стороны, могут появляться новые виды работ, поэтому даже квалифицированный рабочий или мастер зачастую не знают, как же правильно и максимально быстро выполнить возложенные на них обязанности. В таких случаях предприятиями составляются технологические карты.

Готовая технологическая карта отвечает на вопросы: какие операции необходимо выполнять и в какой последовательности, с какой периодичностью (при повторении операции более одного раза), сколько уходит времени на выполнение каждой операции в отдельности, каков результат выполнения каждой операции и какие необходимы инструменты и материалы.

В случае высокой сложности выполняемых операций, наличия спорных элементов и неоднозначностей в их выполнении, технологические карты разрабатываются подробно на каждую составляющую с детальным ее описанием.

Состав технологических карт по текущему содержанию железнодорожного пути включает такие разделы, как общие положения; перечень нормативных документов; состав исполнителей, механизмы и инструмент; организация и технология производства работ; требования безопасности, в т. ч. экологической.

В разделе «Общие положения» представляется характеристика ремонтируемого участка, оговариваются места расположения требуемых для работ материалов, указываются особенности выполнения отдельных работ, требующих особое внимание при их производстве. Перечень нормативных документов содержит необходимый и достаточный объем нормативных источников, на основании которых построена технологическая карта.

Раздел «Состав исполнителей» содержит информацию о том, под чьим руководством выполняется работа, а также должности и количество работников, занятых на выполнении данной работы.

В разделе механизмы и инструмент приводится перечень и количество единиц необходимого путевого инструмента для выполнения тех или иных работ.

Раздел «Организация и технология производства работ» содержит информацию о составе и порядке выполнения работ по тому или иному технологическому процессу. В состав работ могут входить подготовительные работы, в процессе выполнения которых производится подготовка необходимых условий для выполнения основных работ. Так, например, при выполнении исправления просядок и перекосов пути на гравийном и песчано-гравийном балласте подбивкой деревянных шпал электрошпалоподбойками ЭШП-9 до начала следует подтянуть гайки клеммных и закладных болтов при скреплении КД (К-4), довертывать шурупы при скреплении КД (К-4) и добить костыли с подвешиванием шпал при скреплении ДО. Это позволит тщательно закрепить шпалы и исключить их перемещения относительно рельса при вывешивании домкратами во время проведения основных работ. Вслед за подготовительными работами выполняются основные.

При написании раздела «Организация и технология производства работ» разрабатывается цепочка, определяющая последовательность работ, и подбирается необходимый инструмент. Цепочка последовательности проведения работ, а также наименование и количество необходимого инструмента для проведения исправления просядок и перекосов пути на гравийном и песчано-гравийном балласте подбивкой деревянных шпал электрошпалоподбойками ЭШП-9 приведены на рисунке 1 и в таблице 1 соответственно.



Рисунок 1 – Цепочка последовательности проведения работ

Таблица 1 – Перечень необходимого инструмента для производства работ

Наименование	Количество, ед.	Наименование	Количество, ед.
1 Ключ гаечный путевой	2	8 Кабель, м	50–100
2 Ключ торцовый	2	9 Лом остроконечный	1
3 Молоток костыльный	2	10 Лом лапчатый	1
4 Домкрат гидравлический	2	11 Лопата совковая	1
5 Электрошпалоподбойка	4	12 Метла	1
6 Электростанция передвижная	1	13 Рихтовщик гидравлический	5
7 Распределительная коробка	1	14 Шаблон путевой	1

Описание основных работ, как правило, содержит их последовательность, схемы установки определенного инструмента для качественного выполнения работ, порядок движения рабочей силы и критерии, судя по которым можно считать основные работы выполненными.

В разделе «Требования безопасности» приводятся положения об ограждении места производства работ сигнальными знаками и, при необходимости, знаками уменьшения скорости, указывается, в какие документы, при необходимости должны быть сделаны записи перед началом работ и после их окончания. Оговаривается, каким вопросам необходимо уделить внимание при инструктаже работников. Акцентируется внимание на меры, которые должен принять руководитель по своевременному сходу работников с пути во время приближающегося поезда. Также в данном разделе оговариваются условия использования путевого механизированного гидравлического, электрического, мотоинструмента и др. Приводятся требования к их эксплуатации в соответствии с особенностями производства работ по данному технологическому процессу, а также правила допуска к работе с данным инструментом.

Завершающим является раздел «Требования экологической безопасности», который включает основные положения действующих нормативных и нормативно-технических правовых актов Республики Беларусь в области экологической безопасности, а также нормативных документов Белорусской железной дороги требований экологической безопасности.

УДК 621.87; 681.58

ПЬЕЗОДАТЧИК КАК РЕКУПЕРАТИВНЫЙ КОМПОНЕНТ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ПРИВОДОВ СТРОИТЕЛЬНЫХ И ДОРОЖНЫХ МАШИН

Д. И. БОЧКАРЁВ, Д. С. ПУПАЧЁВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Прогресс в совершенствовании современных машин состоит в том, что им передается все большее число технологических функций, в результате чего человек освобождается от непосредственного участия в рабочем процессе.

В настоящее время при проектировании дорожно-строительной техники наиболее актуальной и важной задачей является разработка и внедрение концепции «интеллектуальных ресурсосберегающих машин», оборудованных адаптивными силовыми приводами рабочих органов. Развитию этого направления поспособствовали последние достижения в области микроэлектроники и робототехники.

Процесс интеллектуализации машин решается путем внедрения в их конструкцию бортовых компьютеров, наборов датчиков и систем телематики, анализирующих качество выполнения работы, с возможностью корректирования режимов с учетом этого качества в реальном времени.

Одним из перспективных направлений реализация ресурсосберегающего компонента является использование систем рекуперации энергии движущихся частей приводов и рабочего оборудования машин. Наилучший результат эти системы показывают в машинах циклического действия, поскольку потери энергии в их рабочих циклах могут достигать 50 %.

Конструктивно внедрение этих систем предполагает установку аккумулирующих систем, использование многопоточных насосов с разгрузкой отдельных секций, применение электронных систем пропорционального управления, регулирование гидронасосов с использованием энергосбере-

гающих механизмов, а также применение различных способов рекуперации энергии при подъеме-опускании рабочего оборудования и торможении движущихся масс [1].

С учетом вышесказанного становится очевидно, что внедрение данных систем значительно усложняет конструкцию базовых машин, увеличивает их материалоёмкость и в конечном итоге – стоимость.

Одним из возможных решений отмеченных проблем может послужить использование вместо полноценных систем рекуперации энергии пьезоэлектрических датчиков генераторного типа. Они представляют собой преобразователи механической энергии деформации, перемещения или движения в электрическую энергию. Принцип их действия заключается в электрической поляризации определенного класса диэлектриков, называемых пьезоэлектриками (сегнетоэлектриками, ферроэлектриками), при механическом напряжении в материале.

Явление пьезоэффекта, обнаруженное ещё в конце XIX века и получившее первое применение в начале XX, на сегодняшний день получило новый виток развития ввиду применения новых типов материалов. Первые пьезодатчики, основанные на монокристаллических материалах (кварц, турмалин или сегнетова соль), имели низкий коэффициент электромеханической связи, малую диэлектрическую проницаемость и собственную емкость, высокие сложность производства и стоимость. Выпускаемые сегодня пьезоэлектрические материалы на базе поликристаллов (пьезоэлектрические керамические материалы или ПКМ) смогли преодолеть отмеченные недостатки. Они представляют собой сегнетоэлектрические соединения или их твердые растворы, полученные синтезированием из смеси различных оксидов и солей [2].

Основу большинства современных ПКМ составляют твердые растворы титаната-цирконата свинца (ЦТС, PZT), модифицированные различными компонентами и добавками. Выпускаются также ПКМ на основе титаната бария (ТБ), титаната свинца (ТС), ниобата свинца (НС), титаната висмута (ТВ) и т. д.

Пьезокерамика обладает рядом преимуществ. Технология её производства проста, она имеет высокую стойкость к действию агрессивных сред и радиации. Пьезодатчики на основе ПКМ охватывают широкий диапазон измерений, способны работать при температурах от +400 до –270 °С и, что немаловажно, при применении их как элементов рекуперативных систем для строительной техники, выдерживают высокие давления.

Кроме того, для улучшения выходных характеристик пьезопреобразователей из данных материалов можно использовать их системы в виде биморфов (состоящих из двух пьезоэлементов или пьезоэлемента и металлической пластины, соединенных между собой) или триморфов (состоящих из двух пьезоэлементов и металлической пластины), объединенных с усилителями напряжения или заряда [3].

Отмеченные выше особенности открывают широкие возможности для внедрения пьезогенераторов в элементы конструкций строительных и дорожных машин, подвергающихся циклическим нагрузкам или вибрациям.

Основное перспективное направление применения пьезопреобразователей в строительной технике, исходя из принципа их действия, заключается в использовании их в роли рекуператоров энергии, интегрированных в рабочие органы.

Так, на бульдозерах или автогрейдерах возможна установка их на отвалах, между лобовыми листами и задней стенкой коробки. При этом возникающие при резании и перемещении грунта вибрации и деформации рабочего органа будут приводить к генерации электрической энергии, направляемой в последующем для заряда аккумуляторных батарей или снабжения локальных потребителей. В скреперах данные преобразователи можно смонтировать на задних подвижных стенках ковшей и рекуперативный эффект будет наблюдаться как в процессе загрузки (ввиду воздействия загружаемого грунта на стенку), так и разгрузки (за счет вибраций и деформаций в процессе выталкивания грунта).

Широкие возможности для использования пьезопреобразователей генераторного типа представляют автокраны, в частности большой грузоподъёмности, оборудованные телескопическими стрелами. При поднятии и перемещении значительных грузов можно визуально наблюдать деформацию последних. Поэтому установка датчиков в областях локализации наибольших нагрузок, например возле охватывающих поясов секций стрел, позволит также вырабатывать пьезоэлектриче-

ство. Аналогична ситуация и с экскаваторами, особенно оборудованными нестандартными рабочими органами (например вибропогружателями или копрами), создающими значительные вибрации в конструкции машины.

В настоящее время предлагаются варианты внедрения пьезоэлектрических компонентов в пневматические шины грузовых и легковых автомобилей. Это позволит вырабатывать электроэнергию из вибраций, возникающих вследствие качения и деформации колес при движении машин. При этом ключевым фактором при получении электроэнергии становится скорость движения.

Вторым вариантом модификации ходового оборудования может послужить использование пьезогенераторов в подвеске строительных и дорожных машин на базе автомобильных и специальных шасси. Для этого потребуются их установка на рессорах или амортизаторах. Ввиду того, что значительную часть времени эксплуатации колесная строительная техника передвигается по дорогам с плохим покрытием или бездорожью, за счет активной работы подвески эффективность генерации энергии будет значительной.

Возможно также применение пьезопреобразователей в силовых установках строительных и дорожных машин. Среди возможных вариантов – монтаж преобразователей вместе с комплектом усилителей на опорах крепления двигателя к раме или на корпусных деталях, например блоке цилиндров или блок-картере. При этом они будут воспринимать циклические колебания от процессов воспламенения топлива в цилиндрах и внутренних механических движений цилиндропоршневой группы и других деталей. Внедрение данной системы позволит избавиться от привычного генератора, приводимого в действие от шкива коленчатого вала. Тем самым можно повысить как мощность двигателя, так и его экономичность.

Актуальность внедрения пьезодатчиков заключается ещё и в том, что с учетом современных тенденций энерго- и ресурсосбережения крупные производители строительной техники разрабатывают проекты по созданию гибридных (экскаваторы CAT 336E H, Komatsu PC200LC-8 H, погрузчики John Deere 944K и Volvo LX1) и даже полностью электрических машин циклического действия (экскаватор Volvo EX-2, грузовые автомобили «Volvo FL» и «Volvo FE»). Становится очевидно, что вопросы подзарядки батарей и продление непрерывности работы отмеченных машин стоят очень остро. Немаловажным фактором является и то, что данные датчики, помимо генерации электрической энергии, подключенные к интеллектуальной системе управления машиной, также смогут передавать необходимую информацию в бортовой компьютер, тем самым давая возможность анализировать условия работы и подбирать необходимые режимы.

Список литературы

- 1 Довгяло, В. А. Машины и оборудование для содержания автомобильных дорог : учеб. пособие / В. А. Довгяло. – Гомель : БелГУТ, 2016. – 288 с.
- 2 Шарапов, В. М. Датчики : справ. пособие / под общ. ред. В. М. Шарапова, Е. С. Полищука. – М. : Техносфера, 2012. – 624 с.
- 3 Шарапов, В. М. Пьезоэлектрические датчики / В. М. Шарапов, М. П. Мусиенко, Е. В. Шарапова ; под ред. В. М. Шарапова. – М. : Техносфера, 2006. – 632 с.

УДК 629.4.015:625.03+625.45

ВОЗМОЖНАЯ ПЕРСПЕКТИВА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЛИНИЙ ПРИГОРОДНЫХ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ И МЕТРОПОЛИТЕНА В ГОРОДЕ МИНСКЕ

В. А. ВЕРБИЛО

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Темпы роста городского населения в настоящее время вдвое превышают темпы роста населения на планете в целом. По данным ООН городское население в начале XIX века составляло всего 3 % от населения планеты, в начале XX века – 13 %, а в наши дни в наиболее развитых странах оно уже превысило 89 % в Германии, 85 % в Бразилии и 80 % в США. В Республике Беларусь численность городского населения к 2030 г. достигнет 80 %.

Объем транспортной работы в крупных и особенно в крупнейших городах увеличивается значительно быстрее, чем растет их население. Так, в городе с населением 1 млн человек объем работы пассажирского транспорта в 40–50 раз больше, чем в городе с населением 100 тыс. жителей.

В условиях бурного роста городов и плотности их заселения, территориального расширения их природных зон, строительства новых жилых массивов и промышленных комплексов, возникновения городов-спутников проблема четкой организации работы пассажирского транспорта в городах приобретает особую актуальность. Возникает целый комплекс сложных технических, экономических и социальных вопросов, непосредственно связанных с работой пассажирского транспорта.

Прирост объема пригородных перевозок в железнодорожном узле г. Минска составляет в среднем 1 млн пассажиров в год, и к 2030 г. число пассажиров, отправленных в пригородном сообщении, достигнет 40 млн человек. Рост объема перевозок значительно осложняет работу головной станции Минск-Пассажирский, на которую приходится основной объем пригородных перевозок всего узла. На этой станции ощущается нехватка приемо-отправочных путей, их полезной длины, пропускной способности посадочных платформ. Всё возрастающие трудности испытывает также и привокзальная площадь, являющаяся основным узлом взаимодействия с городским пассажирским транспортом, обслуживаемым большим количеством автобусных, троллейбусных и трамвайных маршрутов. Большие потоки пригородных железнодорожных пассажиров, пересеживающихся в часы “пик” на головном вокзале на метро (или с метро на железную дорогу), серьезно осложняют и работу метрополитена. В эти часы вестибюли метро, тоннельные переходы, эскалаторы, лестничные марши и посадочные платформы работают с резко увеличивающейся нагрузкой. При этом ухудшаются условия обслуживания не только пересеживающихся пассажиров, но и пассажиров, следующих через данную станцию метро транзитом.

Возможность улучшения работы пассажирской транспортной системы Минска, на наш взгляд, состоит в оптимизации режимов взаимодействия различных видов пассажирского транспорта и в первую очередь линий городских железных дорог и метрополитена как наиболее массовых видов городского пассажирского транспорта. Важнейшей задачей при этом является создание в местах их соприкосновения станций взаимной пересадки, особенно в пунктах зарождения и погашения массовых пассажиропотоков. Сооружение таких станций позволит улучшить условия расселения и качество обслуживания населения, уменьшить транспортную усталость пассажиров, повысить производительность труда работающих за счет сокращения затрат времени на ежедневные поездки с трудовыми целями, увеличить бюджет свободного времени трудящихся.

Отвлечение части пригородных железнодорожных пассажиров на метрополитен на периферийных станциях пересадки обеспечит экономию вкладываемых средств за счет более рационального распределения работы по перевозке пассажиров между отдельными видами транспорта, улучшения использования транспортных средств и подвижного состава, изменения структуры штата обслуживающих работников, а также сократит время ожидания средств подвозящего наземного транспорта на привокзальной площади и ликвидирует перегрузки пересадочного узла метрополитена в районе головного железнодорожного вокзала. Кроме того, будет создан резерв пропускной способности пригородных железнодорожных линий и линий метрополитена, появится возможность перераспределения затрат на развитие каждого из взаимодействующих видов транспорта и получения экономии капитальных вложений в усиление головных железнодорожных участков, увеличение мощности пересадочных устройств на станции Минск-Пассажирский, реконструкцию привокзальной площади, прилегающих городских магистралей и т. д. Наконец, наличие периферийных пересадочных станций позволит в особых ситуациях не скапливать большие массы людей для эвакуации в районе головного вокзала, расположенного в самом ядре города, а накапливать их постепенно на нескольких станциях пересадки, расположенных в разных районах города, оборачивать часть пригородных поездов на станции пересадки, не доводя их до головного вокзала, что особенно важно в случае выхода из строя железнодорожного участка между станцией пересадки и головным вокзалом.

Учитывая изложенное выше, а также быстрый рост территории города, увеличение транспортной подвижности населения, интенсивную застройку жилых районов, строительство промышленных комплексов, расширение существующих и освоение новых зон отдыха, очень важно заранее предусмотреть создание развитой сети пересадочных станций на базе существующих пригородных железнодорожных участков, эксплуатируемых и строящихся линий метрополитена.

Поскольку железнодорожная сеть в пределах Минского узла практически уже сложилась, а сеть метрополитена находится в стадии развития, представляется целесообразным устройство в ближайшем будущем станций пересадки кроме головного вокзала также в районе остановочных пунк-

тов: Тракторный, Радиаторный, Институт культуры, Минск-Восточный, Минск-Южный, Минск-Северный. Кроме того, если в ближайшей и отдаленной перспективе появится необходимость в сооружении не только вылетных, но и кольцевой линии метро, то на этот случай должна быть учтена возможность устройства станций пересадки на железную дорогу на базе остановочных пунктов Степянка, Масюковщина, Курасовщина и др.

УДК 621.762

РАЗРАБОТКА МАТЕРИАЛА ДЛЯ РАБОЧИХ ОРГАНОВ ВЫПРАВочно-ПОДБИВочно-РИХТОВОчных МАШИН

Д. С. ДЕВИЦКИЙ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Безопасность железнодорожных перевозок во многом зависит от качества балластного слоя рельсошпальной решетки (РШР), который по прочности, устойчивости и состоянию должен обеспечивать безопасное и плавное движение поездов с установленными скоростями.

Балластный слой обеспечивает равномерную передачу давления от шпал на возможно большую поверхность земляного полотна, являясь упругой подушкой, смягчающей удары колес подвижного состава, а также отвод поверхностных вод от железнодорожного пути и содержание его в сухом состоянии, гарантирующем предохранение рельсов и креплений от коррозии (разрушения), а шпал – от гниения.

По пути проходят поезда большого веса с высокими скоростями. Колеса давят на рельс с силой, которая при движении поезда увеличивается в 1,5–2 раза. Под действием этих сил в пути непрерывно накапливаются остаточные неравномерные деформации в виде просадок, перекосов, нарушений положения пути в плане и др. Помимо подвижного состава, серьезное влияние на путь оказывают климатические факторы: ветер, вода, снег, колебания температуры. Ветер выдувает мелкие частицы балласта, вода приводит к уменьшению несущей способности грунта основной площадки земляного полотна, к пучению, размывам и т. д.

Предупреждение просадок и толчков достигается ликвидацией угона пути, систематической и правильной подбивкой или подсыпкой просевших и отрясённых шпал, недопущением выплесков, ликвидацией местных износов концов рельсов и накладок, правильным содержанием земляного полотна, правильным уходом за балластным слоем.

Отступления от норм содержания балласта может привести и приводят к деформациям РШР, иногда сопровождающимся большими перерывами движения поездов и весьма крупными работами по восстановлению пути. Нарушение норм содержания может проявиться лишь по прошествии ряда лет, в течение которых происходит внешне незаметный процесс его оседания.

Систематические наблюдения за состоянием балластной призмы дают возможность своевременно предупреждать серьезные его «заболевания» (отклонения), при этом объемы работ могут быть небольшие.

Работы по текущему содержанию пути производятся на всем его протяжении в течение всего года. В зависимости от времени года они имеют сезонные особенности.

Непосредственное выполнение всего комплекса работ по текущему содержанию пути возложено на дистанцию пути. С наступлением летнего времени и окончанием весенних работ выполняют в первую очередь следующие предупредительные работы:

- выправка пути в местах отклонений по уровню;
- подбивка шпал;
- рихтовка пути.

Для содержания пути в проектом положении используются выправочно-подбивочно-рихтовочные путевые машины. Они бывают следующих видов действия:

- циклического;
- непрерывного;
- непрерывно-циклического.

Рабочим органом выправочно-подбивочно-рихтовочной машины выступает подбивочный блок. Слабым местом данного механизма является подбойка, которая в зависимости от типа путевой машины и материала, из которого она изготовлена, имеет ресурс от 80 до 800 км подбитого пути.

В настоящее время существует три основных завода (компаний), занимающие лидирующие позиции в мире по производству и выпуску путевой техники:

- Калужский завод «Ремпутьмаш» (Россия);
- Plasser & Theurer (Австрия);
- Knox Kershaw Inc. (США);

В Республике Беларусь эксплуатацией, ремонтом и восстановлением подбоек занимается ЭРУП «Центр механизации путевых работ Белорусской железной дороги». Для обеспечения деятельности по эксплуатации и содержанию железных дорог на балансе предприятия имеются железнодорожно-строительные путевые машины фирмы Plasser & Theurer, в том числе машины РМ-76, РМ-80, ВПРС-08, ВПР-09, ВПР-08, ВПР-09-3Х, ССП-110, ДГС-62, МФС-240, COMPEL VAG 500 RD, а также предприятие выполняет работы по ремонту комплектов подбивочных блоков фирмы Plasser & Theurer с машин типа ВПР, ВПРС. Для обеспечения ремонта путевых машин Центр имеет необходимый парк станочного и испытательного оборудования, в том числе станки: токарной, фрезерной, сверлильной, строгальной, зубофрезерной, шлифовальной и расточной групп, станок плазменной и газокислородной резки листового металла.

Характер взаимодействия основных рабочих органов путевых машин – подбоек обусловлен процессами активного абразивного изнашивания в результате взаимодействия с балластом земляного полотна и рядом прочих комплексных причин: интенсивные динамические нагрузки, вибрация и т. д.

По причине невозможности остановки выполнения работ в технологическое «окно», предоставляемое для выполнения комплекса путевых работ, кроме как при отказе рабочего органа, агрегата, узла или механизма, износ рабочего органа путевой машины может достигать значительной величины. Около 60 % деталей имеют износ более 20 % от исходной массы и могут быть успешно восстановлены.

Износ рабочей поверхности лопатки подбойки ВПРМ (выправочно-подбивочно-рихтовочных машин) в процессе работы достигает по высоте 20 мм и более, что требует многослойной наплавки для обеспечения оптимизированных геометрических размеров лопатки.

Количество наплавляемых слоев при этом достигает 8–10, что существенно снижает качество наплавляемого металла.

Затраты на материалы при устранении дефектов различными способами колеблются от 0,3 до 36 % от полной себестоимости ремонта. К примеру, вибродуговая наплавка – 2,2 %, наплавка под флюсом – 6,5 %, металлизация электродуговая – 8,0, наплавка в углекислом газе – 12,6 %. При этом восстановление деталей путем замены части изношенной детали механической обработкой составляет 36 % от себестоимости ремонта.

Следует также учитывать тот факт, что рабочие поверхности изнашиваются неодинаково, к примеру, торцевые и боковые поверхности изнашиваются менее интенсивно, чем нижняя кромка лопатки. Характер износа обусловлен интенсивностью изнашивания рабочих поверхностей в процессе контакта лопатки и щебня, с учетом гранулометрического состава обрабатываемого щебня, удельных давлений по мере заглупления лопатки в щебень, а так же расположения подбойки в подбивочном блоке относительно шпалы.

В настоящее время свое применение в качестве основного материала подбоек нашли сталь 45, сталь 40ХН, сталь 35ХМ, сталь 110Г13Л, сталь У7.

Ремонтом, восстановлением и заменой подбоек занимаются железнодорожные депо и заводы механизированной путевой техники, такие как Пинский опытный завод путевых машин. Как правило, выправочно-подбивочно-рихтовочные машины имеют 4 подбивочных блока и соответственно 16 подбоек. Замена 16 подбоек каждые 30–40 км пути (в среднем).

Ремонтные предприятия применяют следующие способы восстановления подбоек выправочно-подбивочно-рихтовочных машин:

- электродуговая ручная и механизированная наплавка легированными проволоками;
- электродуговая наплавка проволоками сплошного сечения (под слоем флюса или в среде защитных газов);
- плазменное напыление;
- индукционная наплавка.

Недостатки существующих методов:

- недостаточная износостойкость нанесённого слоя металла;
- значительный разброс механических свойств;
- трудность последующей механической обработки;
- наличие технологических дефектов, таких как, неоднородность структуры наплавленного металла;
- образование различного рода включений;
- неравномерность поверхностной твердости наплавленного металла по площади детали;
- концентрация растягивающих напряжений;
- снижение усталостной прочности, коррозионной стойкости и т. д.

Достоинства:

- высокая производительность;
- возможность использовать остаточный ресурс долговечности детали по прочности;
- применение недорогой и несложной в изготовлении, монтаже и эксплуатации оснастки, а также увеличение экономической эффективности восстановления деталей путевых машин.

Целесообразность выбора способа восстановления деталей определяется, как очевидно, сокращением затрат на материалы и снижением стоимости работ, связанных с устранением дефектов, предшествующих механической обработке, технологичностью ремонтного процесса, выбором наплавочных материалов, конкретными условиями ремонтного производства и требованиями к восстанавливаемой детали.

В настоящее время для восстановления лопаток ВПРМ применяется большая группа наплавочных материалов, различных по структуре, химическому составу, характеристик наплавленного металла. Один из наиболее распространенных и доступных в массовом ремонтном производстве способов ремонта лопаток – наплавка электродами типа Т-590 в два слоя, а при повышенном износе, с наращиванием изношенной части лопатки, – путем приварки пластин из рессорной стали с предварительным прогревом детали до температуры 200–250 °С. Полученная твердость HRC 60–62. Однако данный способ не обеспечивает требуемого ресурса подбоек по сравнению с оригинальными деталями.

Плазменное напыление и индукционная наплавка, несмотря на достижение однородности металла обрабатываемой поверхности и наплавленной поверхности, не дают ожидаемых результатов, т. к. оптимальная толщина наплавленного металла находится в пределах 2–5 мм, а износ лопатки превышает указанные размеры и имеет нелинейные формы.

Наиболее универсальными, по сравнению с электродами, порошковыми лентами и проволоками сплошного сечения являются порошковые проволоки на основе хрома и никеля, которые дают высокую твердость наплавленного слоя, высокую износостойкость материала в условиях абразивного изнашивания, а содержание марганца значительно повышает ударную вязкость наплавленного металла.

Низкая себестоимость процесса восстановления позволяет применять данный способ на малых ремонтных предприятиях в условиях создания определенных прочностных и износостойких характеристик наплавленного металла при отсутствии высокотехнологичного оборудования и оснастки.

Все перечисленные способы восстановления изношенных поверхностей лопаток дают в результате величину относительной износостойкости, способствующую продлению ресурса работы подбойки, однако недостаточную для обеспечения безотказной работы с заданной производительностью и качеством выполняемых работ подбивочного блока ВПРМ.

Также существуют способы нанесения покрытий на подбойки для увеличения их износостойкости и удароустойчивости. Применяют способы приварки износостойких пластин на основания подбоек и последующей их замене в процессе износа.

Предлагаемая разработка представляет собой подбойку, основным металлом которой является железо (Fe) с добавлением хрома (Cr), никеля (Ni), марганца (Mn), молибдена (Mo), вольфрама (W). Для продления рабочего ресурса подбойки применены победитовые пластины на лопатке и победитовое напыление на шейке подбойки.

Присутствие таких компонентов в составе сплава материала подбойки делает его износостойчивым, тугоплавким, прочным. Победит состоящий на 90 % из карбида вольфрама и 10 % кобальта обеспечивает высокую твердость и жаропрочность сплава, что в свою очередь позволяет применять подбойки данного типа как на машинах циклического действия, так и непрерывного, где темпера-

тура рабочих поверхностей подбойки доходит до 1000 °С, что делает её универсальной для всех типов ВПР машин.

Такая подбойка обеспечивает повышение ресурса и межсервисного интервала обслуживания подбивочных блоков в разы, что положительно сказывается на технико-экономическом показателе, а также времени непрерывной работы выправочно-подбивочно-рихтовочной машины.

Возможность повышения эксплуатационных показателей подбивочного блока путевых машин, при применении победита в качестве основного защитного материала рабочей поверхности подбойки, позволит решить проблему по импортозамещению дорогостоящих комплектующих, а также увеличит ресурс и ремонтнопригодность всей конструкции в целом.

Для выработки практических рекомендаций по эффективному применению победита требуется проведение серии лабораторных исследований и промышленных испытаний.

Список литературы

1 Соломонов, С. А. Путевые машины : учебник для вузов ж.-д. трансп. / С. А. Соломонов, М. В. Попович, В. М. Бугаенко. – М. : Желдориздат, 2000. – 756 с.

2 Бабич, А. В. Ремонт машин в строительстве и на железнодорожном транспорте / А. В. Бабич, А. Л. Манаков, С. В. Щелоков. – М. : Учеб.-метод. центр по образованию на ж.-д. трансп., 2015. – 124 с.

3 Абашин, В. М. Путевые машины на железнодорожном транспорте / В. М. Абашин. – М. : УМЦ МПС России, 2002. – 29 с.

УДК 625.1+625.7

ПЕРЕУСТРОЙСТВО ПЕРЕСЕЧЕНИЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ С АВТОМОБИЛЬНЫМИ ПРИ УВЕЛИЧЕНИИ ЕЕ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ

Н. В. ДОВГЕЛЮК

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Пересечения железных дорог с автомобильными в одном уровне вызывают большие потери от простоя автотранспорта перед закрытыми шлагбаумами переездов. На пересечениях в одном уровне повышена опасность наездов и столкновений транспорта. Из-за снижения скорости транспортных потоков и простоя у пересечений ежегодно теряются десятки миллионов часов, что равнозначно простоя в течение года с работающими двигателями более 11 тысяч машин.

Через переезды проходят грунтовые дороги в сельской местности. Ежегодные потери сельского хозяйства из-за плохого содержания местных автомобильных дорог превышают 800–900 тыс. рублей. Таким образом, совершенствование системы пересечений дорог становится весьма актуальной задачей.

По существующей методике технико-экономического обоснования выбора типа пересечения с железной дорогой на дорогах V категории с перспективной расчетной интенсивностью движения до 100 авт./сут не требуется устройства пересечений в разных уровнях. Технико-экономическое обоснование необходимо выполнять для дорог IV категории с учетом их возможного перевода в III категорию.

Экономическая эффективность по вариантам устанавливается по минимуму приведенных затрат, которые определяются по формуле

$$P_{\text{пр}}^{\text{год}} = E_{\text{н}}K + C_{\text{ср}}, \quad (1)$$

где $E_{\text{н}}$ – нормативный коэффициент приведения затрат; K – единовременные капитальные вложения по каждому варианту; $C_{\text{ср}}$ – средние приведенные годовые текущие затраты за нормативный срок окупаемости.

Фактический срок окупаемости дополнительных капитальных вложений на пересечении в разных уровнях определяется по формуле

$$t_{\text{ф}} = K_{\text{пут}} / (C_{\text{пер}} - C_{\text{пут}}), \quad (2)$$

где $K_{\text{пут}}$ – капитальные вложения в пересечения в разных уровнях; $C_{\text{пут}}$, $C_{\text{пер}}$ – средние текущие годовые затраты за период окупаемости пересечения в разных и одном уровнях.

Обоснование переустройства переезда в пересечение в разных уровнях производится исходя из общей экономической эффективности капитальных вложений в строительство путепровода. В частности, необходимо учитывать стоимость дорожной одежды на всём протяжении подходов к путепроводу. Капитальные вложения могут возрасти, если учесть строительство временного объезда с переездом. Возможно увеличение текущих затрат из-за увеличения перепробега транспорта и снижения скорости на объезде. Капитальные вложения могут уменьшиться, если строительство путепровода совпадет с капитальным ремонтом дороги.

Рассмотрим пример определения срока строительства путепровода взамен переезда с использованием теории массового обслуживания. Интенсивность движения по железной дороге составляет $\lambda = 24$ пары поездов в сутки, по автомобильной – $\lambda = 600$ авт./ч. Движение по железной дороге с пропускной способностью $\mu_1 = 72$ пары поездов в сутки пользуется авторитетом по сравнению с движением по автомобильной дороге $\mu_2 = 2000$ авт./ч.

Интенсивность обслуживания автомобилей на переезде для железной и автомобильной дорог:

$$\psi_1 = \frac{24}{72} = 0,33; \quad \psi_2 = \frac{600}{2000} = 0,30;$$

тогда $\psi = \psi_1 + \psi_2 = 0,33 + 0,30 = 0,63 < 1$.

Используются зависимости обслуживания двух потоков заявок с приоритетом. Суточные потери времени автомобилей определяются по формуле

$$T_{\Sigma}^a = \frac{1}{1-\psi} \left(\frac{\psi}{\mu_2} + \frac{\psi_1}{\mu_1(1-\psi_1)} \right) \lambda_2 T. \quad (3)$$

$$T_{\Sigma}^a = \frac{1}{1-0,63} \left(\frac{0,63}{600} + \frac{0,33}{72(1-0,33)} \right) \cdot 600 \cdot 24 = 34,5 \text{ авт}\cdot\text{ч.}$$

Срок окупаемости

$$t_{\text{ок}} = \frac{14000000}{34,56 \cdot 82} = 1411 \text{ сут} \approx 3,9 \text{ года.}$$

Выполнены расчеты по определению сроков окупаемости для других исходных данных, приведенных в таблице 1.

Таблица 1 – Исходные данные для определения целесообразности строительства путепровода через железную дорогу

К _{пут} , млн у. е.	4		10		14	
Число поездов, пп./сут	24	36	24	36	24	36
Интенсивность автомобилей, авт./ч.:						
min	600	600	600	600	600	600
max	900	900	900	900	900	900

Определим срок окупаемости дополнительных капитальных вложений в путепровод при его стоимости 4, 9 и 14 млн у. е. и принятой интенсивности движения на железной и автомобильной дорогах для расчетов по существующей типовой методике. Предварительно определяются транспортные затраты на пересечении в разных уровнях, увеличение транспортных затрат на переезде в связи со снижением скорости и увеличением времени стоянок перед закрытым шлагбаумом переезда, дополнительные затраты на содержание и ремонт охраняемого переезда. Установлено, что при использовании теории массового обслуживания уменьшается срок окупаемости строительства путепровода на 1 год.

Выводы.

1 С увеличением стоимости путепровода при различной интенсивности движения автомобилей на пересечении дорог срок окупаемости отдалается на тем большую величину, чем меньше интенсивность движения по главной дороге.

2 Сравнив пропускную способность существующего и намечаемого к строительству объектов, можно рассчитать экономический эффект, полученный инвестором.

3 Используя предложенную методику расчета экономической целесообразности строительства путепровода с учетом интенсивности движения по автомобильным дорогам или по железной и автомобильной дорогам (переезд), можно определить время строительства путепровода, причем оно будет меньше на один год, чем по типовой методике.

4 Для сокращения затрат по строительству путепровода следует производить дальнейшие исследования эффективности сравнения вариантов пересечений в одном и в разных уровнях при различных темпах роста интенсивности движения на автомобильных и железных дорогах, с учетом совместной работы рядом находящихся пересечений дорог.

Список литературы

1 Козин, Р. Г. Математическое моделирование: примеры решения задач : учеб.-метод. пособие / Р. Г. Козин . – М. : НИЯУ МИФИ, 2010. – 176 с.

2 Экономико-математические методы и модели : учеб. пособие / Н. И. Холод [и др.] ; под ред. А. В. Кузнецова. – Минск : БГЭУ, 1999. – 413 с.

3 Математическое моделирование экономических процессов на железнодорожном транспорте : учеб. / под ред. А. Б. Каплана. – М. : Транспорт, 1984. – 256 с.

УДК 625.7/.8

ПРОБЛЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА УПРАВЛЕНИЯ РЕСУРСАМИ В ДОРОЖНОЙ ОТРАСЛИ

А. В. ЖГУНЦОВА, Н. Д. ЖУКОВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Интеллектуальные технологии постепенно внедряются в деятельность предприятий различных отраслей промышленности. Целью таких нововведений является полная или частичная замена человеческого труда на различного рода автоматизированные или автоматические системы. Где-то этот процесс идет достаточно быстро, где-то его развитию препятствуют ряд специфических факторов, характерных для конкретной отрасли или направления.

Для дорожной отрасли характерны ряд особенностей, которые сдерживают разработку и внедрение комплексной системы управления деятельностью дорожной организации (АСУ ДО). Под АСУ ДО понимается совокупность технических средств и специального программного обеспечения, позволяющих руководителям различных уровней осуществлять управляющее воздействие на основе множества возможных детально проработанных вариантов развития «событий». Полноценная АСУ ДО должна помогать не только в оперативном управлении. Наиболее ценной функцией такой системы должна стать разработка динамических планов (или сценариев) на многолетнюю перспективу. Не все организации отрасли могут быть оснащены в ближайшей перспективе автоматизированными системами управления. На первом этапе целесообразно разрабатывать АСУ ДО для дорожно-эксплуатационных управлений (включая линейные дорожные дистанции) или автодорог в целом. Отличительной особенностью этих организаций является наличие определенного объема работ по содержанию и ремонту закрепленных за ними автомобильных дорог. Дорожно-строительные тресты и другие организации, связанные с выполнением работ по новому строительству и реконструкции автомобильных дорог, в полной мере не могут разрабатывать эффективные долгосрочные планы, так как строительные объекты определяются на основе тендера.

Основные подсистемы АСУ ДО: управление транспортно-эксплуатационным состоянием автомобильной дороги; управление ресурсами (материально-техническими, человеческими), управление средствами механизации. Подсистема управления транспортно-эксплуатационным состоянием автомобильной дороги должна занимать главенствующую позицию над другими подсистемами, так как определяет оптимальную последовательность технологических процессов, предназначенных для поддержания требуемых параметров автомобильной дороги. Например, на основе прогнозных моделей изменения транспортно-эксплуатационного состояния дорожной одежды [1], традиционности проведения видов текущего ремонта на территории Республики Беларусь, а также сравнения элементарных трудозатрат по конкурирующим видам ремонта для участка автомобильной дороги

высшей технической категории (I-в) на период эксплуатации 14 лет можно назначить следующие виды текущего ремонта: на 3-й год эксплуатации – устройство слоя из холодной литой смеси; на 8-й год эксплуатации – устройство тонкослойного асфальтобетонного слоя толщиной 3,5 см; на 11-й год эксплуатации – поверхностное фрезерование с устройством тонкослойного асфальтобетонного покрытия толщиной 3,5 см. Приведенная последовательность технологий определена при конкретных характеристиках транспортного потока и может корректироваться при их изменении. Под эти конкретные объемы работ и технологии можно запланировать определенный состав исполнителей и комплекты дорожно-строительной техники.

Основная статья затрат на выполнение указанных видов ремонта – стоимость дорожно-строительных материалов. В общей структуре стоимости производства работ они могут занимать от 50 до 70 %. Поэтому следует очень тщательно планировать запасы качественных дорожно-строительных материалов. От качества материалов и выполнения основных требований технологических процессов [2] зависит и срок службы этих защитных слоев. Технологический процесс устройства защитных слоев практически полностью контролируется человеком. От его опыта и знаний зависит итоговый результат. Таким образом, подсистему управления ресурсами можно представить в виде двух подсистем: управление материально-техническим обеспечением и управление персоналом. Если работу подсистемы управления транспортно-эксплуатационным состоянием достаточно легко формализовать, то для двух указанных подсистем выполнить эту задачу довольно затруднительно, так как все влияющие факторы достаточно тяжело спрогнозировать и учесть их возможное влияние.

Подсистема управления материально-техническим обеспечением предполагает определение основных источников поставки материалов как для собственного производства, так и сторонних производителей дорожных материалов. Работа этой подсистемы должна быть организована в тесном взаимодействии с лабораторией и опираться на современные достижения науки в области дорожного материаловедения, доступные производству. Важно организовать механизм обратной связи между подсистемой управления материально-техническим обеспечением и подсистемой первого уровня. В таком случае любые изменения, связанные со стоимостным или качественным изменением дорожно-строительного материала, будут влиять на выбор рационального варианта ремонта. С другой стороны, невозможно с высокой степенью вероятности прогнозировать стоимость материала в перспективе. Часть исходного сырья приобретается за рубежом и социально-экономическая составляющая будет в значительной мере определять стоимость его на внутреннем рынке.

Сложной можно считать задачу разработки подсистемы управления персоналом. Многие зарубежные предприятия используют для управления персоналом Oracle Human Resources Analyzer и другое аналогичное программное обеспечение. Не все предприятия Республики Беларусь могут позволить приобретение и обслуживание этого программного обеспечения. В Беларуси ООО «НИИЭВМсервис» разрабатывает для крупнейших предприятий республики автоматизированные системы «Управление персоналом». Дорожные организации свою работу с кадрами осуществляют в большинстве своем с использованием бумажных носителей. Однако это не самая большая проблема. Гораздо более существенно на кадровую составляющую дорожной отрасли влияют социально-экономические процессы. Например, в 2011 году отрасль потеряла значительное число квалифицированных специалистов, которые предпочли работать в выгодных им условиях. Заменить квалифицированного дорожника достаточно тяжело. Обязательными условиями являются наличие базового образования по специальности, опыт работы и повышение квалификации по специальности. Специалисты с общестроительным образованием не соответствуют требованиям для специалиста дорожной отрасли.

Немаловажной задачей подсистемы управления персоналом является определение контингента дорожной организации. Руководитель организации должен четко представлять, сколько сотрудников могут покинуть организацию, а сколько необходимо привлечь. Отсюда вытекает потребность в осуществлении деятельности по подбору кадров под конкретные производственные нужды в средне- и долгосрочной перспективе. Частично это может оптимизировать работу как учреждений образования, так и самих организаций. Имея наиболее вероятный план и потребность в кадрах, можно широко внедрять целевую подготовку специалистов в учреждениях образования. Студента будут готовить специалисты выпускающей кафедры к работе в конкретных условиях. Тематика

всех заданий по дисциплинам выпускающей кафедры в таком случае привязывается к будущему месту работы.

Идеальным вариантом организации двух указанных выше подсистем стало бы комбинированное управление [3]. При таком варианте управляемому объекту (ресурсы, персонал) на основе осведомительной информации (обратная связь) назначается оптимальный вариант управляющего воздействия (прямая связь) с последующим контролем хода выполнения задания (обратная связь). Организовать на практике комбинированное управление затруднительно, так как это значительно усложняет техническую и организационные аспекты управления. Нет возможности определить вес внешних факторов, оказывающих влияние на работу подсистемы в целом. Однако разработку АСУ ДО необходимо начинать уже сейчас постепенно решая все возникающие при этом задачи.

Список литературы

1 Автомобильные дороги. Порядок выполнения диагностики: ТКП 140-2015 (33200). – Минск : М-во трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, Белорус. дорожный науч.-исслед. ин-т «БелдорНИИ», 2016. – Т. III. – 61 с.

2 Автомобильные дороги. Правила устройства асфальтобетонных покрытий и защитных слоев : ТКП 094-2012 (02191) : [утв. Департаментом «Белавтодор» М-ва трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь 26.07.2012 : взамен ТКП 094-2007 (02191) : введ. 2012–10–01]. – Минск : Белавтодор, 2012. – Т. IV. – 61 с.

3 Управление строительной организацией (включая АСУС) : учеб. для студ. вузов / Л. И. Абрамов [и др.]. – М. : Высш. шк., 1990. – 143 с.

УДК 656.08

БЕЗОПАСНОСТЬ ДВИЖЕНИЯ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА НОЧЬЮ

А. Г. ЖУКОВЕЦ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В настоящее время автомобильный транспорт занимает одно из главенствующих мест по объему перевозок. Автомобильный парк различных марок машин непрерывно увеличивается и соответственно увеличиваются плотность и интенсивность движения транспортных средств по дорогам. Однако распределение интенсивностей движения весьма неравномерно, оно меняется в зависимости от многих факторов и особенно резко – от времени суток.

В темное время суток интенсивность движения по сравнению с интенсивностью движения в дневное время резко уменьшается. Число транспортных средств, передвигающихся ночью, составляет примерно около десяти процентов от их общего числа в сутки; состав транспортных средств в вечерние и ночные часы становится более однородным. Резко сокращается число грузовых автомобилей, уменьшается число автобусов и остаются, главным образом, легковые автомобили.

На основании исследований из общего числа дорожно-транспортных происшествий (ДТП) около половины совершается в темное время суток, а число погибших составляет около 60 % от общего числа.

Одной из основных причин ДТП – недостаточная информативность транспортного средства.

Информативность автомобиля может быть визуальной: форма, размер, цвет, элементы обустройства, светосигнальное оборудование; звуковой: звуковые сигнализаторы, несущая волна, шум двигателя; тактильной – реакция органов управления на действия водителя.

Взаимодействие факторов, определяющих условия движения, и элементов информативности автомобиля может создать неопределенность в оценке режима его движения, состояния и местоположения, что, в свою очередь, может привести к ДТП.

Информативность – это свойство автомобиля, входящее в эксплуатационное качество – безопасность автомобиля и имеет свою условную классификацию.

Внутренняя информативность – свойство автомобиля, определяющее возможность восприятия водителем информации, необходимой для управления автомобилем в любое время суток.

Внешняя информативность – свойство автомобиля, определяющее возможность восприятия другими участками дорожного движения информации об автомобиле, необходимой для взаимодействия с ним.

Дополнительная информативность – свойство автомобиля, позволяющее эксплуатировать его в любых условиях.

К устройствам и системам внутренней информативности относят обзорность, панель приборов и сигнализаторов, системы внутренней звуковой сигнализации и информации; внешняя информативность характеризуется кузовом автомобиля, системой внешней световой сигнализацией, звуковыми сигналами; дополнительная информативность – системой автономного освещения.

Особое внимание должно уделяться информации, которую водитель получает с помощью дорожных знаков и указателей. От полноты и качества информации зависит скорость, безопасность и удобство движения. Видимость дорожных знаков и символов зависит от их размеров и конфигураций, цветового и яркостного контраста поля зрения, наличия в поле зрения ярких источников света. Эксплуатация знаков имеет большое значение. Неправильная расстановка знаков сводит на нет их эффект (загрязнение знака, установка его далеко от дороги).

В темное время суток дорожное покрытие является главным объектом внимания водителя, разметка и осветленные участки покрытия служат оптическими ориентирами направления движения. Для этих целей используют краску, различные плитки, органические материалы и другое. Широко используются для этих целей цветные цементобетонные и асфальтобетонные смеси, для разметки улиц и дорог созданы осветляющие материалы. Однако разметка хорошо заметна в свете фар автомобиля лишь на незначительном расстоянии, поэтому дорожные покрытия дополнительно освещают в опасных местах.

При освещении дороги фарами видимость обеспечивается благодаря отражению светового потока по направлению к источнику. Видимость улучшается тем больше, чем больше размеры шероховатости покрытий и величины их отражательных характеристик. Наилучшая видимость поверхности обеспечивается при светлых шероховатых дорожных покрытиях, а максимальное расстояние видимости пешеходов – при темных гладких.

На дорогах высших категорий и на опасных участках большинства дорог устраивают краевые укрепительные полосы, отличающиеся по окраске от основного покрытия и обочин.

В темные часы суток ДТП может быть вызвано одной из причин, характерных для любого времени суток: неправильные действия водителей, техническая неисправность автомобиля и другие. Дополнительно происшествие может быть вызвано одной или несколькими специфическими причинами, присущими только данным конкретным условиям. Поэтому, исследуя увеличение опасности движения в ночное время, и нужно рассматривать эти специфические причины, присущие только темному времени суток. Несмотря на значительное уменьшение интенсивности и неоднородности движения в темное время суток, увеличивается абсолютное и удельное число происшествий и опасность движения.

Происшествия в зависимости от их вида распределяются по времени суток неравномерно. Особенно много ДТП в ночное время происходят из-за недостаточной видимости. Каждое происшествие совершается в результате одновременного воздействия ряда факторов, но в таких происшествиях, как наезд на пешехода, велосипедиста, неподвижное препятствие, фактор видимости играют решающее значение. При опрокидывании или столкновении транспортных средств решающее значение имеют другие причины, такие как скользкая дорога, превышение скорости и др.

Зрительный фактор является основным источником информации человека во всех процессах его деятельности и составляет около 70 % всей информации, получаемой человеком, и только 30 % приходится на остальные ощущения: слуховые, вкусовые, осязательные, температурные. В процессе движения роль зрительного фактора еще больше увеличивается. Водитель практически получает только зрительную (до 99 %) и слуховую (около 1 %) информацию об окружающей обстановке. Во время движения уменьшение видимости влечет за собой пропорциональное уменьшение информации. При полной потере видимости доступ информации об окружающей обстановке вообще прекращается и автомобиль становится неуправляемым.

Уменьшение видимости в темное время суток может происходить по двум основным причинам: недостаточная во всех необходимых направлениях освещенность дороги и предметов на ней и ослепление водителя светом фар встречных автомобилей. Эти причины имеют тесную взаимосвязь и во многом зависят от одних и тех же факторов. Ослепление или недостаточная освещенность дороги при движении ночью редко встречается как основная причина происшествий, но зачастую является сопутствующим фактором, важная роль которого не выявляется с достаточной четкостью.

Кроме основной причины – ухудшение условий видимости – ночью действует и ряд причин, увеличивающих опасность движения: непригодность человека к работе ночью и отдыху днем, неумение водителей перестроить свой режим и подготовиться к работе ночью, отсутствие у многих водителей опыта и профессиональных приемов управления автомобилем ночью.

Существует еще одна комплексная причина: подавляющее большинство мероприятий по проектированию, строительству и эксплуатации дорог и городских улиц рассчитано на дневную работу. Основной из задач автомобилистов, дорожников, организаторов движения – специалистов и работников всех уровней – является разработка и внедрение мероприятий, учитывающих специфику вождения автомобилей ночью, приближающих ночные условия по уровню безопасности к дневным.

УДК 625.142.21

ПОДРЕЛЬСОВЫЕ ПРОКЛАДКИ ДЛЯ «МАЯЧНЫХ» ШПАЛ

В. И. ИНЮТИН, С. С. КОЖЕДУБ, А. Ф. ХАРЬКОВ, А. А. КИРЬЯНОВА
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

С момента закрепления плетей при укладке должен быть организован постоянный контроль за усилиями прижатия рельсов к основанию и за продольными подвижками плетей. На наличие угона плетей указывают следы клемм на подошве рельсов, смещение подкладок по шпалам. На наличие угона всей рельсошпальной решетки, а соответственно и плетей, указывает взбугривание или неплотное прилегание балласта к боковым граням шпал и их перекося.

Контроль за угоном плетей осуществляется по смещению контрольных сечений рельсовой плети относительно «маячных» шпал. Эти сечения отмечают поперечными полосами шириной 10 мм, наносимыми при помощи трафаретов несмываемой светлой (белой) краской: на подкладку, на верх подошвы и шейку рельсов внутри колеи в створе с боковой гранью подкладки подкладочных скреплений; на шпалу, на верх подошвы и шейку рельсов в створе с боковой гранью верхней площадки шпалы для бесподкладочных скреплений. На участках с загрязнением рельсовых плетей внутри колеи разрешается наносить риски с наружной стороны колеи.

В качестве «маячной» шпалы выбирается шпала, расположенная напротив пикетного столбика. Расстояние от конца плети до первой «маячной» шпалы не должно превышать 60–95 м. Верх концов «маячных» шпал с наружных сторон рельса за пределами скреплений окрашивается яркой краской. «Маячная» шпала всегда должна быть хорошо подбита. При скреплениях КБ-65 закладные болты на ней должны быть затянуты, а типовые клеммы заменены клеммами с уменьшенной высотой ножек.

Независимо от конструкции скреплений резиновые или резинокордовые подрельсовые прокладки на «маячных» шпалах заменяются полиэтиленовыми или другими с низким коэффициентом трения.

При низких температурах эксплуатации феноформальдегидные полимеры (ФФП), характеризующиеся высокой степенью сшивки связующего, обладают малоцикловой фрикционной усталостью и высоким износом. Известно, что модификация ФФП несшивающимися олигомерами, например сложными эфирами высших спиртов, позволяет повысить ударную вязкость, деформативность, эластичность и сопротивление усталостному изнашиванию связующего. Установлено, что повышение износостойкости фенолформальдегидных композитов происходит при армировании их полиакрилонитрильными волокнами (ПАН-волокнами). В значительно меньшей степени изучено влияние сухих смазок, полиэфирных смол, минеральных структурирующихся веществ и армирующих наполнителей на износостойкость и физико-механические свойства ФФП.

В связи с этим представляло интерес исследовать влияние минерального структурирующегося наполнителя на основе алюминия и графита на износостойкость фенолформальдегидного композиционного материала.

Исследования проводили методом центрального композиционного планирования второго порядка. В качестве параметров оптимизации были выбраны интенсивность линейного изнашивания (Y_1 , I) и коэффициент трения (Y_2 , f) композиционного материала, а в качестве факторов – содержа-

ние в связующем ненасыщенной полиэфирной смолы ПН-1 (X_1, C_1), оксинитрата алюминия (X_2, C_2), метази́на (X_3, C_3), графита (X_4, C_4) и ПАН-волокон (X_5, C_5). Материалы на основном уровне варьирования содержат: $C_1 = 6 \pm 4$ мас. ч.; $C_2 = 10 \pm 5$ мас. ч.; $C_3 = 5 \pm 2$ мас. ч.; $C_4 = 25 \pm 5$ мас. ч.; $C_5 = 20 \pm 10$ мас. ч.

После обработки данных на ПЭВМ получили уравнения, отражающие влияние ингредиентов на интенсивность линейного изнашивания (1) и коэффициент трения (2):

$$Y_1 \cdot 10^9 = 3,736 + 1,373X_1 - 0,903X_2 + 0,748X_3 - 0,028X_4 - 0,399X_5 + \\ + 0,238X_1X_2 + 0,371X_1X_3 - 1,391X_1X_4 + 0,649X_1X_5 - 0,985X_2X_3 + \\ + 0,626X_2X_4 + 0,272X_2X_5 + 0,902X_3X_4 + 1,535X_3X_5 - 0,037X_4X_5 + \\ + 0,893X_1^2 + 1,732X_2^2 + 0,353X_3^2 + 0,272X_4^2 + 1,904X_5^2; \quad (1)$$

$$Y_2 \cdot 10 = 4,864 + 0,1026X_1 - 0,1912X_2 - 0,0724X_3 - 0,1396X_4 - 0,059X_5 - \\ - 0,0781X_1X_2 + 0,3615X_1X_3 - 0,1293X_1X_4 + 0,1748X_1X_5 - 0,0944X_2X_3 - \\ - 0,1069X_2X_4 - 0,0365X_2X_5 + 0,0096X_3X_4 + 0,0761X_3X_5 - 0,0469X_4X_5 - \\ - 0,2198X_1^2 - 0,1769X_2^2 - 0,3285X_3^2 - 0,3064X_4^2 - 0,3273X_5^2. \quad (2)$$

Проверку адекватности полученных математических моделей осуществляли по критерию Фишера ($F_T = 4,95$). Экспериментальные значения критериев Фишера уравнений регрессии равны:

– для уравнения (1) – $F_3 = 4,25$; $\Delta b_i = 0,0225$; $\Delta b_{ii} = 0,0204$; $\Delta b_{ij} = 0,0276$;

– для уравнения (2) – $F_3 = 11,97$; $\Delta b_i = 0,016$; $\Delta b_{ii} = 0,0145$; $\Delta b_{ij} = 0,0196$.

Из сравнения экспериментальных и табличных значений критериев Фишера видно, что уравнение (1) представляет собой адекватное, а уравнение (2) – близкую к адекватной математические модели композиционного материала.

С учетом значимости коэффициентов и после перехода к натуральным переменным уравнения (1)–(2) принимают вид:

$$I \cdot 10^9 = 70,5093 + 0,4164C_1 - 2,7999C_2 - 4,062C_3 - 0,767C_4 - 1,7877C_5 + \\ + 0,0119C_1C_2 + 0,0464C_1C_3 - 0,0696C_1C_4 + 0,0162C_1C_5 - 0,0985C_2C_3 + \\ + 0,025C_2C_4 + 0,0054C_2C_5 + 0,0902C_3C_4 + 0,0768C_3C_5 - 0,0007C_4C_5 + \\ + 0,0558C_1^2 + 0,0693C_2^2 + 0,0883C_3^2 + 0,0109C_4^2 + 0,019C_5^2; \quad (3)$$

$$f \cdot 10 = 36,811 + 0,0795C_1 + 0,3324C_2 + 0,0794C_3 + 0,7299C_4 + 0,1669C_5 + \\ + 0,3905 \cdot 10^{-2} C_1C_2 + 4,5188 \cdot 10^2 C_1C_3 - 0,649 \cdot 10^2 C_1C_4 + 0,437 \cdot 10^2 C_1C_5 - \\ - 0,944 \cdot 10^2 C_2C_3 - 0,4276 \cdot 10^2 C_2C_4 - 0,73 \cdot 10^2 C_2C_5 + 0,98 \cdot 10^3 C_3C_4 + \\ + 3,805 \cdot 10^3 C_3C_5 - 0,938 \cdot 10^3 C_4C_5 - 13,7375 \cdot 10^3 C_1^2 - 7,076 \cdot 10^3 C_2^2 - \\ - 82,125 \cdot 10^3 C_3^2 - 12,256 \cdot 10^3 C_4^2 - 3,273 \cdot 10^3 C_5^2. \quad (4)$$

Анализ уравнения (1) показывает, что наибольшее влияние на снижение интенсивности изнашивания композиционного материала оказывает содержание в связующем ненасыщенной полиэфирной смолы и графита, а также оксинитрата алюминия и метази́на, представляющего собой смесь метиловых эфиров оксиметильных производных меламина. Это можно объяснить тем, что как ненасыщенная полиэфирная смола и метази́н, так и продукты их взаимодействия с графитом и оксинитратом алюминия способствуют формированию на сопряженных поверхностях адгезионноспособных пластичных пленок переноса, обладающих низким сопротивлением сдвигу.

Так как срок службы подрельсовых прокладок определяется преимущественно скоростью изнашивания антифрикционного элемента, то оптимизацию состава материала осуществляли по минимуму функции (1). В результате машинной обработки уравнения (1) установили, что минимальная расчетная интенсивность изнашивания $I = 8,451 \cdot 10^{-10}$ имеет композиционный материал, содержащий 6 мас. ч. полиэфирной смолы; 18,56 мас. ч. оксинитрата алюминия; 6 мас. ч. метази́на; 25 мас. ч. графита и 28,12 мас. ч. ПАН-волокон. Композит оптимального состава можно характери-

зывать следующими показателями: разрушающее напряжение при сжатии $\sigma_{сж} = 107,6 \dots 122,7$ МПа; твердость НВ = 236...307 МПа; коэффициент трения 0,16–0,23.

Таким образом, проведенные исследования показывают, что модифицирование фенолформальдегидных полимеров ненасыщенными полиэфирными смолами, оксинитратом алюминия, сухими смазками и ПАН-волокнами позволяет получить армированные композиты с регулируемыми триботехническими и физико-механическими характеристиками.

Разработанный композиционный материал предназначен для изготовления подрельсовых прокладок на «маячные» шпалы.

УДК 625.173

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ЗАКРЫТОГО ПЕРЕГОНА

П. В. КОВТУН, А. С. ЛАПУШКИН, Н. Ю. ГУБЕНСКИЙ
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

С. С. СЫЧУК
Путевая машинная станция № 289, Республика Беларусь

При производстве путевых работ, связанных со сменой рельсошпальной решетки по технологии «закрытого перегона», появляется возможность сокращения количества дней, при котором будут действовать ограничение скорости, сокращения количества выполняемых работ и уменьшения затрат на топливно-энергетические ресурсы. Кроме того, положительной стороной данной технологии является также возможность сокращения затрат труда за счет:

- сболчивания стыков рельсошпальной решетки (далее РШР) при укладке на два стыковых болта;
- исключения выполнения частичной выправки пути в местах зарядки и разрядки машины ВПО-3000;
- исключения предварительной подготовки места для зарядки машины RM-80 (76);
- снятия только двух стыковых болтов после укладки новых плетей бесстыкового пути и при уборке инвентарных рельсов.
- оптимального расхода щебеночного балласта на отводе;
- сокращения простой хоппер-дозаторных вертушек;
- уменьшения затрат на использование локомотивов.

Закрытие перегона на пять суток позволяет увеличить протяженность фронта работ по укладке РШР до 3500 пог. м пути. При этом допускается уменьшение длины хозяйственного поезда, так как можно работать с использованием освободившихся порожних платформ для транспортировки рельсошпальной решетки на станцию. В результате уменьшается и количество моторных платформ МПД в составе хозяйственного поезда.

Под прикрытием времени для укладки рельсошпальной решетки имеется возможность производства работ на соседних участках. Это позволяет бригадам, обслуживающим машину RM-80 (76), использовать ее рационально, работая посменно. Такой подход дает возможность очистить щебеночный балласт в течение пяти суток на длине 3,5 км.

Технология закрытого перегона позволяет в одно «окно» совместить три технологических процесса: укладку пути; очистку щебеночного балласта; укладку плетей бесстыкового пути.

В результате применения данной технологии снижается срок действия предупреждения ограничения скорости на ремонтируемом участке в пять раз. Наиболее эффективна данная технология для выполнения работ в стесненных условиях на двухпутных линиях, где имеются кривые участки пути радиусом менее 1200 м, ограничивающие видимость монтерам пути и машинистам; высокие подтопляемые насыпи; руководящие уклоны и крутые спуски, ограничивающие подъезд и съезд бульдозерной техники; наличие путепроводов и т. д. Однако для своевременного и оперативного выполнения работ по технологии закрытого перегона требуется в два раза больше монтеров пути, чем в обыкновенное «окно».

Работы при этом производятся в несколько этапов. Первый этап – подготовительный, при котором производятся работы по опробованию и смазке стыковых болтов в уравнильных рельсах. Второй этап – основной, при котором производятся работы по замене рельсошпальной решетки в течение двух дней. Третий этап – основной. На данном этапе производятся работы по очистке щебеночного

балласта щебнеочистительной машиной РМ-80 (76) за три ночные машино-смены. Четвертый этап – отделочный. На данном этапе производятся работы по выправке пути в плане и профиле, отделка балластной призмы и стабилизация пути. Пятый этап – основной, производятся работы по выгрузке плетей и замене инвентарных рельсов длинномерными сварными рельсовыми плетями бесстыкового пути. После этого происходит уборка инвентарных рельсов с погрузкой их на сцепы платформ, оснащенные универсальным съемным оборудованием, с последующей доставкой их на производственную базу. Шестой этап – отделочный, на данном этапе производятся работы по окончательной выправке пути в плане и профиле, отделка балластной призмы и стабилизация пути.

Как показывает расчет, экономический эффект от выполнения 3,5 км восстановительного ремонта пути при закрытии перегона на пять суток составляет 37 596,90 руб. При этом:

– 1,4 % от данной суммы экономится за счет исключения необходимости выполнения частичной выправки в местах отступлений по уровню, постановки и снятия заземлителей с опор контактной сети, в том числе при укладке, при очистке щебня отделочным комплексом, а также по заготовлению и укладке рельсовых рубок.

– 1,1 % – вследствие экономии топливно-энергетических ресурсов за счет сокращения затрат на потребление топлива автомобильной техникой, в том числе на доставку работников к месту производства работ, на доставку обедов для обеспечения работников горячими обедами в «окно» и на доставку инструмента к месту производства работ.

– 10 % – экономия прочих расходов за счет сокращения командировочных расходов, исключения простоя хоппер-дозаторной вертушки, исключения необходимости погрузки и выгрузки тракторов на каждое «окно», возможности рационального использования путевой техники в течение светового дня с 8-00 до 20-00. После выполнения всех работ нет необходимости в дополнительных «окнах» для уборки старогодных материалов верхнего строения пути.

– 83 % – экономия материальных затрат за счет исключения из технологического процесса работ по досыпке на каждой укладке щебеночного балласта на начальных конечных отводах и в местах препятствий для работы машины ВПО, сокращения количества машино-смен работы австрийской техники (РМ-80 (76), ВПР-08, ВПР-09, ДГС-62 и ССП-110), сохранности инвентарных рельсов на конечных отводах.

– 3,4 % составляют накладные расходы;

– 0,5 % составляют налоги в фонд социальной защиты и обязательное страхование.

УДК 625.172

ИНФРАСТРУКТУРНАЯ ФОРМА ОБСЛУЖИВАНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПУТИ

П. В. КОВТУН, О. В. ОСИПОВА, С. В. СКРЕБЕЦ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

А. А. АЛЬХОВСКАЯ

Могилевское отделение Белорусской железной дороги

Актуальность совершенствования организационных основ ведения путевого хозяйства обусловлена глубокими научно-техническими и институциональными преобразованиями, происходящими в процессе глобализации мировой экономики и становления организационно-правовых основ рыночной экономики. Критическим фактором ее развития становятся производственные транспортные системы. Развитие транспортного комплекса приобретает статус приоритетных задач государственной деятельности. Производственная транспортная инфраструктура становится стратегическим элементом развития экономики Республики Беларусь.

Путевое хозяйство – одна из основных отраслей железнодорожного транспорта, в которую входят железнодорожный путь со всеми сооружениями, а также комплекс производственных подразделений и хозяйственных предприятий, предназначенных для обеспечения бесперебойной работы пути, его текущего содержания и ремонта. На долю путевого хозяйства приходится более 50 % стоимости основных фондов Белорусской железной дороги, пятая часть эксплуатационных расходов, в нем занята шестая часть работников железнодорожного транспорта.

Основным назначением путевого хозяйства является содержание пути и путевых устройств в постоянной исправности, обеспечивающей безопасное и плавное движение поездов с наибольшими скоростями, установленными для данного участка. Достигается это текущим содержанием пути, своевременным выявлением и предупреждением неисправностей пути, устранением их причин, а также усилением и ремонтом пути.

Главным фактором оптимизации расходов путевого хозяйства является применение ресурсосберегающих технологий, позволяющих продлевать ремонтные сроки и снижать трудоемкость текущего содержания пути.

Внедрение различных подходов к текущему содержанию пути должно сопровождаться и повышением эффективности работы предприятия. Эта задача решается по следующим направлениям:

- повышение квалификации персонала;

- совершенствование технологий: переход к различным методам работы дистанций; внедрение мониторинга состояния железнодорожного пути и его элементов, создание программных комплексов АСУ-путь.

Перевооружение путевого хозяйства предусматривает повышение надежности работы рельсовой колеи и на этой основе обеспечение безопасности движения, рост скоростей, прежде всего пассажирских поездов, снижение эксплуатационных расходов. Требуется существенный пересмотр вопросов, связанных с классификацией железнодорожных путей, равноресурсностью элементов верхнего строения пути и периодичностью путеремонтных работ, которые дадут конкретный экономический эффект за счет сокращения трудозатрат на техническое обслуживание.

К сожалению, сам процесс модернизации ведения путевого хозяйства вызывает определенные затруднения, а поэтому совершенствование организации является одной из важных задач транспорта. Элементом совершенствования является и снижение трудовых затрат на текущее содержание. В экономическом плане перспектива развития путевого хозяйства должна сводиться к планомерному снижению расходов на текущее содержание.

Сегодня в распоряжении железной дороги имеются высокопроизводительные машины последнего поколения. Однако при этом существуют организационные пробелы во всех технологических цепочках ремонтов пути. Требуется создание таких систем и методов, которые бы в минимальной степени сказывались на пропускной способности ремонтируемого участка и были органически связаны с общей эксплуатационной деятельностью дороги.

Опыт эксплуатации зарубежных высокоскоростных магистралей указывает на целесообразность совместного обслуживания устройств пути, электроснабжения, сигнализации, централизации и автоблокировки.

Создание объединенных подразделений или предприятий для выполнения этих работ позволяет эффективнее использовать производственные базы для осуществления плано-предупредительных и ремонтных работ; уменьшить аппарат управления и время «окон», выделяемых в расписании, когда прекращается движение поездов. Такие объединенные предприятия (дистанция инфраструктуры) в перспективе могут быть организованы на базе ПЧ.

Организация планирования работы дистанции инфраструктуры будет осуществляться на основе существующих графиков технологических процессов после кардинального пересмотра нормативной базы, который возможен только после признания недействующими ранее изданных документов для каждого хозяйства. Все инфраструктурные преобразования требуют соответствующего нормативного обеспечения.

Однако темпы создания технологических документов не всегда соответствует фактическому внедрению новой техники и технологий. Кроме того, проблемы нормативного обеспечения должны решаться комплексно, в рамках инфраструктуры в целом. Если рассматривать вопросы одного хозяйства, результат окажется однобоким и малоэффективным. Таким образом, прежде всего, необходимо обеспечить нормативную базу для вышеуказанных организационных инноваций.

Направление, требующее максимально полного нормативного обеспечения, – внедрение систем мониторинга и технической диагностики. Это одна из важнейших составляющих в деле создания современной системы технического обслуживания объектов инфраструктуры. Внедрение указанных систем позволит создать предпосылки для перехода от периодического технического обслуживания объектов к обслуживанию по их состоянию. Глобальные задачи в части диагностики и мониторинга стоят именно перед путевым хозяйством. Необходима программа перехода на современную систему

ведения путевого хозяйства, базирующаяся на полной автоматизации контроля состояния объектов в режиме «онлайн», причем с использованием различных технических средств, преимущественно мобильных, совмещенных желательного на одной единице подвижного состава.

Для повышения качества осмотров и предупреждения рисков в части безопасности движения поездов предлагается сформировать группу контроля, в состав которой войдут представители отраслевых хозяйств.

Работа дистанции инфраструктуры даст возможность перейти на новый уровень организации контроля и управления процессами, влияющими на безопасность движения. Предполагается радикально увеличить внутреннюю эффективность за счет укрепления горизонтальных связей между работниками хозяйств инфраструктуры. Это, в свою очередь, позволит организовать надежную и эффективную работу в интересах всех участников процесса обеспечения безопасности движения. Таким образом, данная форма управления комплексом инфраструктурного хозяйства является перспективным и современным методом ведения и управления хозяйствами.

Основными задачами дистанции являются управление и организация текущего содержания, технического обслуживания объектов инфраструктуры железнодорожного транспорта общего пользования и железнодорожных путей необщего пользования в технически исправном состоянии, обеспечение безопасности движения поездов.

При создании дистанции инфраструктуры и организации совмещенных работ одним из главных моментов является комплексный подход к планированию «окон» при текущем содержании и ремонте объектов инфраструктуры.

При внедрении комплексного метода содержания пути решается ряд задач по организации работ в «окно» и контроль за состоянием объектов инфраструктуры. Начальники участков совместно с комплексной бригадой ведут контроль за состоянием пути и выполняют неотложные работы. У руководства появится возможность планомерно организовывать работы по содержанию пути, выполнять большой объем работы и, что весьма важно, контролировать выполнение работ. Этот подход даст направление по специализации работников и рациональному разделению труда, повышению квалификации, а значит, и повышению производительности труда.

В общем случае, перед принятием решения о переходе на инфраструктурную (участковую или другую) форму обслуживания железнодорожного пути, а также разработке, переработке или актуализации того или иного документа любого уровня необходимо определить цель и техническую стратегию нововведений.

УДК 625.17 : 658.012.011.56

ПРИМЕНЕНИЕ ЕДИНОЙ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩЕЙ СИСТЕМЫ АСУ «ПУТЬ»

П. В. КОВТУН, О. В. ОСИПОВА

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Н. В. МАМСИКОВ, А. А. АЛЬХОВСКАЯ

Могилевское отделение Белорусской железной дороги

АСУ «Путь» предназначена для повышения оперативности ввода/вывода данных сотрудниками, а также анализа полученных данных с целью принятия управленческих решений. Основным назначением АСУ является реализация ввода, хранения, редактирования, вывода данных, в том числе отображение полученных данных в таком виде и форме, который удобен для любого пользователя системы вне зависимости от выполняемой им роли.

Цели создания системы:

1 Обеспечение сбора и первичной обработки исходной информации, необходимой для подготовки отчетности по показателям деятельности.

2 Создание единой системы отчетности по отделению железной дороги.

3 Повышение качества своевременности поступления информации заинтересованным лицам.

4 Объединение всех объектов, по которым обрабатываются данные, в единую модель, которая отображает актуальную информацию на текущий момент.

5 Сокращение времени сбора и первичной обработки исходной информации.

В настоящее время на Могилевском отделении в целях исключения дублирования ввода данных и оптимизации статистической информации проводится работа по реализации единой информационно-управляющей системы АСУ «Путь», объединяющей основные производственные процессы ремонта и содержания инфраструктуры на всех уровнях управления (рисунок 1).

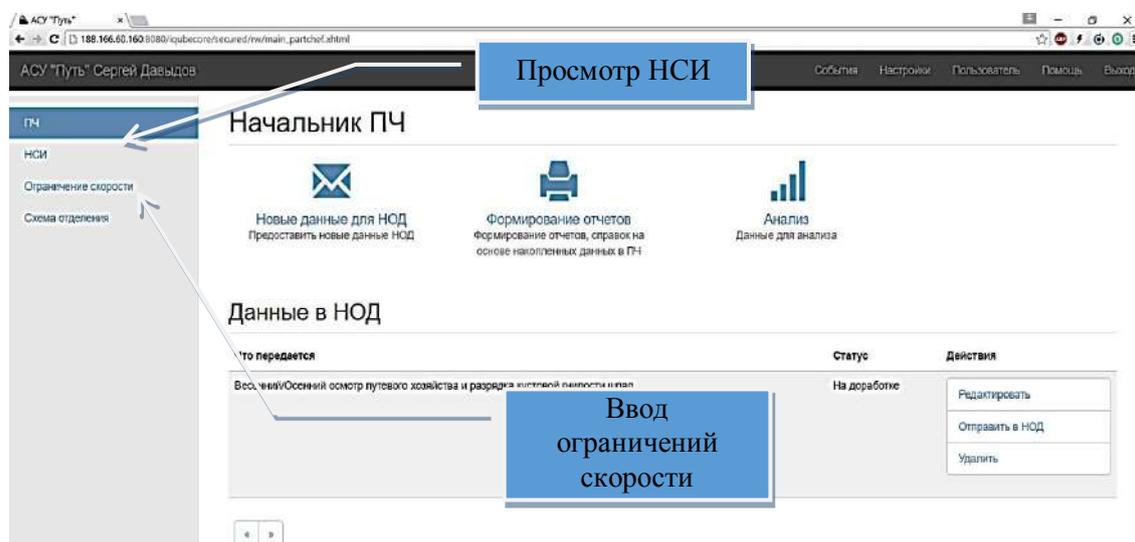


Рисунок 1 – Алгоритм ввода данных

Первоочередными направлениями развития информационного обеспечения для дистанции инфраструктуры являются:

1 Развитие информационного обеспечения диагностического блока, а именно развитие функциональности бесстыкового пути в части интеграции со средствами контроля состояния плетей бесстыкового пути; оперативное управление путевым хозяйством (планирование, выполнение, анализ выполнения, последующее прогнозирование).

2 Реализация единой информационно-управляющей системы, объединяющей основные производственные процессы ремонта и содержания инфраструктуры на всех уровнях управления.

3 Автоматизация процесса увязки результатов классификации железнодорожных линий с техническими паспортами хозяйств инфраструктурного блока.

Это позволит осуществлять эффективное управление ресурсами через получение информации по затратам на содержание одного километра пути или одной технической единицы в масштабах сети в разрезе региональных дирекций, предприятий в увязке с классами железнодорожных линий.

В состав Могилевского отделения Белорусской железной дороги входят четыре дистанции пути (далее – ПЧ): Кричевская, Могилевская, Осиповичская, Бобруйская. В рамках каждой ПЧ осуществляется осмотр, техническая поддержка качественного состояния путей. Сотрудниками ПЧ собирается исходная информация путем непосредственного осмотра и документирования. В дальнейшем задокументированная информация поступает в Могилевское отделение (рисунок 2).

Объектами автоматизации является непосредственно процесс ввода, хранения, передачи информации от дочерних предприятий до управляющего отделения, а также процесс обработки, анализа, вывода полученной итоговой информации для формирования отчетной документации на стороне управляющего отделения.

Основными проблемными вопросами, препятствующими полноценному внедрению автоматизированных систем инфраструктурного комплекса, остаются:

– низкий уровень оснащенности рабочих мест сотрудников инфраструктурного хозяйства персональными компьютерами;

– отсутствие доступа автоматизированных рабочих мест линейных работников хозяйств, расположенных на промежуточных и участковых станциях, к централизованным информационным ресурсам из-за отсутствия подключения их к сетям передачи данных.

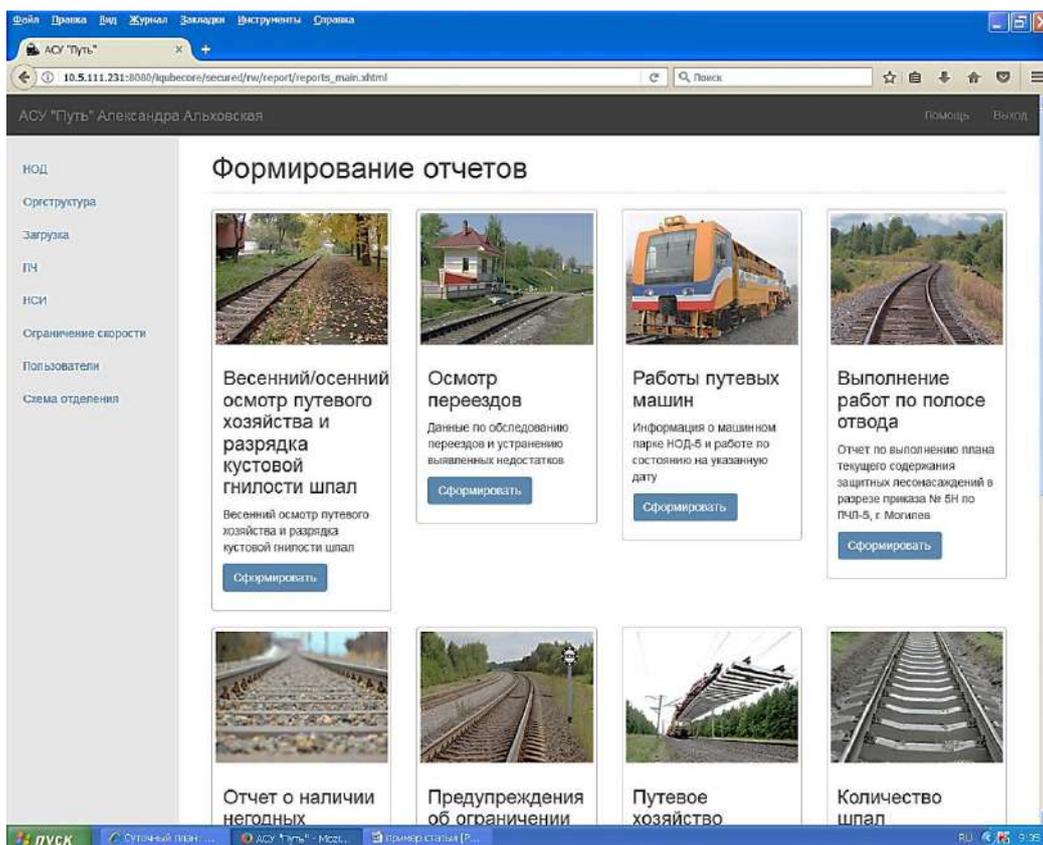


Рисунок 2 – Формирование отчетов

Рассматривая автоматизированную систему управления путевым хозяйством, можно выделить следующие направления:

- 1) управление ремонтами пути;
- 2) управление текущим содержанием пути;
- 3) управление системой диагностики, контроля состояния пути и сооружений путевого хозяйства;
- 4) управление парком путевых машин;
- 5) управление материальными ресурсами;
- 6) управление объектом управления (околотком, участком, ПЧ);
- 7) управление смежными функциями (поставки материалов и услуг).

УДК 625.144.5

ВЫБОР ВАРИАНТА РЕКОНСТРУКЦИИ КРУГОВЫХ КРИВЫХ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ СКОРОСТНОГО ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ

И. Н. КРАВЧЕНЯ, Т. А. ДУБРОВСКАЯ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Наиболее актуальной проблемой является организация скоростного движения на существующих железнодорожных линиях. Среди факторов, сдерживающих внедрение скоростного движения поездов, следует отметить характеристики плана трассы железной дороги.

Одной из основных задач является выбор конкретных участков повышения скоростей движения подвижного состава на эксплуатируемых линиях без переустройства или с минимальными затратами на переустройство трассы линии. Для достижения цели используются математические оптимизационные модели и алгоритмы анализа различных особенностей железно-дорожных линий. Это позволяет на основе поиска и оптимизации проектных решений на математической основе сократить до минимума дорогостоящие и длительные процедуры физического моделирования.

Задача определения оптимальных скоростей движения поездов различной категории в кривых может быть сформулирована следующим образом: пусть имеется участок железной дороги, на котором располагается m независимых (однорядусных и составных) кривых и обращаются поезда j -й ($j = \overline{1, n}$) категории. Для каждой кривой известны: длина кривой l (м), угол поворота α , радиус кривой R (м).

Требуется определить скорости движения v_j поездов j -й ($j = \overline{1, n}$) категории по кривой определенного радиуса при оптимальном возвышении наружного рельса h (мм), увеличении значения непогашенного ускорения $a_{\text{нп}}$, соблюдении условия равнонагруженности рельсовых нитей, условия комфортабельности езды пассажиров, при которых приведенные расходы на увеличение скорости в кривых будут минимальными:

$$E = f(v_1, v_2, \dots, v_n, h, a_{\text{нп}}) = l \sum_{j=1}^n c_j \frac{N_j}{v_j} \rightarrow \min \quad (1)$$

при ограничениях:

– соблюдение условия равнонагруженности рельсовых нитей:

$$\sum_{j=1}^n \beta_j v_j^2 = 12,96 \frac{ghR}{S}; \quad (2)$$

– соблюдение условия комфортабельности езды пассажиров:

$$h = 12,5 \frac{v_{\text{max}}^2}{R} - \frac{S}{g} a_{\text{нп}}; \quad (3)$$

– на допустимые значения непогашенного ускорения:

$$0,9 \geq a_{\text{нп}} \geq 0,7, \quad (4)$$

где c_j – приведенная стоимость поезда j -й категории; N_j – количество поездов j -й категории; β_j – весовой коэффициент поезда j -й категории; g – ускорение свободного падения, м/с^2 ; S – ширина между осями рельсов, мм; v_{max} – максимальная скорость движения по данной кривой, км/ч ; $a_{\text{нп}}$ – непогашенное ускорение, м/с^2 .

Для решения поставленной задачи (1)–(4) будем использовать метод неопределенных множителей Лагранжа.

Поскольку в задаче ограничения имеют вид равенств и неравенств, то приведем задачу к ограничениям в форме равенств. В ограничение (4) введем дополнительные переменные x_1 и x_2 :

$$a_{\text{нп}} - x_1 = 0,7; \quad (5)$$

$$a_{\text{нп}} + x_2 = 0,9. \quad (6)$$

Найдем частные производные функции Лагранжа по неизвестным величинам v_j ($j = \overline{1, n}$), h , $a_{\text{нп}}$, $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4, x_1, x_2$ и приравняем их нулю. В результате получим систему уравнений.

Далее сведем задачу к случаю, когда ограничения – строгие равенства, но на переменные x_1 и x_2 наложено условие неотрицательности:

$$x_1 \geq 0, \quad x_2 \geq 0. \quad (7)$$

Определение глобального минимума функции f осуществляется внутри области допустимых решений, где $x_1 > 0$ и $x_2 > 0$, и на границе, где $x_1 = 0$ и $x_2 = 0$.

Если предположить, что $x_1 > 0$ и $x_2 > 0$, то функция Лагранжа будет иметь вид

$$\begin{aligned} L(v_1, v_2, \dots, v_n, h, a_{\text{нп}}, \lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4, x_1, x_2) = & l \sum_{j=1}^n c_j \frac{N_j}{v_j} + \\ & + \lambda_1 \left(12,96 \frac{ghR}{S} - \sum_{j=1}^n \beta_j v_j^2 \right) + \lambda_2 \left(12,5 \frac{v_{\text{max}}^2}{R} - 163 a_{\text{нп}} - h \right) + \\ & + \lambda_3 (0,7 - a_{\text{нп}} + x_1) + \lambda_4 (0,9 - a_{\text{нп}} - x_2), \end{aligned} \quad (8)$$

где $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4$ – неопределенные множители Лагранжа.

Если предположить, что какая-то из переменных x_1 или x_2 равна нулю, то это говорит о том, что соответствующее ограничение выполняется как строгое равенство. Для них $\lambda_i \neq 0$.

Первоначально будем рассматривать задачу без учета ограничения (4):

$$E = f(v_1, v_2, \dots, v_n, h) = l \sum_{j=1}^n c_j \frac{N_j}{v_j} \rightarrow \min; \quad (9)$$

$$\sum_{j=1}^n \beta_j v_j^2 = 12,96 \frac{ghR}{S}, \quad h = 12,5 \frac{v_{\max}^2}{R} - 163 a_{\text{нп}}. \quad (10)$$

Тогда функция Лагранжа примет вид

$$L(v_1, v_2, \dots, v_n, h, \lambda_1, \lambda_2) = l \sum_{j=1}^n c_j \frac{N_j}{v_j} + \lambda_1 \left(12,96 \frac{ghR}{S} - \sum_{j=1}^n \beta_j v_j^2 \right) + \lambda_2 \left(12,5 \frac{v_{\max}^2}{R} - 163 a_{\text{нп}} - h \right). \quad (11)$$

Оптимальные скорости движения поездов j -й категории по кривой определенного радиуса при оптимальном возвышении наружного рельса, допустимых значениях непогашенного ускорения, соблюдении условия равнонагруженности рельсовых нитей и условия комфортабельности езды пассажиров составят

$$v_j = \left(\frac{c_j N_j}{\beta_j} \right)^{\frac{1}{3}} \left(\frac{12,96 gR \left(12,5 \frac{v_{\max}^2}{R} - 163 a_{\text{нп}} \right)^{\frac{1}{2}}}{S \sum_{j=1}^n (c_j N_j)^{\frac{2}{3}} \beta_j^{\frac{1}{3}}} \right)^{\frac{1}{2}}. \quad (12)$$

При полученных оптимальных значениях скоростей движения поездов j -й категории по кривой определенного радиуса приведенные расходы будут минимальными и составят

$$E = l \sum_{j=1}^n c_j N_j \left[\left(\frac{c_j N_j}{\beta_j} \right)^{\frac{1}{3}} \left(\frac{12,96 gR \left(12,5 \frac{v_{\max}^2}{R} - 163 a_{\text{нп}} \right)^{\frac{1}{2}}}{S \sum_{j=1}^n (c_j N_j)^{\frac{2}{3}} \beta_j^{\frac{1}{3}}} \right)^{\frac{1}{2}} \right]^{-1}.$$

Варьируя значения непогашенного ускорения от 0,7 до 0,9, будут определены оптимальные скорости движения поездов каждой категории, при которых приведенные расходы на увеличение скорости в кривых будут минимальными.

Таким образом, выбор варианта реконструкции круговых кривых для организации скоростного движения на эксплуатируемых линиях будут производиться при полученном оптимальном распределении скорости движения поездов различных категорий и минимальных капиталовложениях.

УДК 625.84

УСТРОЙСТВО БЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Ю. А. ЛИСОВСКАЯ, А. С. РОМАНОВ, Н. В. ШКУРАТОВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Модернизация цементобетонных заводов в Республике Беларусь позволила увеличить на внутреннем рынке предложение относительно недорогого цемента. Изменения в области жилищного строительства вызвали необходимость в поисках дополнительного внутреннего массового потребителя цемента. Бетонные покрытия в Беларуси массово строили к Олимпиаде 1980 года, но после этого данная технология использовалась лишь эпизодически. В то время как за рубежом накоплен достаточно богатый опыт устройства цементобетонных покрытий не только в период нового строительства, а также при капитальном ремонте и реконструкции автомобильных дорог. Вторая минская кольцевая автомобильная дорога стала первым за 40 лет объектом дорожного строительства, на новых участках которого устроено цементобетонное покрытие (почти 80 км). При этом на некоторых местных автомобильных дорогах также производится устройство таких покрытий.

При сравнении асфальто- и цементобетонных покрытий трудно заранее отдать предпочтение какому-либо варианту. Каждый из них имеет свои достоинства и недостатки. Для цементобетонных

покрытий характерны высокая жесткость и невысокая прочность при работе на изгиб, развитие необратимых трещин, для асфальтобетонных – двойственность свойств, которые зависят от условий внешней среды. Асфальтобетон при положительных температурах является упруго-пластичным телом, при отрицательных – хрупким. В каждом конкретном случае необходимо производить детальное технико-экономическое сравнение нескольких конструкционно-технологических решений.

На участках нового строительства в Республике Беларусь на сегодняшний день отдается предпочтение устройству однослойных монолитных покрытий толщиной от 16 до 24 см. Наименьшая толщина характерна для покрытий на местных дорогах, наибольшая – для магистральных автомобильных дорог. Укладка производится комплектами Wirtgen и Gomako. Специалистами дорожной отрасли также был произведен обзор современных достижений в данном направлении и некоторые из них проходят апробацию в наших условиях.

Технология устройства однослойного покрытия методом сращивания комплектом из двух бетоноукладчиков Wirtgen предполагает последовательное (без технологического разрыва) устройство двух слоев бетонного покрытия с погружением штырей в объем нижнего слоя. Таким образом, возможная воздушная полость над погруженным штырем оказывается закрыта толстым слоем бетона, что исключает попадание туда влаги, возможное при простой однослойной укладке. Метод сращивания эффективен при использовании в конструкции одного слоя двух видов бетона. В нижний слой можно укладывать более дешевые смеси в верхний – более дорогие. Это возможно за счет управления свойствами готового бетона на этапе проектирования состава цементобетонной смеси. К верхнему слою цементобетонного покрытия предъявляются высокие требования по истираемости, коррозионной стойкости, плотности и т. д. Однако на опытных участках МКАД-2 при использовании метода сращивания применялся только один вид цементобетонной смеси. Это объясняется отсутствием методик расчета конструкции дорожной одежды с такими равнопрочными слоями. В данный момент активно ведутся работы по разработке соответствующих технических нормативно-правовых актов.

Наиболее уязвимым элементом цементобетонных покрытий в процессе эксплуатации являются деформационные швы. Разгерметизация шва неизбежна, и она приводит к попаданию влаги под плиту и коррозии штырей. Последние для предотвращения коррозии покрываются различными полимерными составами. Еще одной особенностью штырей в швах является их деформация, которая приводит к возникновению уступа между плитами. Величина уступа зависит больше от вида основания, чем от других факторов. Асфальтобетонное основание гасит колебания плит и практически не позволяет образоваться уступу. Однако в Беларуси такие комбинации дорожно-строительных материалов коагуляционной и кристаллизационной структур в конструкции одной дорожной одежды не используются. Частично это объясняется отсутствием должного обоснования принципов работы в наших условиях и экономической эффективности данного варианта в долгосрочной перспективе (на срок до 50 лет).

Наибольший интерес в перспективе представляют конструкции и технологии, связанные с капитальным ремонтом нежестких дорожных одежд с использованием цементобетона. Этот вариант предполагает фрезерование существующего асфальтобетонного покрытия, устройство выравнивающего слоя (при необходимости) и последующее устройство слоя из цементобетона. Существующая нежесткая дорожная одежда выполняет в данном случае демпфирующую функцию. Такие слои по толщине классифицируются на традиционные (более 20 см), тонкие (20–10 см) и ультратонкие (менее 10 см). В Беларуси разработан и действует нормативный документ [1], предполагающий устройство слоев традиционной толщины.

Особенностью таких слоев является расстояние между швами, которое зависит от толщины покрытия. При устройстве ультратонких слоев покрытие придется нарезать на плиты со стороной 1,5–18 м. Это приведет к возникновению большого числа возможных дефектов (сколы кромки, разгерметизация шва и т. д.). Однако именно ультратонкие слои наиболее перспективны, так как позволяют снизить итоговую стоимость производства работ. Даже при наличии обязательного слоя проклеивания между ультратонким слоем цементобетона и нижележащим основанием. Недостаточную прочность на изгиб таких слоев можно повысить дисперсным армированием.

Например, при капитальном ремонте нежесткой дорожной одежды на участке автомобильной дороги II технической категории протяженностью 3 км в Добрушском районе Гомельской области можно предложить два варианта ремонта. Конструкция дорожной одежды по первому варианту (традиционный ремонт с использованием асфальтобетона): выравнивающий слой из черного щеб-

ня толщиной 8 см по фрезерованному покрытию, крупнозернистый пористый асфальтобетон толщиной 8 см и асфальтобетон мелкозернистый на резинобитумном вяжущем толщиной 4 см. Конструкция дорожной одежды по второму варианту: выравнивающий слой из черного щебня толщиной 8 см по фрезерованному покрытию и тяжелый бетон толщиной 21 см. Толщина слоя бетона определена согласно требованиям, представленным в [1]. Традиционная конструкция при капитальном ремонте рассчитана согласно действующим техническим нормативно-правовым актам.

Структура стоимости по элементам затрат представлена на рисунке 1 в ценах на май 2018 года. Желтые столбцы диаграммы соответствуют традиционному варианту капитального ремонта с использованием асфальтобетона, синие – варианту с использованием цементобетона. Общая стоимость на капитальный ремонт для слоёв усиления из асфальтобетонных смесей составила 499912,38 руб., а для слоя усиления из цементобетонных смесей – 738184,67 руб. Такое различие объясняется прежде всего толщиной слоя цементобетона и затратами на транспортировку.

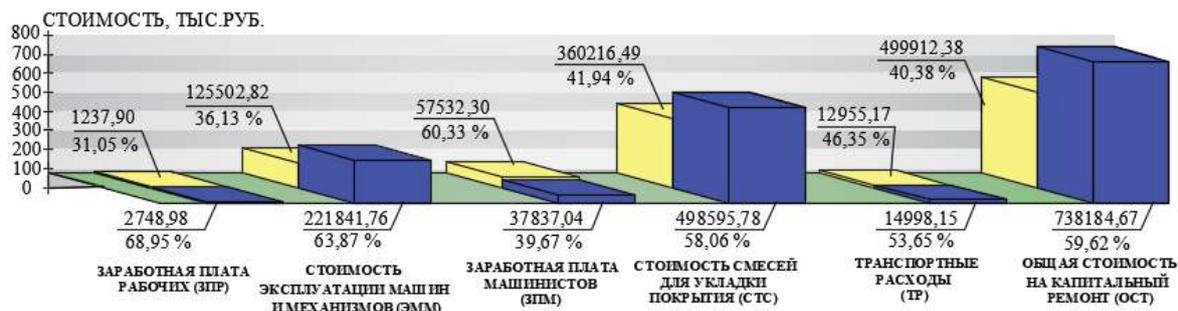


Рисунок 1 – Структура стоимости по вариантам капитального ремонта

Более половины суммарных затрат приходится на стоимость материалов. Это позволяет наметить пути сокращения затрат: использование отходов промышленности, сокращение толщины слоя цементобетона, широкое использование местных и некондиционных материалов и т.д. Однако сравнение затрат в долгосрочном периоде эксплуатации может привести к другому соотношению. Цементобетонные покрытия нуждаются в меньшем количестве текущих и капитальных ремонтов, стоимость содержания должна оказаться примерно одинаковой. Но точные данные достаточно тяжело спрогнозировать, так как прогнозных моделей изменения транспортно-эксплуатационного состояния дорожной одежды с цементобетонным покрытием на сегодняшний день в Беларуси нет.

Список литературы

1 Рекомендации по применению цементобетона для восстановления прочности дорожных одежд с асфальтобетонными покрытиями: ДМД 33200.2.085–2017 : [утв. БелдорНИИ 29.05.2017 : срок действия с 01.07.17 до 01.07.22]. – Минск, 2017. – Т. III. – 18 с.

УДК 625.144.6

ПРОГРАММА РАСЧЕТА УКОРОЧЕНИЙ ЗВЕНЬЕВ ПУТИ И ПОРЯДКА ИХ УКЛАДКИ

В. И. МАТВЕЦОВ, В. Л. МОИСЕЕНКО, Н. В. МОИСЕЕНКО, В. И. ЖИГАР
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Железнодорожный путь состоит из прямолинейных и криволинейных участков. При укладке криволинейных участков наружная рельсовая нить идёт с забеганием относительно внутренней, так как они имеют разные радиусы внутренней и наружной рельсовых нитей.

Перед сборкой звеньев рельсошпальной решетки на поточной звеносборочной механизированной линии для сборки звеньев пути с железобетонными шпалами необходимо выполнить следующие виды работ:

1 Натурные промеры участка, на котором будет выполняться замена рельсошпальной решетки.

2 Составление на основе натуральных промеров схемы укладки с указанием количества укладываемых звеньев, порядка формирования пакетов звеньев в составе укладочного поезда, дополнительных сведений, таких как расположение изолирующих стыков, наличие укороченных звеньев и др.

В связи с требованиями СТП 09150.56.010–2005 «Текущее содержание железнодорожного пути. Технические требования и организация работ» рельсовые стыки обеих рельсовых нитей должны располагаться по наугольнику. Для выполнения установленных требований применяются укороченные рельсы на внутренних нитях кривых участков пути. Ручной расчет укорочений таких рельсов и порядка их укладки является громоздким и занимает большой промежуток времени. Данный расчет существенно усложняется при наличии на участке производства работ длинных кривых участков, составных кривых, кривых с изменяющимся радиусом.

На сегодняшний день не существует стандартного расчета укорочений звеньев пути. Важность расчета большая, так как при укладке нить не будет устанавливаться в требуемое положение, следовательно, ее необходимо будет укорачивать.

С целью замены ручного расчета программным, была разработана специализированная программа для расчета укорочений звеньев и порядка их укладки.

Данная программа была разработана с применением Microsoft Visual Studio 2015 – продукта компании Microsoft, включающего интегрированную среду разработки программного обеспечения и ряд других инструментальных средств.

Выполнение расчетов в программе производится в следующем порядке:

1 Запуск программы.

2 Ввод исходных данных.

2.1 Столбец № 1 – «Элемент пути в плане». Вводятся границы элементов пути в плане с применением условных обозначений: цифра «0» соответствует прямому участку пути, цифра «1» – переходной кривой, цифра «2» – круговой кривой.

2.2 Столбец № 2 – «Длина элемента пути, в метрах». Вводится длина переходной кривой, круговой кривой (для прямого участка можно не заполнять). Длины элементов пути вводятся в соответствии с проектно-сметной документацией.

2.3 Столбец № 3 – «Номер рельсов». Вводится номер звена. Может быть произвольным. Если звено делится на части элементом пути (например, если часть звена лежит в переходной кривой, а часть в круговой кривой), то можно вводить удобное пользователю обозначение (например, 3-1, 3-2, т. е. первая часть третьего звена лежит в переходной кривой, вторая часть третьего звена лежит в круговой кривой).

2.4 Столбец № 4 – «Длина рельсов, в метрах». Вводится длина укладываемого звена в соответствии с натурными промерами. Может быть произвольным. Целую и дробную части значения длины рекомендуется разделять между собой запятой (например, 12,50, 25,00 и т. п.). Если звено делится на части элементом пути, то вводятся длины этих частей (например, звено № 3-1 равно 9 метров, звено № 3-2 равно 16 метров, т. е. первая часть третьего звена, лежащая в переходной кривой, имеет длину 9 метров, вторая часть третьего звена, лежащая в круговой кривой, имеет длину 16 метров). Для прямого участка пути соответствующие ячейки таблицы можно не заполнять.

2.5 Столбец № 5 – «Радиус, в метрах». Вводится радиус круговой кривой и соответствующих ей переходных кривых.

При расчете составной кривой (число смены радиусов может быть различным), порядок ввода исходных данных тот же, только в столбце № 5 вводятся радиусы, соответствующие круговым и переходным кривым. Расчет нескольких кривых участков пути, разделенных прямыми участками или вставками, не выполняется.

3 Нажать кнопку «Рассчитать». Программа выполнит расчет и автоматически заполнит столбцы № 6-8 расчетными данными (рисунок 1):

3.1 Столбец № 6 – «Расчетные укорочения элементов пути, в миллиметрах» – значение укорочения для каждого конкретного звена.

3.2 Столбец № 7 – «Забеги или отставания стыков, в миллиметрах» – значение нарастающего забега или отставания с учетом стандартного укорочения на 80 мм.

3.3 Столбец № 8 – «Порядок укладки звеньев». Значение «Н» в ячейке обозначает, что необходимо укладывать нормальное звено, значение «У» – необходимо укладывать укороченное звено.

4 Для вывода данных в электронную таблицу Microsoft Excel нажать кнопку «Экспорт в Excel». Экспорт осуществляется без переноса формул и алгоритма расчета программы.

Границы элементов пути в плане	Длина элемента пути, м	Номер рельсов	Длина рельсов, м	Радиус	Расчетные укорочения элементов пути, мм	Забег или отставания стыков, мм	Порядок укладки рельсов
0	0	1	12,50	0	0	0	0
1	50	2	25	1000	10	10	Н
1	50	3	25	1000	30	-40	У
2	175	4	25	1000	40	0	Н
2	175	5	25	1000	40	-40	У
2	175	6	25	1000	40	0	Н
2	175	7	25	1000	40	-40	У
2	175	8	25	1000	40	0	Н
2	175	9	25	1000	40	-40	У
2	175	10	25	1000	40	0	Н
1	50	11	25	1000	10	10	Н
1	50	12	25	1000	30	-40	У
0	0	13	12,50	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0

Рисунок 1 – Результат выполнения программы

Для корректировки введенных исходных данных и последующего перерасчета без закрытия программы, необходимо выделить нужную ячейку, ввести в нее новые данные, нажать кнопку «Расчитать». Программа выполнит перерасчет с учетом корректировок. Закрытие и повторный запуск программы сбросит все введенные и рассчитанные данные.

Программа для расчета укорочений звеньев и порядка их укладки внедрена в качестве организационного рационализаторского предложения в эксплуатационном республиканском унитарном предприятии «Опытная путевая машинная станция № 115» г. Барановичи в соответствии с «Положением о рационализаторской деятельности в организациях государственного объединения «Белорусская железная дорога», утвержденного приказом Начальника Белорусской железной дороги от 07.06.2011 № 206Н. Использование программы исключило ручные расчеты, что позволило существенно снизить затраты времени на расчет укорочений звеньев и порядка их укладки в кривых участках пути. После выполнения расчетов соответствующие рельсы транспортируются в цех сборки рельсошпальной решетки и используются при сборке звеньев на поточной звеносборочной механизированной линии.

УДК 625.144.6

ВЫПРАВочно-ПОДБИВочно-РИХТОВОчная МАШИНА НЕПРЕРывного ДЕЙСТВИЯ

*В. И. МАТВЕЦОВ, В. Л. МОИСЕЕНКО, Н. В. МОИСЕЕНКО, С. В. СКРЕБЕЦ
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Выправка пути сплошной подбивкой шпал с одновременным регулированием пути в плане, профиле и по уровню является одной из значимых технологий при текущем содержании пути. В Республике Беларусь при выправке пути используются различные типы путевых машин. Можно выделить три основных направления применяемых путевых машин для сплошной выправки пути: циклического действия, непрерывно-циклического действия и непрерывного действия. При циклическом действии используются следующие машины: Duomatic 08-32; Unimat Compact 08-275/3s-16; ВПР-02; ВПР-03. При непрерывно-циклическом действии используются следующие машины: Duomatic 09-32 CSM; Dynamic Stophexpress 09-3X. При непрерывном действии используется машина ВПО-3000.

Существующее многообразие парка путевых машин не позволяет выполнить все необходимые работы при выправке пути из-за их недостаточной производительности. Так, две машины Dynamic Stophexpress 09-3X за 2017 г. выполнили работы по выправке пути чуть более 1500 км, при длине

только главных путей 7214 км. Выходом из данной ситуации является создание машины на базе ВПР-02 непрерывного действия с более высокой производительностью.

Разработана выправочно-подбивочно-рихтовочная машина непрерывного действия, осуществляющая непрерывную подбивку шпал при постоянном передвижении машины. Её производительность при подбивке одной шпалы более 2500 шпал/ч, а при подбивке двух шпал – более 5500 шпал/ч. Создана 3D-модель этой машины, позволяющая моделировать непрерывную выправку пути и уплотнение балласта.

Разработаны рама машины (рисунок 1), рама подбивочных блоков, привод подбивочных блоков, усовершенствована система подбивки шпал, подъемно-рихтовочное устройство. Основные конструкции рассчитаны на прочность, устойчивость, собственные колебания с помощью библиотеки АРМ FEM программы КОМПАС 3D V15.

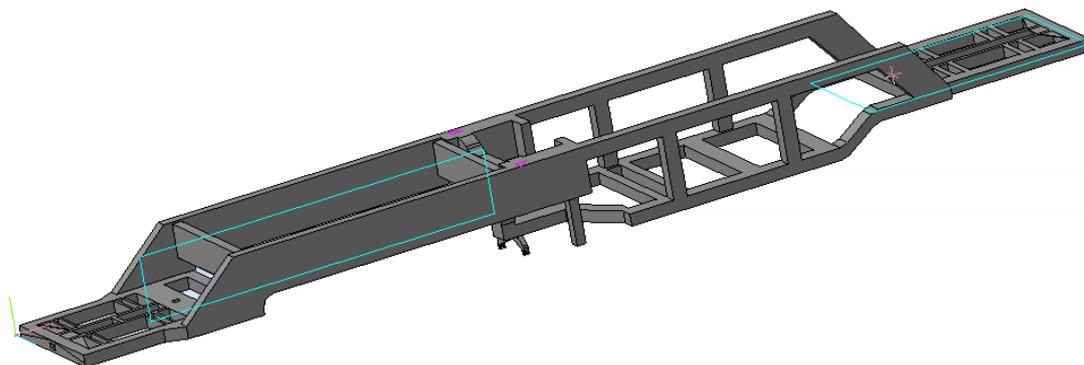


Рисунок 1 – 3D-модель рамы ВПРМ

Произведены необходимые расчеты силового привода, привода подбивочных блоков и подъемно-рихтовочного устройства. Выполнены расчеты вписывания машины в габарит, прохождения машины кривых участков пути, а также тяговый расчет и расчет на устойчивость машины против схода рельсов при движении и в транспортном режиме.

Рама машины является основой машины, на которой смонтированы все рабочие органы и вспомогательное оборудование. Она опирается на две ходовые двухосные тележки. На раму передаются вес всех узлов и агрегатов, динамические нагрузки от шпалоподбивочного, подъемно-рихтовочного устройства.

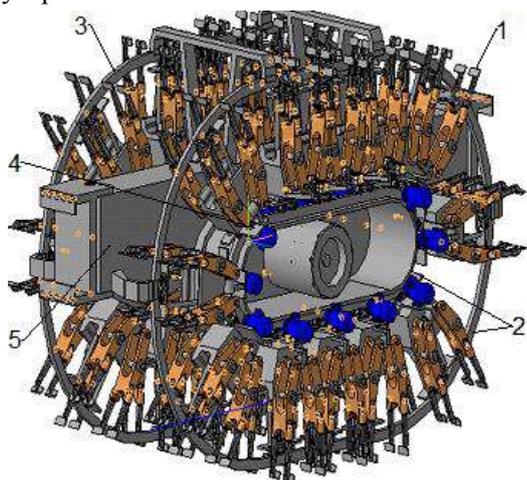


Рисунок 2 – Подбивочный комплекс:
1 – подбивочный блок; 2 – продольные кольцевые направляющие; 3 – участок возврата; 4 – каретки; 5 – рама

На раме подбивочного комплекса (рисунок 2) выполнены поперечные направляющие, на которых установлена подвижная в горизонтальной плоскости рама с приводами и с возможностью независимого перемещения по ним. На подвижной раме параллельно над каждым рельсом выполнены продольные кольцевые (замкнутые) направляющие с прямолинейным (рабочим) участком и участком возврата, включающим два радиусных участка и прямую верхнюю ветвь. Участок возврата может иметь другие геометрические формы, например, часть эллипса. На каждой из кольцевых направляющих установлены каретки. Длина прямолинейного участка должна быть не менее одного шага продольного расположения шпал и прямо пропорциональна количеству одновременно подбиваемых шпал плюс размер направляющих каретки в продольном направлении.

Количество одновременно подбиваемых шпал может быть выражено дробным числом. Кольцевые направляющие изначально расположены в параллельной продольной оси машины плоскости, например, в вертикальной. Каретки снабжены вертикальными направляющими и приводом для перемещения по ним подбивочного блока. На подбивочном блоке закреплены подбойки с приводом для перемещения балласта под шпалу и его уплотнения (подбивки).

На каретке может располагаться соединенная с аппаратами управления распределительная, регулирующая и приемо-передающая аппаратура, а приводы рабочих органов могут быть снабжены датчиками положения. Каретки могут иметь индивидуальный привод для передвижения по кольцевым направляющим. Выходным звеном привода может являться, например, шестерня, которая зацеплена с зубчатой рейкой, установленной параллельно кольцевым направляющим. Привод может быть многоскоростным или регулируемым. В этом случае количество кареток на каждой кольцевой направляющей должно быть не менее двух. Привод для перемещения кареток по кольцевым направляющим может быть общим для кареток одной направляющей.

Применение выправочно-подбивочно-рихтовочной машины непрерывного действия позволит значительно увеличить производительность подбивки шпал и технико-эксплуатационные характеристики железнодорожного пути.

УДК 625.143.42

ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОТЫ И УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЗВЕНЬЕВОГО ПУТИ

В. И. МАТВЕЦОВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В. О. ПЕВЗNER

ВНИИЖТ, г. Москва, Российская Федерация

Несмотря на то, что протяженность бесстыкового пути с каждым годом увеличивается, на дорогах СНГ и постсоветского пространства в настоящее время лежат в пути 25-метровые рельсы от 25 до 35 % протяженности главных путей. И в будущем звеньевой путь будет эксплуатироваться на указанных дорогах, так как на нестабильном и «больном» земляном полотне запрещается укладка и эксплуатация бесстыкового пути. Поэтому укладке и содержанию 25-метровых рельсов необходимо уделять повышенное внимание.

В своей практической деятельности работникам путевого хозяйства для обеспечения безопасного движения поездов по железнодорожному пути, положение которого особенно в изношенном состоянии может значительно отличаться от проектного, приходится решать много задач. Температурные и динамические силы от колес подвижного состава являются причиной угона путей. В результате угона возникают дополнительные сжимающие или растягивающие силы, которые осложняют эксплуатацию железнодорожного пути и создают опасность выброса пути летом или разрыва стыка зимой. Однако указанные дополнительные силы не всегда нарушают устойчивость или прочность пути. Это зависит от условий укладки 25-метровых рельсов, от величины ошибки при установке первоначальных стыковых зазоров в момент укладки или отступлений фактических зазоров от рекомендуемых, появившихся в процессе их эксплуатации. Поэтому линейные работники должны знать основы температурной работы 25-метровых рельсов и уметь определить возможность дальнейшей нормальной эксплуатации пути с максимально допустимыми скоростями движения, а также необходимость проведения специальных мер или выполнения неотложных работ для обеспечения безопасного движения поездов при экстремальных температурах. В зависимости от конкретных условий и фактического состояния стыковых зазоров для обеспечения дальнейшей нормальной эксплуатации пути потребуются проведение работ по разгонке и регулировке стыковых зазоров или по замене рельсов нормальной длины укороченными или удлиненными с последующей обязательной заменой их рельсами стандартной длины. Указанные работы требуют дополнительных затрат, поэтому выполнять их следует только в случае острой необходимости, когда создается угроза нарушения прочности или устойчивости железнодорожного пути.

Действующие рекомендации по определению и установке номинальных стыковых зазоров 25-метровых рельсов, имеющие существенные недостатки, не позволяют обеспечивать повсеместно оптимальные условия работы и эксплуатации длинных рельсов, исключая зимой возможность раскрытия зазоров больше конструктивного, изгиба и среза болтов при полном использовании их величины для компенсации температурных деформаций рельсов.

Выполнение указанных требований Инструкции по текущему содержанию железнодорожного пути в большинстве пунктов РФ приводит зимой или к неполному использованию зазора или к раскрытию зазора больше конструктивного, изгибу и срезу болтов и даже к разрыву стыков, что явно нецелесообразно. И только в отдельных случаях полностью реализуется конструктивный зазор и исключается при этом изгиб и срез болтов.

Однако вопреки здравому смыслу было оставлено всего три зоны, границы которых оказались через 20 °С. Поэтому точность установки зазоров ухудшилась и стала равной 6 мм из расчета 3,4 °С на каждый миллиметр ошибки, а температурные силы в пути отличаются друг от друга на $4,1 \cdot 20 = 82$ тс (804,1 кН), что вряд ли следует признать целесообразным. Для того чтобы обеспечить в пределах зоны одинаковые сжимающие и растягивающие температурные силы, необходимо устанавливать стыковые зазоры, отличающиеся друг от друга при одной и той же температуре.

Следует также отметить, что даже при одной и той же годовой температурной амплитуде, но разных ее экстремальных значениях, необходимо устанавливать при одинаковой температуре рельсов отличающиеся друг от друга стыковые зазоры из расчета 3,4 °С разности минимальных температур на каждый миллиметр зазора, что для сети российских железных дорог может достигать 4,5 мм. Одинаковые зазоры при одной и той же температуре устанавливаются только в пунктах с одинаковыми годовыми температурными амплитудами при равных минимальных значениях температур.

В докладе приводится детальный анализ температурной работы и условий эксплуатации 25-метровых рельсов в двух пунктах второй климатической зоны с соблюдением существующих требований по укладке и содержанию стыковых зазоров и их результаты.

В Архангельске, где $T = 99$ °С, $t_{\max} = 54$ °С и $t_{\min} = -45$ °С в момент наступления t_{\min} стыковые болты могут быть срезаны силой 28,7 тс по каждой рельсовой нитке, что представляет явную угрозу безопасному и бесперебойному движению поездов.

В Кривенковской, где $T = 81$ °С, $t_{\max} = 60$ °С и $t_{\min} = -21$ °С зимой, зазоры на 5–7 мм не достигают своего конструктивного значения, что также нецелесообразно.

Для оптимальной работы и эксплуатации звеньев пути требуется полное использование конструктивной величины зазора и не допускать раскрытия зазоров более конструктивного зазора, что исключает работу стыковых болтов на изгиб и срез. При этом в летнее время фактические сжимающие силы не должны превышать допустимых по условию устойчивости пути.

УДК 625.143.42

О ПОВЫШЕНИИ НАДЕЖНОСТИ И ДОЛГОВЕЧНОСТИ РЕЛЬСОВ МИНСКОГО МЕТРОПОЛИТЕНА

В. И. МАТВЕЦОВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В. Т. СОТНИКОВ, В. В. КЛОКЕВИЧ

ГП «Минский метрополитен», Республика Беларусь

Рельсы относятся к числу важнейших и наиболее дорогостоящих компонентов железнодорожного пути. Максимально возможное повышение надежности и продление срока их службы и оптимизация расходов по текущему содержанию и замене рельсов являются ключевыми составляющими стратегии обеспечения работоспособности инфраструктуры.

Рельсы изготавливаются в соответствии с ГОСТ Р 51685–2000 «Рельсы железнодорожные. Общие технические условия».

Рельсы подразделяются на две группы по назначению: рельсы общего назначения (Т1, ДТ350, В) и рельсы специального назначения, которые, в свою очередь, делятся на рельсы:

- низкотемпературной надежности (НЭ, НК);
- повышенной износостойкости и контактной выносливости (ИК);
- для скоростного совмещенного движения (СС, В);
- для высокоскоростного движения (ВС, В).

Рельсы также подразделяются:

- по типам (размерам и профилям поперечного сечения) на Р50, Р65, Р65К (для наружных нитей кривых участков пути), Р75;
- способу выплавки стали: в конвертере (К) и в электропечи (Э);
- термическому упрочнению: термоупрочненные, подвергнутые дифференцированному по сечению рельса упрочнению (ДТ); термоупрочненные, подвергнутые объемной закалке и отпуску (ОТ); нетермоупрочненные (НН);
- классу прочности (минимальной твердости): НВ 370, 350 (термоупрочненные); 320, 300, 260 (нетермоупрочненные).

Срок службы железнодорожных рельсов зависит от качества рельсовой стали и качества изготовления рельсов, а также от эксплуатационных характеристик пути (плана и профиля пути), осевой нагрузки, типа обращающегося подвижного состава, скоростей движения поездов, климатических условий. В процессе эксплуатации рельсов их свойства снижаются из-за развития дефектов и повреждений. Поэтому значительное количество рельсов, не выработавших ресурс, изымаются из пути.

Для сохранения рельсов в работоспособном состоянии и продления их жизненного цикла необходимо выполнять ряд мер, направленных на предотвращение образования различных дефектов и повреждений. Эти меры в определенной последовательности изложены в разработанной системе ведения рельсового хозяйства на путях Минского метрополитена.

В отличие от магистральных железных дорог на путях метрополитена основной упор делается на обязательное шлифование и фрезерование новых рельсов перед укладкой их в путь.

Новые рельсы, прошедшие на базе входной контроль, после первоначальной профилактической шлифовки или фрезеровки, в процессе которых снимается науглероженный поверхностный слой металла с поверхностными микротрещинами и устраняются заводские неровности по поверхности катания головки рельсов, комплектуют для адресной укладки их в пути метрополитена, а также для одиночной замены старогодных стандартных рельсов или сварных рельсовых плетей, предназначенных для шлифования, фрезерования или репрофилирования головки рельсов. Такая укладка новых рельсов на путях метрополитена наряду с повышением плавности хода подвижного состава и комфортабельной езды пассажиров отодвигает зарождение и замедляет интенсивность развития неровностей на поверхности катания головки рельсов и контактно-усталостных дефектов, что способствует значительному продлению срока их службы (на 100 млн т брутто или на 10 лет).

В докладе в определенной последовательности приводятся заводские и эксплуатационные меры по повышению надежности и жизненного цикла железнодорожных рельсов на путях Минского метрополитена.

УДК 656.2

ПОВЫШЕНИЕ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ НА СУЩЕСТВУЮЩИХ ЛИНИЯХ

В. С. МИРОНОВ

Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва

Т. А. ДУБРОВСКАЯ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Для успешной интеграции Белорусской железной дороги в мировой транспортный рынок необходимо развитие скоростного пассажирского движения. Значительное внимание развитию скоростного движения уделяется в «Государственной программе развития железнодорожного транспорта Республики Беларусь на 2016–2020 годы», а также в разработке комплексной программы обеспечения эффективного использования транзитных возможностей Беларуси на 2016–2020 годы.

Чтобы обеспечить надежность, безопасность движения и комфортабельность езды пассажиров необходима капиталоемкая реконструкция инфраструктуры. Среди факторов, сдерживающих внедрение скоростного движения пассажирских поездов, следует отметить характеристики плана трассы железной дороги. Анализ показывает, что повышение скоростей потребует переустройства трассы для увеличения радиусов круговых кривых на значительном протяжении. Вариантным решением по повышению скоростей движения в кривых может быть применение экипажей с принудительным

наклоном кузова внутрь кривой для погашения поперечного ускорения. Одним из ярких примеров подвижного состава с наклоном кузова является поезд Talgo, который с успехом курсирует на железных дорогах Испании.

При реконструкции плана линии для различного подвижного состава изменяется величина радиусов, до которых увеличиваются существующие кривые. Формула расчета максимальной скорости в кривой, которую может пропустить тот или иной радиус, имеет вид

$$v_{\max \text{ пас}} = 4,6\sqrt{R}. \quad (1)$$

Из формулы (1) следует, что для реализации скоростей порядка 160–200 км/ч необходимы радиусы круговых кривых 1200 м и более.

Если рассмотреть экипаж с наклоном кузова в кривой, то появляется дополнительный угол α . Тогда формула (1) приобретает вид

$$v_{\max \text{ пас}} = 3,6\sqrt{R[a_n + g \sin(\beta + \alpha)]}. \quad (2)$$

Так, например, если радиус существующей кривой $R_c = 625$ м. По известной формуле $v = 4,6\sqrt{R}$, скорость, которую теоретически может пропустить данный радиус, $v \leq 115$ км/ч. Чтобы круговую кривую поезд смог проходить со скоростью 160 км/ч, ее необходимо увеличить до радиуса $R_{\text{пр}} = 1200$ м (это, что касается обычного подвижного состава), тогда как для подвижного состава с наклоном кузова Talgo, $R_{\text{пр}} = 1000$ м, так как за счет дополнительного наклона в $\alpha = 3^\circ$ эту кривую поезд пройдет со скоростью 160 км/ч.

В 2015 г. испанская компания Patentes Talgo S.L. осуществила поставку семи поездов с наклоном кузова в Россию. Здесь они получили название «Стриж». Он является адаптированной к нашим железным дорогам версией поезда Talgo. В вагонном депо Москва-Киевская была проведена реконструкция, где три из шести путей депо стали предназначены исключительно для обслуживания скоростных поездов Talgo. На двух путях установлены эстакады со специальным освещением. Диагностическое оборудование позволяет выявлять дефекты в подвижном составе. В помещении депо смонтирована вытяжная система, которая позволяет безопасно выводить выхлопные газы из технических вагонов поезда. Так как был закуплен только вагонный состав поезда Talgo, то в качестве локомотива используются электровозы ЭП20.

Характеристики подвижного состава «Стриж» (Talgo): конструктивная скорость – 200 км/ч; максимальная скорость в эксплуатации – 179 км/ч; вид тяги – электрическая; род тока – переменный/постоянный; число вагонов в составе – 10 шт.; пассажироместимость – 216 чел.; выходная мощность – 9056 кВт; мощность ТЭД – 700 кВт; тип торможения – реостатное; длина вагона – 13,5 м; материал вагона – алюминиевый композитный сплав; масса тары – 200 т.

Начиная с июня 2015 г. между Москвой и Нижним Новгородом был запущен новый скоростной поезд «Стриж». До появления этого поезда между столицей Поволжья и столицей страны курсируют два типа скоростных поездов: «Сапсан» (два поезда в день и столько же в обратную сторону) и «Ласточка» (три поезда в день, столько же назад). Однако с появлением в расписании «Стрижа» первый скоростной поезд, курсирующий между Москвой и Нижним Новгородом (речь о «Сапсане»), из этого расписания, наоборот, исчез.

Выбор в пользу «Стрижа» очевиден. Секрет экономии времени заключается не только в уникальной системе изменения ширины колесных пар, но и в высокой максимальной скорости поездов. Она составляет 200 км/ч. Еще вагоны Talgo оборудованы системой наклона кузова, которая дает экономию 20–30 % времени только за счет большей скорости прохождения кривых малого радиуса.

Система автоматического перехода на другую ширину колеи осуществляется за счет перемещения каждой полуоси (с колесом) в поперечном направлении вместе с буксовыми узлами, клещевым механизмом и рычажной передачей тормозной системы. Специальные замковые устройства фиксируют колесный узел в одном из двух положений, соответствующих ширине колеи 1520 или 1435 мм соответственно. Смещение колес возможно только в ненагруженном состоянии, то есть когда вагон не опирается на колеса, а вывешивается на специальных опорных кронштейнах при движении через переводное устройство. Самопроизвольное изменение ширины колеи вне переводного устройства – исключено.

Весь процесс смены колеи происходит на скорости до 15 км/ч в абсолютно автоматическом режиме без высадки пассажиров из вагонов. На сегодняшний день технология автоматического изменения ширины колеи «Patentes Talgo S.L.» является единственной в мире системой, надежно зарекомендовавшей себя в эксплуатации.

Начиная с декабря 2016 года новый скоростной поезд «Стриж» курсирует через территорию Республики Беларусь. Составы «Стриж» курсируют по маршруту II транспортного коридора Москва – Берлин – Москва, проходящему через города России, Беларуси, Польши и Германии. Протяженность маршрута – 1898 км. Поезд следует через станции Смоленск, Орша, Минск, Брест, Тересполь, Варшава, Познань, Жепин, Франкфурт-на-Одере. Станции пограничного и таможенного контроля – Брест и Тересполь. На поезде «Стриж» из Москвы в Минск можно доехать за 7 ч 50 мин, из Москвы в Варшаву – за 14 ч 33 мин. Путь из Минска в Варшаву занимает 6 ч 29 мин.

В составе поезда 20 вагонов производства испанской компании Patentes Talgo S.L. вместимостью 216 мест, в том числе вагоны первого класса, купе, вагоны СВ и вагоны Люкс.

Впервые в истории России поезд сформирован из вагонов, оборудованных системой автоматического изменения ширины колесных пар. Специально для этого поезда в Бресте создано переводное устройство. Таким образом, с колеи российского стандарта 1520 мм на европейский 1435 мм на станции Брест «Стриж» перейдет всего за 20 мин. Ранее на эту процедуру требовалось около двух часов. Многие годы проблема быстрого перехода с российской на европейскую колею не могла быть решена, а сейчас с помощью новых технологий это стало возможным, благодаря этому международные перевозки РЖД в западном направлении выросли более чем на 9 %.

Ещё один важный момент, касающийся стоимости проезда. Поскольку направление Москва – Нижний Новгород включено в систему «Динамическое ценообразование», то стоимость билета напрямую зависит от сезона, дней недели, спроса и количества проданных мест. Иначе говоря, самый дешёвый билет можно купить не в сезон, за месяц до поездки и не в пиковые дни, которые обычно приходятся на пятницу, субботу и воскресенье.

Следовательно, повышение скоростей движения на существующих линиях возможно не только за счет реконструктивных мероприятий, связанных с планом линии, продольным профилем и верхним строением пути, но и с помощью специального подвижного состава.

Таким образом, использование вагонов с наклоном кузова позволяет существенно повысить скорость движения пассажирских поездов и сократить время нахождения пассажиров в пути без реконструкции линии в плане. Тяговые расчеты показывают, что скорости движения пассажирских поездов в зависимости от различных влияющих факторов можно увеличить на 10–20 %.

УДК 625.1.002:502.3 (476.2)

ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬСТВА ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ В ПОЛЕСЬЕ

В. Е. МИРОШНИКОВ, Н. А. ОРЕХВО, А. Д. МИХАЙЛОВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

О необходимости строительства нового участка железной дороги, которая связала бы между собой населенные пункты Лельчицкого и Мозырского районов, заговорили в 2013 г. В регионе большие запасы полезных ископаемых, и надо подумать, как их доставлять с Полесья. Железная дорога поможет решить эту проблему, даст новый импульс экономической жизни крупного региона, во многом будет способствовать реализации целого комплекса мероприятий по известной Государственной программе «Припятское Полесье». Кроме того, она должна быть хорошо связана с автомобильным сообщением. Наиболее приемлемым вариантом признан маршрут Глушковичи – Лельчицы – станция Михалки Мозырского района. Этот маршрут как самый оптимальный и экономичный для вывоза продукции щебеночного завода «Глушкевичи» до уже существующей сети железных дорог рекомендуют и специалисты «Минского Промтранспроекта» и «Белжелдорпроекта». Протяженность однопутной железной дороги составит порядка 120 км. Помимо строительства самой дороги реализация проекта потребует возведения четырех станций и остановочных пунктов

(Глушковичи, Милашевичи, Лельчицы, Михалки), большого моста протяженностью 390 м через реку Уборть, 25 средних мостов – в основном через сеть мелиоративных осушительных каналов, двух путепроводов, шести железнодорожных развязок, двух развязок на пересечении с автодорогами и 16 переездов (рисунок 1).

Железнодорожное сообщение в несколько раз сократит транспортные расходы предприятий Гомельского промышленного парка «Полесье – Лельчицы». По предварительным оценкам по проектируемой линии ежегодно будет перевозиться до 3,2 млн т бурого угля, 4 млн т камнепродукции, 0,5 млн тонн торфа, 1,2 млн т других народнохозяйственных грузов.



Рисунок 1 – Проект участка железнодорожной линии в Припятском Полесье

При прохождении трассы железнодорожной линии насыпями через болотистую местность необходимо учитывать следующие параметры: категорию дороги; тип и глубину болота; уклон минерального дна болота и вида слагающих его грунтов; вид грунтов и материалов, используемых для сооружения насыпи; высоту насыпи; рельеф местности.

При сооружении земляного полотна различают три основных типа болот: I – заполненные торфом и другими болотными грунтами устойчивой консистенции, сжимающимися под нагрузкой от насыпи высотой до 3 м; II – заполненные торфом и другими болотными грунтами разной консистенции, в том числе выдавливающимися под нагрузкой от насыпи высотой 3 м; III – заполненные болотными грунтами в разжиженном состоянии, выдавливающимися под нагрузкой, с торфяной коркой (сплавинной) или без нее.

Использование тяжелых супесей и суглинков для отсыпки нижней части насыпи (в зоне выторфовывания) допускается в исключительных случаях на болотах I и II типов с обязательным усилением конструкции земляного полотна и при технико-экономическом обосновании, учитывающем повышенные расходы на содержание земляного полотна и верхнего строения пути в период временной эксплуатации. Для отсыпки верхней части насыпи (выше уровня болота на 0,5 м) допускаются все грунты, пригодные для возведения насыпей, при условии обеспечения необходимого возвышения бровки.

Возвышение бровки насыпи над поверхностью болота следует назначать не менее: для дренирующих грунтов – 0,8 м при полном удалении торфа в основании и 1,2 м – при частичном выторфовывании, для мелких и пылеватых песков и песчаных супесей – 2 м.

На болотах II типа (наиболее распространенных в районе предполагаемого строительства) необходимо производить полное выторфовывание экскаваторами-драглайнами «с головы» при движении экскаватора по свежесыпанной насыпи. Траншея разрабатывается в зависимости от ее ширины торцевым или боковым забоем за одну или несколько проходок.

На болотах II и III типов необходимо также производить удаление торфа из-под насыпи отжати-ем его отсыпаемым грунтом. В этом случае рядом с будущей насыпью устраиваются траншеи-торфоприемники для приема выдавливаемого из-под насыпи торфа или продольной прорези. Продольные прорези разрабатываются на глубину, равную толщине растительно-корневого покрова, но не менее 1 м. Водоотводные каналы, продольные прорези и траншеи-торфоприемники отрываются драглайном сразу на полный профиль при перемещении экскаватора вдоль оси сооружения.

Также при строительстве железных дорог в особых условиях возможно использование геосинтетических материалов, которые укладываются в тело насыпи и на откосы земляного полотна: для ликвидации просадок пути с выпиранием разжиженного глинистого грунта; предупреждения расстройств рельсовой колеи по уровню и в профиле; усиления пути; ликвидации пучин; устранения смещения грунта на откосах выемок и оползней откосов насыпей; устройства обратного фильтра в дренажах; защиты сооружений железнодорожного пути от размывов; предупреждения осадок берм на болотах и суффозионных явлений; предупреждения деформаций основной площадки земляного полотна; усиления устойчивости насыпи на слабом основании (торф, ил, сапропели); в качестве покрытия основной площадки насыпи из крупно-глыбовых материалов; для обеспечения водоотвода с основной площадки и откосов насыпей и выемок с целью предупреждения пучин и деформаций земляного полотна.

Способ сооружения дороги на болоте, при котором частично выторфовывают слабый грунт с последующей отсыпкой насыпи из привозного грунта, отличающийся тем, что перед отсыпкой насыпи поверх выторфованного слабого грунта производят укладку прослойки из геосинтетического материала посредством раскатки ее из рулона на длину, не превышающую ширину прослойки из геосинтетического материала, а привозной грунт при отсыпке насыпи постепенно перемещают на прослойку из геосинтетического материала по всей ширине раскатанного рулона с последующим его разравниванием и уплотнением.

Можно использовать способ устройства дорожной конструкции с использованием геотекстильных материалов, при котором рулоны раскатывают в продольном направлении по подготовленному основанию. Уложенную прослойку засыпают слоями песка или другого материала, толщина которых определяется уплотняющим механизмом. Засыпку прослойки ведут по схеме «от себя» с помощью бульдозера или автогрейдера. Непосредственный проезд колесных или гусеничных машин по прослойке не разрешается.

Недостатком такого способа является большая длина раскатки материала, что не способствует предварительному натяжению материала перед отсыпкой поверх него грунта. Этот факт не дает возможности закрепить геотекстильный материал по бокам при укладке его на слабых грунтах. Отрицательным также является то, что в процессе строительства грунт отсыпают непосредственно на прослойку. Использование в сооружаемой дорожной конструкции прослойки из геосинтетического материала обеспечит разделение различных видов грунтов, даст возможность предварительного натяжения материала за счет его раскатки на ширину рулона, кроме того, позволит получить равномерно распределенную нагрузку отсыпаемого грунта насыпи на слабое основание.

УДК 691.328.43

КЕРАМЗИТОБЕТОН, АРМИРОВАННЫЙ ПОЛИМЕРНОЙ ФИБРОЙ

*Ю. Г. МОСКАЛЬКОВА, Р. П. СЕМЕНЮК, М. Ю. ДАШКЕВИЧ
Белорусско-Российский университет, г. Могилев, Республика Беларусь*

Применение полимерных волокон для дисперсного армирования тела бетона позволяет повысить его сопротивление ударным и взрывным нагрузкам [1]. Армирование легких бетонов полимерной фиброй может оказаться более эффективным по сравнению с тяжелым бетоном, потому что, во-первых, легкие бетоны имеют значительно более высокие значения пределов микро-трещинообразования, а дисперсное армирование позволит улучшить эти показатели, а во-вторых, применение полимерной фибры повышает водонепроницаемость бетона, что особенно актуально при использовании пористых заполнителей.

Поскольку полимерная фибра обладает низким модулем упругости, значительно меньшим по сравнению с модулем упругости тяжелого бетона, принято считать, что подобное армирование незначительно влияет на прочность бетона [1, 2]. Однако модуль упругости легкого бетона существенно ниже в сравнении с бетонами на плотных заполнителях: согласно EN 1992 для расчета модуля упругости легких бетонов применяется понижающий коэффициент $(\rho/2200)^2$, где ρ – расчетная плотность. Таким образом, значение понижающего коэффициента составляет 0,228–0,868, т. е. для бетонов с небольшой плотностью применение полимерной фиброй будет более эффективно, т. к. разница в значении модулей упругости бетона и армирующих элементов не будет значительной. Это позволит повысить не только стойкость к воздействию ударных нагрузок, но также основные прочностные характеристики: прочность при осевом сжатии, изгибе и растяжении.

Однако введение полимерной фибры накладывает некоторые ограничения: в работе [1] доказано, что применение полимерных волокон ограничивает содержание в бетонной смеси крупного заполнителя, т. е. невозможно получить беспесчаные или малопесчаные бетоны, эффективно армированные полимерным волокном. Причем в качестве мелкого заполнителя должен добавляться плотный песок (лучше речной или кварцевый), т. к. введение пористого мелкого заполнителя значительно снижает прочность бетонной матрицы [3–6]. Особенность легких бетонов в том, что пористые заполнители, используемые для их производства, сильно различаются по прочностным характеристикам, поэтому в каждом конкретном случае необходимо делать пробные замесы для подбора состава бетонной смеси.

Процент армирования полимерной фиброй, согласно экспериментальным данным разных исследователей [1, 2, 7–12], не должен быть ниже 0,5 и выше 1,5 % от массы цемента. В случае несоблюдения этих требований применение фибры оказывается неэффективным: большое содержание волокон в бетонной смеси (свыше 2 %) повышает ее вязкость и снижает удобоукладываемость, а ввиду разницы в значении модулей упругости роль армирующих волокон полимерная фибра может выполнять только при небольшом ее содержании.

Кроме того при перемешивании очень сложно добиться равномерного распределения фибровой арматуры в теле бетона, поэтому количество фибр должно быть сравнительно небольшим, и технология перемешивания бетонной смеси должна неукоснительно соблюдаться: сначала перемешиваются сухие компоненты (заполнители и вяжущее), затем порционно добавляется фибра, смесь снова тщательно перемешивается и только после этого затворяется водой [13].

Полимерная фибра может вводиться как дополнительный армирующий элемент при неизменном составе бетонной смеси либо взамен цемента по массе [12]. В ходе исследований планируется экспериментально установить, какой из вариантов может считаться предпочтительным в случае использования белорусских сырьевых материалов.

Испытание пробных серий опытных образцов в виде кубов подтверждает выводы, сделанные на основе аналитического обзора, применительно к керамзитобетону, изготовленному на основе белорусского сырья. Состав бетонной смеси подбирался согласно [14]. Опытные образцы были армированы полипропиленовой фиброй. В результате установлено, что при содержании фибры 0,5 % от массы цемента кубиковая прочность керамзитобетона повысилась примерно на 20 % по сравнению с прочностью контрольных (неармированных) образцов, а при содержании фибры более 2 % прочность оказалась меньше прочности контрольных образцов.

Список литературы

- 1 Рабинович, Ф. Н. Композиты на основе дисперсно-армированных бетонов. Вопросы теории и проектирования, технология, конструкции : [моногр.] / Ф. Н. Рабинович. – М. : ACB, 2004. – 560 с.
- 2 Mechanical Properties of Fiber Reinforced Lightweight Concrete Containing Surfactant / Yoo-Jae Kim [et al.] // *Advances in Civil Engineering* [Electronic resource]. – 2010. – Vol. 2010. – Article ID 549642. – 8 p. – Mode of access : <http://dx.doi.org/10.1155/2010/549642>. – Date of access : 20.06.2018.
- 3 Chandra, S. Lightweight aggregate concrete. Science, Technology, and Applications / Satish Chandra, Leif Berntsson. – Norwich, New York, U.S.A.: Noyes Publications // William Andrew Publishing, 2002. – 407 p.
- 4 Clarke, J. L. Structural Lightweight Aggregate Concrete / John L. Clarke. – Glasgow, UK : Blackie Academic & Professional, an imprint of Chapman & Hall, 2005. – 161 p.
- 5 Development of Light Weight Concrete by using Autoclaved Aerated Concrete / Mr. M. Gunase-karan [et al.] // *IJRST – International Journal for Innovative Research in Science & Technology*. – Vol. 2, is. 11. – 2016. – P. 518–522.
- 6 Зінченко, С. В. Міцність та деформативність конструкцій із цементно-золяного керамзитобетону: дис. ... канд. техн. наук : 05.23.2001 / С. В. Зінченко. – Одеська держ. академія будівництва та архітектури. – Одеса, 2010. – 21 с.

7 **Singh, S. K.** Polypropylene Fiber Reinforced Concrete: An Overview [Electronic resource] / S. K. Singh. – Mode of access : <https://www.nbmccw.com/tech-articles/concrete/26929-pfr.html>. – Date of access : 20.06.2018.

8 **Ramujee, K.** Strength Properties of Polypropylene Fiber Reinforced Concrete / Kolli Ramujee // International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology. – Vol. 2, is. 8. – 2013. – P. 3409–3413.

9 **Anthony Nkem Ede.** Optimal Polypropylene Fiber Content for Improved Compressive and Flexural Strength of Concrete / Anthony Nkem Ede, Abimbola Oluwabambi Ige // Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE). – Vol. 11, is. 3. – Ver. IV. – 2014. – P. 129–135.

10 **Abdulkader Ismail A.** Mechanical Properties of Carbon Fiber Lightweight Aggregate Concrete Containing Acrylic Polymer / Abdulkader Ismail A., Ibrahim Ahmed S., Noor Salah Najim // Anbar Journal for Engineering Sciences. – Vol. 6. – No. 3. – 2013. – P. 358–373.

11 **Pothisiri, T.** Effects of Mixing Sequence of Polypropylene Fibers on Spalling Resistance of Normal Strength Concrete / T. Pothisiri, C. Soklin // Engineering Journal. – Vol. 18. – No. 3. – 2014. – P. 55–64.

12 **Tomas, U.** Influence of Polymer Fiber on Strength of Concrete / U. Tomas, Jr. Ganiron // International Journal of Advanced Science and Technology. – 2013. – Vol. 55. – P. 53–66.

13 **Емельянова, И. А.** Моделирование процесса перемешивания бетонной смеси с полипропиленовой фиброй / И. А. Емельянова, В. И. Шевченко // Технологии бетонов : информационный научно-технический журнал. – М., 2014. – № 3 (92). – С. 36–38.

14 Рекомендации по подбору составов, изготовлению и применению модифицированных химическими и минеральными добавками конструкционно-теплоизоляционного и конструкционного керамзитобетонов / РУП «Институт БелНИИС». – Минск, 2013. – 38 с.

УДК 625.08

ПОВЫШЕНИЕ УПЛОТНЯЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ И КАЧЕСТВА УКЛАДЫВАЕМОГО СЛОЯ АСФАЛЬТОУКЛАДЧИКА

С. Б. ПАРТНОВ, Ю. Н. ЛЕБЕДЕВА

Белорусско-Российский университет, г. Могилёв, Республика Беларусь

Укладка асфальтобетонной смеси осуществляется асфальтоукладчиком, который обеспечивает укладку, профилирование и предварительное уплотнение слоя асфальтобетонной смеси, а дорожные катки – окончательное уплотнение покрытия.

Асфальтоукладчик является сложной машиной как с конструкторской точки зрения, так и с технологической. Эти машины в процессе работ осуществляют одновременно несколько технологических операций:

- профилировку слоя асфальтобетонной смеси заданной толщины с требуемым поперечным уклоном и в соответствии с проектными требованиями;
- предварительное уплотнение укладываемого слоя асфальтобетонной смеси;
- выравнивание поверхности укладываемого покрытия.

Многообразие технологических операций, осуществляемых асфальтоукладчиком, обуславливается сложностью конструкции машины в целом и ее рабочих органов в частности.

Современные асфальтоукладчики оборудуются системами автоматического регулирования толщины укладываемого слоя и поперечного уклона покрытия, а также устройствами для измерения ширины полосы укладки.

Эффект уплотнения дорожно-строительных материалов, и в том числе асфальтобетонных смесей, определяется достижением не только необходимой плотности покрытия, но и наиболее устойчивой и плотной его структуры. Такая структура уплотняемого асфальтобетонного покрытия окончательно формируется под воздействием повторяющихся нагрузок, величина которых должна иметь оптимальное значение на протяжении всего процесса уплотнения. Однако предел прочности материала в процессе уплотнения непрерывно повышается, и, следовательно, требуется соответствующее повышение действующей уплотняющей нагрузки. При уплотнении асфальтобетонных смесей повышение предела прочности является следствием снижения их температуры смеси при укладке, повышения плотности и упрочнения при уплотнении.

В начальной фазе укладки, когда асфальтобетонная смесь еще горячая и не очень плотная, динамические силовые воздействия вальцов катка, как правило, оказываются излишне чрезмерными и могут сопровождаться не столько уплотнением, сколько разрушением поверхностной зоны слоя, поэтому повышение уплотняющей способности асфальтоукладчика является задачей весьма актуальной.

Традиционная схема строительства асфальтобетонных покрытий предусматривает работу асфальтоукладчика и как минимум трёх катков (лёгкого, среднего, тяжёлого). Поэтому повышение уплотняющей способности асфальтоукладчика за счёт изменения конструкции трамбуемого бруса позволит исключить из технологической схемы строительства дорожных покрытий лёгкий каток.

В современных серийных асфальтоукладчиках трамбуемый брус за счёт многократного вертикального воздействия на уплотняемый материал обеспечивает уплотнение, а выглаживающая плита – получение ровной поверхности уплотняемого слоя асфальтобетонной смеси. Однако воздействие только вертикальных нагрузок на слой уплотняемого материала не обеспечивает достижения нормируемых значений плотности асфальтобетонного покрытия.

Коэффициент уплотнения слоя асфальтобетонной смеси после воздействия на неё трамбуемого бруса и выглаживающей плиты обычно находится в пределах 0,9–0,92. Низкие значения коэффициента уплотнения отрицательно сказываются на прочности и долговечности асфальтобетонного покрытия, ввиду чего требуется дополнительное уплотнение слоя асфальтобетонной смеси укаткой катками большей массы. Кроме того работа уплотняющих органов известных конструкций асфальтоукладчиков сопровождается большими динамическими нагрузками из-за несовершенства используемых схем и конструкций привода рабочих органов. В связи с этим их практическое использование ограничено (особенно трамбуемого бруса), а конструктивная надёжность недостаточно высока.

В докладе предлагается конструкция асфальтоукладчика, в котором рабочий орган, включающий раму с шарнирной связью и винтовым регулятором для соединения с тяговыми брусками асфальтоукладчика, имеет шарнирно присоединённую к раме двухсекционную уплотняющую плиту с генератором колебаний в передней её части и упругой подвеской в задней части. Каждая секция уплотняющей плиты выполнена в виде цилиндра по его длине. Шарнирное соединение уплотняющей плиты и рамы требуемого бруса расположено в средней части плиты, между генератором колебаний и упругой подвеской, выполненной в виде горизонтальной рессоры. При этом длина задней секции уплотняющей плиты превышает длину передней, а место их соединения расположено у шарнира соединения плиты с рамой. Генератор колебаний обеспечивает изменение частоты и амплитуды колебаний, а также может перемещаться вдоль плиты. Изменяя частоту вращения генератора, регулируют частоту колебаний плиты, а выбором длины и формы сферических участков трамбуемого бруса обеспечивают необходимую амплитуду колебаний. Подбором соотношений длин секций трамбуемого бруса можно обеспечить уплотнение асфальтобетонной смеси передней частью плиты в виброударном, а задней – в вибрационных режимах. По мере уплотнения слоя площадь контакта выпуклых поверхностей со слоем асфальтобетонной смеси стремится к линии, что увеличивает удельное давление под рабочим органом, а значит и увеличивает степень уплотнения слоя. Такой рабочий орган также обеспечивает повышение эффективности уплотнения за счёт одновременного использования различных амплитуд колебаний разных секций трамбуемого бруса. Кроме того, снижается энергоёмкость процесса за счёт уплотнения двумя поверхностями от одного генератора, а подбор рационального соотношения частоты и амплитуды секций может увеличить производительность и эффективность работы асфальтоукладчика. Такая конструкция уплотняющего рабочего органа реализует более сложный по сравнению с трамбуемым брусом вид нагружения. Благодаря криволинейной поверхности воздействие на частицы уплотняемого материала осуществляется не только в вертикальном направлении, но и с небольшим продольным смещением. В результате формируется более компактная структура слоя асфальтобетона. Это позволяет достичь коэффициента уплотнения 0,94–0,96.

Таким образом, предлагаемый уплотнительный рабочий орган асфальтоукладчика принципиально отличается от известных конструкций тем, что реализует сложный вид нагружения уплотняемого слоя материала, сочетая вертикальное силовое воздействие на слой асфальтобетонной смеси со знакопеременным горизонтальным воздействием на уплотняемый, что обеспечивает получение компактной, высокопрочной, сдвигоустойчивой структуры асфальтобетона при минимальном использовании дополнительных средств уплотнения, а именно дорожных катков.

Список литературы

1 ГОСТ 33475–2015 Дороги автомобильные общего пользования. Геометрические элементы. Технические требования. – Введен 2016–09–08. – М. : Стандартинформ, 2016.

КЛАССИФИКАЦИЯ ЗАЩИТНЫХ ОБРАБОТОК, ПОЗВОЛЯЮЩИХ ПОВЫСИТЬ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ АСФАЛЬТОБЕТОННОГО ПОКРЫТИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

В. В. ПЕТРУСЕВИЧ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Износ дорожных покрытий является серьезной проблемой во всех странах в связи с тем, что покрытие может снизить свои транспортно-эксплуатационные параметры и перестать отвечать нормативным требованиям, например по прочности дорожной одежды. Износу дорожных покрытий уделялось и уделяется огромное внимание как в Республике Беларусь, так и за рубежом, что подтверждено в различных работах [1–6]. Изучение деформаций и разрушений дорожной одежды позволяют установить основные факторы, способствующие развитию данных процессов, основными из которых являются: воздействие погодно-климатических условий, транспортные нагрузки и грунтово-гидрологические факторы [7].

В докладе рассмотрена классификация защитных обработок, позволяющих повысить технико-экономические показатели асфальтобетонного покрытия.

По воздействию на асфальтобетонное покрытие существуют различные варианты защитных обработок, позволяющих повысить его технико-экономические показатели (рисунок 1).

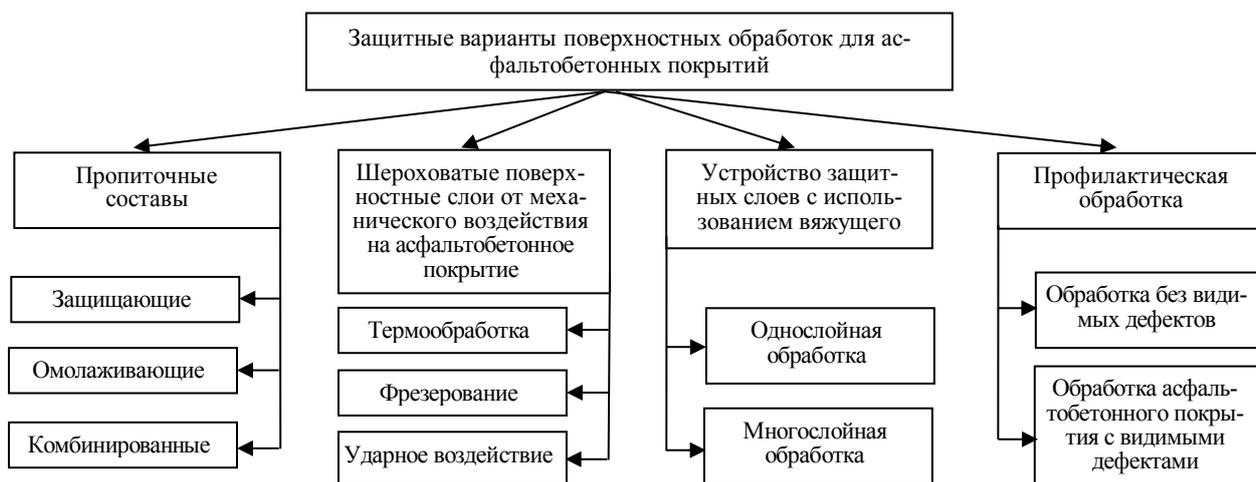


Рисунок 1 – Классификация защитных вариантов поверхностных обработок для асфальтобетонных покрытий

Пропиточные составы предназначены для нанесения на поверхность асфальтобетонного покрытия [8].

По воздействию на асфальтобетонное покрытие профилактические композиции можно разделить:

- на защищающие (дорожные композиции, предназначенные для защиты поверхности асфальтобетонного покрытия от внешних негативных воздействий);
- омолаживающие (дорожные композиции, предназначенные для изменения свойств битумов в асфальтобетонном покрытии);
- комбинированные (объединяет положительные воздействия на асфальтобетонное покрытие защищающих и омолаживающих композиций).

По составу профилактические композиции можно разделить на различные типы (рисунок 2).

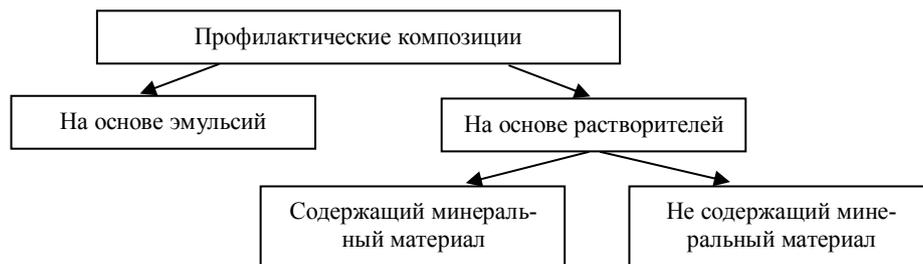


Рисунок 2 – Классификация профилактических композиций по составу

Продолжительность положительного воздействия профилактических обработок зависит от глубины проникновения, интенсивности движения и нагрузки от транспортных средств и может быть определена по методике, которая заключается в определении времени истирания слоя асфальтобетона, в который после нанесения проник профилактический состав.

Таким образом, на основании анализа условий эксплуатации покрытия, а также комплексной технико-экономической оценки применяемого варианта защитной обработки возможно принятие своевременного решения по проведению защитных профилактических работ, позволяющих замедлить дальнейшее разрушение и износ покрытия автомобильной дороги.

Список литературы

- 1 **Mukhtar, M.** Interlayer Stress Absorbing Composite (ISAC) for Mitigating Reflection Cracking in Asphalt Concrete Overlays, Project IHR-533, Report No. UILU-ENG-96-2006 : Illinois Cooperative Highway Research Program / M. Mukhtar, B. Dempsey ; Illinois Department of Transportation. – 1996.
- 2 **Johnson, T. C.** Di Millio Frost Action Predictive Techniques and Overview of Research Result / T. C. Johnson, R. L. Berg // Transp. Res. Rec. – 1996. – No. 1089. – P. 147–161.
- 3 Реконструкция автомобильных дорог / А. П. Васильев [и др.]. – М., 1998. – 125 с.
- 4 Продление эксплуатационного ресурса покрытий автомобильных дорог и аэродромов / А. П. Виноградов [и др.] ; «Ирмаст-Холдинг». – М., 2001. – 170 с.
5. Новая технология ремонта цементобетонных покрытий / В.Н. Яромко [и др.]. – Минск, 1999. – 76 с.
- 6 **Лещицкая, Т. П.** Современные методы ремонта аэродромных покрытий / Т. П. Лещицкая, В. А. Попов ; МАДИ. – М., 1999. – 129 с.
- 7 Содержание и ремонт автомобильных дорог: пособие начальнику линейной дорожной дистанции и дорожному мастеру по ремонту и содержанию автомобильных дорог / С. Е. Кравченко [и др.]. – Минск : БНТУ, 2013. – 239 с.
- 8 ОДМ 218.3.073–2016 Рекомендации по применению пропиточных составов для повышения долговечности асфальтобетонных покрытий – Введ. 2016–08–30 распоряжением Росавтодора № 1735р. – М. : Росавтодор, 2016. – 52 с.
- 9 **Бочкарев Д. И.** Оценка влияния эксплуатационных характеристик асфальтобетонных покрытий на безопасность дорожного движения / Д. И. Бочкарев, В. В. Петрусевич // Чрезвычайные ситуации: образование и наука. – 2015. – № 1(10). – С. 40–45.
- 10 СТБ 1115–2004 Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Методы испытаний – Введ. 2004–05–06. – Минск : Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2004. – 35 с.
- 11 СТБ 1033–2004 Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Технические условия – Введ. 2007–07–01. – Минск : Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2011. – 19 с.

УДК 625:171:1

ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РЕЛЬСОВОЙ КОЛЕИ НА ПУТЯХ НЕОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ

В. В. РОМАНЕНКО, Ю. А. БОНДАРЕНКО, А. А. КУКСО
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

А. Н. ПОЛОЗОВ
Борисовская дистанция пути Белорусской железной дороги

Оценка состояния рельсовой колеи по основным геометрическим параметрам на Белорусской железной дороге производится согласно требованиям Правил технической эксплуатации железной дороги в Республике Беларусь от 1 июля 2016 года и СТБ 09150.56.010–2005 «Текущее содержание железнодорожного пути. Технические требования и организация работ».

В ПТЭ регламентированы параметры содержания рельсовой колеи по ширине как для путей общего, так и для путей необщего пользования. Номинальный размер ширины колеи между внутренними гранями головок рельсов на прямых участках и в кривых радиусом 350 м и более – 1520 мм. Ширина колеи на более крутых кривых должна быть: при радиусе от 349 до 300 м – 1530 мм; при радиусе от 299 м и менее – 1535 мм. Величины отклонений от номинальных размеров ширины колеи, не требующие устранения на прямых и кривых участках железнодорожного пути, не должны превышать по сужению –4 мм, по уширению +8 мм. Ширина колеи менее 1512 мм и более 1548 мм не допускается.

Согласно СТП 09150.56.010–2005 «Текущее содержание железнодорожного пути. Технические требования и организация работ» нормируется положение пути в плане, которое оценивается в зависимости от установленных скоростей движения поездов по разности смежных стрел изгиба рельсовых нитей, измеряемых от середины хорды длиной 20 м. Допуски на устройство рельсовой колеи (разность смежных стрел от середины хорды длиной 20 м) при текущем содержании пути в плане в прямых и кривых, а в переходных кривых – от равномерного роста стрел, не должны превышать: при скоростях 81–140/71–90 км/ч – 10 мм; 61–80/61–70 км/ч – 15 мм; 41–60 км/ч – 20 мм; 16–40 км/ч – 25 мм; 15 км/ч – 30 мм (в числителе – скорость пассажирских, в знаменателе – грузовых поездов).

Согласно тому же СТП верх головок рельсов обеих нитей на прямых участках должен быть в одном уровне. Разрешается на прямых участках содержать одну рельсовую нить на 6 мм выше другой, при этом длина такого прямого участка не должна быть менее 200 м, за исключением прямых участков, расположенных между смежными кривыми одного направления, на которых возвышение одной нити над другой может быть и при длине прямой менее 200 м.

Конструкция верхнего строения пути, а именно рельсы и стрелочные переводы на железнодорожных путях по мощности и состоянию должны соответствовать условиям эксплуатации (грузонапряженности, осевым нагрузкам и скоростям движения поездов).

Железнодорожные пути необщего пользования, как правило, имеют скорости движения поездов порядка 5–10 км/ч, чем обуславливается порядком содержание верхнего строения пути в целом и рельсовой колеи в частности. Обращение локомотивов с невысокими скоростями позволяет проектировать путь с наличием кривых малых радиусов, которые на путях общего пользования недопустимы. Кроме того, такие кривые могут быть устроены без переходных кривых, что в некоторых случаях негативно отражается на состоянии рельсовой колеи в плане и по уровню.

На путях необщего пользования верхнее строение допускает любые типы конструкции и сочетаний элементов, в том числе и старогондые различных групп годности, в то время как для путей общего пользования, особенно где реализуется движение поездов с высокими скоростями, конструкция верхнего строения путей четко прописана в Приказе 450Н. Эксплуатация путей общего пользования предполагает наличие кривых больших радиусов или ограничение скорости движения поездов при малых радиусах, что также регламентируется руководящими документами.

Однако несмотря на значительные расхождения в условиях эксплуатации между путями общего и необщего пользования, указанные выше руководящие документы не дают четкого разграничения по требованиям к их содержанию по основным геометрическим параметрам рельсовой колеи, что может оказаться серьезной проблемой при выборе порядка ее содержания. Также нет требований к соответствию конструкции и параметров рельсовой колеи.

Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод о том, что на путях необщего пользования допускается наличие кривых малых радиусов, укладка рельсов различных типов, железобетонных и деревянных шпал с любым типом скрепления и т. п., но в то же время на практике это может вызвать ряд проблем, в том числе и дополнительных материальных расходов на содержание рельсовой колеи и подвижного состава, которые не происходят при эксплуатации путей общего пользования.

В рамках исследования данной проблемы комиссией УО «БелГУТ» было проведено обследование пути необщего пользования, принадлежащего ИООО «Кроноспан ОСБ» и ООО «Кронохем», которые предназначены для грузовой работы и пропуска тепловоза ТГМ4Б № 1019, принадлежащего ИООО «Кроноспан ОСБ», а также локомотивов, арендованных у Белорусской железной дороги.

Поводом для обращения для проведения обследования пути послужил тот факт, что на колесных парах локомотивов наблюдается интенсивная наработка износа, которая за короткое время уже привела к необходимости дважды проведения «обточки» гребней колес, а дальнейшая их эксплуатация потребует их замены. Очевидно, что «обточка» колесных пар и расходы, связанные с ее проведением, имеют высокую стоимость и сокращают доходы предприятия.

Кроме выхода из эксплуатации колесных пар на рабочих гранях рельсов имеются следы неравномерного бокового износа и «стружки» металла, которая срезается гребнем колеса. Подобные дефекты наблюдаются в нескольких местах, что свидетельствует о нарушении нормальной работы системы «колесо – рельс». Наибольшие дефекты рельсов зафиксированы на одной из кривой – S-образной кривой без прямой вставки, радиус обеих кривых 200 м (рисунок 1).

Согласно ПТЭ, при радиусе кривой 200 м ширина колеи составляет 1535 мм, с учетом допускаемых отклонений допускаемая ширина должна находиться в пределах от 1531 до 1543 мм. Как видно из рисунка, ни одно из измеренных показаний не находится в этом пределе. Максимальная фактическая ширина колеи составляет 1524 мм, что ниже минимально допускаемой на 7 мм. Это обстоятельство с большой долей вероятности и может привести к повышенному износу рельсов и гребней колес. Исходя из фактического анализа, можно установить, что ширина колеи данной кривой содержится по норме не 1535, а 1520 мм, в то же время наличие в кривой железобетонных шпал не дает возможности устроить отвод ширины колеи с 1520 на 1535 мм.

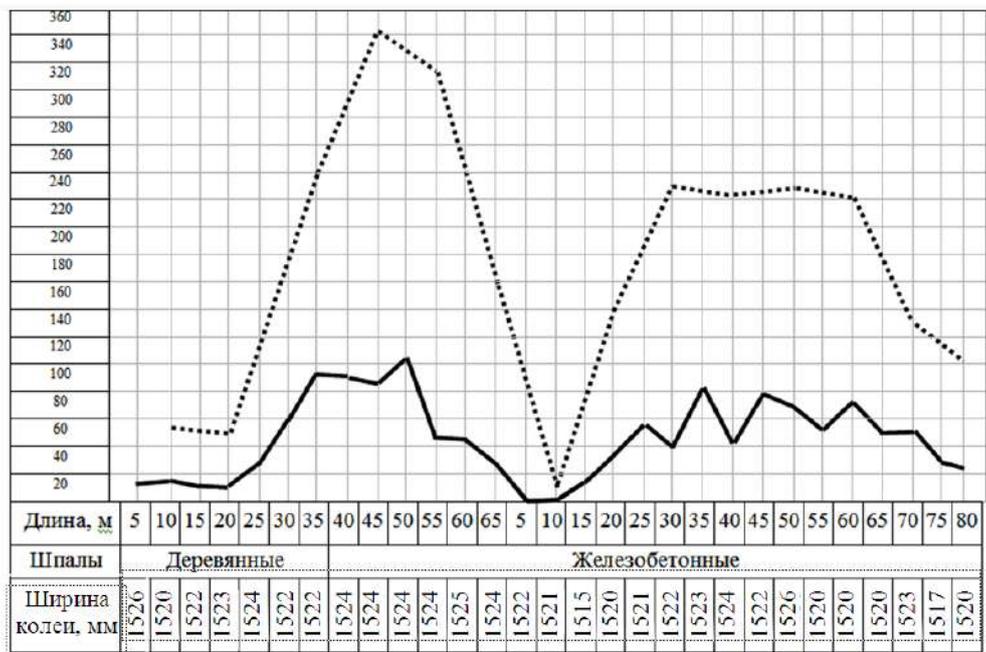


Рисунок 1 – Натурные данные съемки S-образной кривой:

- график стрел изгиба, измеренных в точках через 5,0 м от середины хорды 10,0 м;
- – график стрел изгиба, измеренных в точках через 10,0 м от середины хорды 20,0 м

Ширина колеи ниже минимальной приводит к отсутствию зазоров между гребнями колес и рабочими гранями рельсов, что увеличивает силу трения между гребнем колеса и рельсом. Таким образом, состояние пути с одной стороны соответствует требованиям к верхнему строению пути, но не может обеспечить требования к содержанию основных параметров рельсовой колеи. В качестве вывода можно определить, что существующая система требует доработки в плане более четкого разграничения требований к содержанию пути на путях общего и необщего пользования, которое в дальнейшем позволит предъявлять более четкие требования к конструкции пути и избежать дополнительных расходов, которые приводят к возникновению дефектов в рельсах и гребнях колес.

УДК 625.8

ВОЗДЕЙСТВИЕ ПОПЕРЕЧНЫХ СИЛ ОТ ЛОКОМОТИВА НА ПУТИ ИЦ ЖТ «СЕКО»

В. В. РОМАНЕНКО, Н. Ю. ГУБЕНСКИЙ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

М. С. СНЕЖКОВА

Гомельская дистанция пути Белорусской железной дороги

Для обеспечения растущих потребностей производителей железнодорожной техники в качественных независимых испытаниях продукции создаются испытательные центры железнодорожного транспорта.

В зависимости от поставленных задач, а также от возможности проведения работ в пределах имеющейся области аккредитации на уровне входного контроля испытательными центрами проводятся экспериментальные исследования на соответствие требованиям нормативных документов и сертификационные испытания при постановке на производство новых изделий, при капитальном ремонте с продлением срока службы (КРП), модернизации вагонов, бывших в эксплуатации. Одним из таких центров является испытательный центр железнодорожного транспорта «СЕКО» БелГУТа.

Существующий испытательный центр позволяет произвести комплекс испытаний при выполнении сертификации новой продукции Могилевского и Осиповичского вагоностроительных заводов по грузовому подвижному составу, Гомельского вагоностроительного завода и Минского вагоно-ремонтного завода для пассажирского подвижного состава, а также подвижного состава зарубежных производителей. При создании конструкции вагона наряду с теоретическими расчетными исследованиями предусмотрены и обязательные – экспериментальные, которые, как правило, являются завершающим этапом проектирования и постройки вагона или модернизации существующих конструкций.

Наличие развитой инфраструктуры центра испытаний и сертификации продукции железнодорожного транспорта в Беларуси позволит значительно сократить расходы предприятий на проведение ряда испытаний и привлечь вагоностроительные заводы стран СНГ для участия в испытаниях своей продукции, расширить и углубить тематику научно-исследовательских работ, связанных с вагоностроением, создать новые рабочие места, повысить качество выпускаемой продукции вагоностроительных заводов, а также уровень образования и подготовки квалифицированных инженерных кадров.

В соответствии с требованиями вагоны должны подвергаться испытаниям по целому ряду позиций, связанных с прохождением различных сочетаний кривых и прямых в горизонтальной плоскости, уклонов с различными скоростями и тормозными режимами в порожнем и груженом состояниях. Поэтому развитие инфраструктуры испытательного центра «СЕКО» позволит производить испытания в полном объеме.

Чаще всего при проведении испытаний подвижного состава увеличиваются влияние поперечных сил под локомотивом. Когда экипаж движется в прямых участках пути, горизонтальные поперечные (боковые) силы возникают в основном из-за виляния, т. е. из-за неровностей рельсовой нити и отхода от нее. Боковая сила равна нажатию гребня на рельс (передача так называемого рамного усилия) плюс (или минус – в зависимости от направления) сила трения скольжения между колесом и рельсом.

Боковая сила, действующая от колес на рельсы, зависит от многих характеристик пути и подвижного состава. Она растёт, если увеличиваются скорость, вес тележки, нагрузка от колесной пары на рельсы, боковая жесткость рельсовых нитей, начальный зазор между гребнем колеса и рельсом, коэффициент трения колеса о рельс.

При движении локомотивов в кривых участках пути горизонтальные поперечные силы значительно возрастают.

Помимо рамного усилия, в кривых возникают еще направляющие усилия и центробежные силы. Направляющие усилия действуют, как правило, от первой оси тележки, так как колесо, вступая в кривую, стремится продолжить прямолинейное движение, но рельс, уложенный по кривой, заставляет колесо повернуть. При этом возникают направляющие усилия, действующие как на рельс, так и на колесо. При движении экипажа по кривой возникают центробежные и центростремительные ускорения и соответствующие им силы. Если возвышение наружного рельса рассчитано и сделано совершенно точно, то сумма этих сил равна нулю.

Фактически поезда движутся с разной скоростью и поэтому для части поездов всегда есть так называемые непогашенные горизонтальные ускорения, которые представляют собой разность центробежных и центростремительных ускорений. Для большинства видов подвижного состава по предложению О. П. Ершкова построены графики-паспорта, по которым можно в зависимости от величины непогашенного ускорения найти направляющие усилия, боковую силу и рамное усилие (рисунок. 1).

Таким образом, при оценке влияния следования локомотива по кривой малого радиуса при выбранных скоростях и возвышениях наружного рельса, а именно скорости следования локомотива – 20, 40, 60 км/ч и возвышениях наружного рельса – 0, 50, 100 и 150 мм, установлено, что условие

поперечной устойчивости пути против поперечного сдвига выполняется под тепловозом ТЭП60 при скоростях движения 20 и 40 км/ч и возвышениях наружного рельса 0, 50, 100 и 150 мм. В ходе проверки соблюдения условия установлено, что данное требование не выполняется для тепловоза ТЭП60 при скорости следования 60 км/ч и возвышении наружного рельса 0 мм.

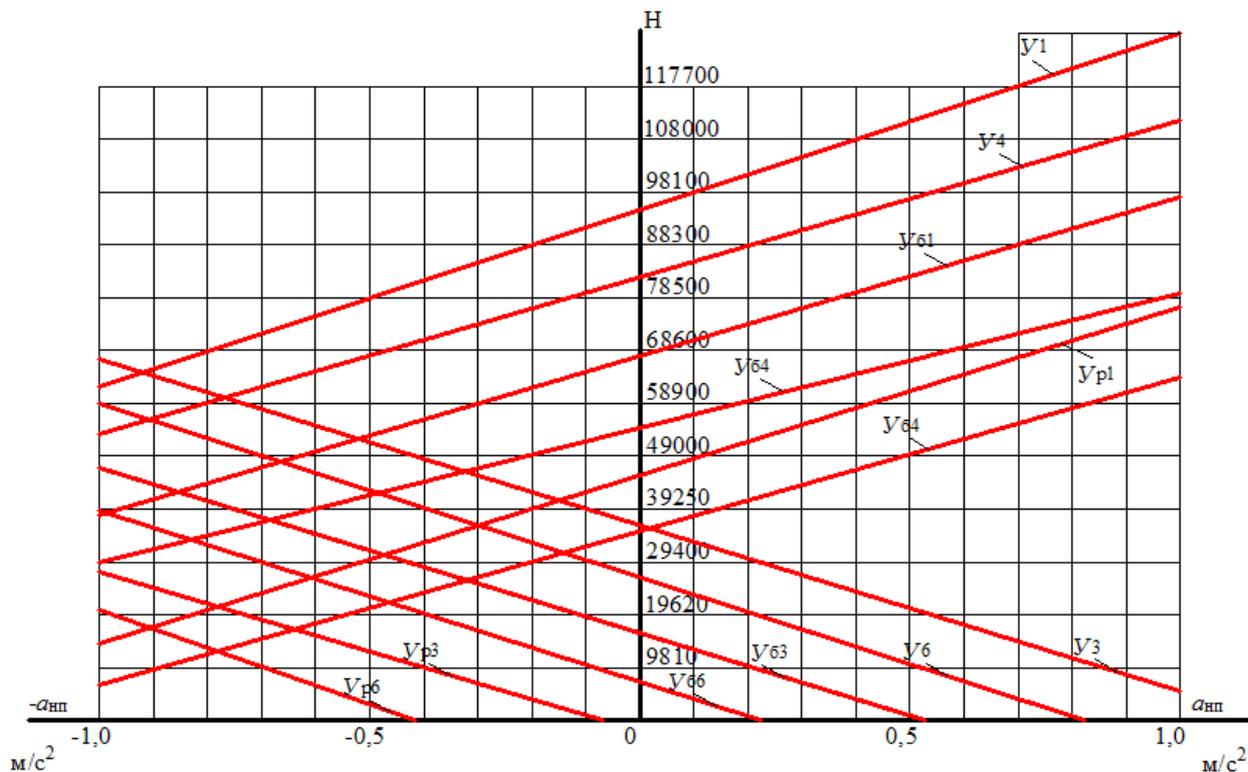


Рисунок 1 – График – паспорт бокового воздействия на путь тепловоза ТЭП 60 при движении по кривой $R = 350$ м

Таким образом, движение подвижного состава по кривой малого радиуса со скоростью 60 км/ч и возвышении наружного рельса 0 мм приведет к выбросу пути под подвижным составом.

Для избежания такого случая необходимо:

- ограничивать скорость следования поезда по данной кривой;
- улучшить содержание пути в плане и уровне;
- регулировать высоты возвышения наружного рельса.

УДК 625.173.4

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ КРИВЫХ УЧАСТКОВ ПУТИ

В. В. РОМАНЕНКО, А. А. КУКСО, Ю. А. БОНДАРЕНКО
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

А. Н. ПОЛОЗОВ

Борисовская дистанция пути Белорусской железной дороги

В связи с ростом скоростей движения поездов приобретает особую важность принятие допусковых величин непогашенного горизонтального ускорения $a_{н}$, так как соблюдение именно этого параметра обеспечивает комфортабельную езду. На сегодняшний день допускаяемая величина непогашенного ускорения принята как осредненная норма $a_{доп} = 0,7 \text{ м/с}^2$.

Одним из важнейших направлений транспортной политики на железнодорожном транспорте в большинстве стран, в том числе и в Республике Беларусь, является внедрение высоких технологий, которые обеспечивают повышение скоростей движения поездов. Так, например, в пределах Жлобинской дистанции пути на направлении Гомель – Минск была проведена электрификация, после

которой был введен в обращение электропоезд ЭП^Г (Stadler), для которого возможно развитие скорости выше установленной на сегодняшний день для пассажирских поездов 120 км/ч.

На этом участке был проведен восстановительный ремонт пути, при котором уложена рельсошпальная решетка, произведена глубокая очистка щебня и сплошная выправка пути машинами. Оценка состояния рельсовой колеи по показаниям КВЛ не выявила на рассматриваемом участке пути отклонения по содержанию пути II и выше степени, что указывает на надлежащее содержание рельсовой колеи. Однако кроме основных показателей рельсовой колеи, КВЛ определяет величину непогашенного ускорения и регистрирует ее в «карточках кривых». Результаты анализа этих карточек показывают, что при прочих параметрах рельсовой колеи, находящихся в пределах допускаемых значений, величина непогашенного ускорения в пределах переходных кривых превышает 0,7 м/с².

Для исследования причин появления непогашенного ускорения выше нормы была разработана методика, предусматривающая:

- 1) определение величины непогашенного ускорения при условии совпадения длин переходной кривой и отвода возвышения наружного рельса;
- 2) определение величины непогашенного ускорения при условии увеличения возвышения наружного рельса;
- 3) определение скорости изменения непогашенного ускорения при увеличении возвышения наружного рельса;
- 4) определение максимально возможного возвышения наружного рельса при установленных скорости движения пассажирских поездов и длины переходной кривой;
- 5) проверка расчетных данных на соответствие с установленными на Белорусской железной дороге параметрами;
- 6) принятие решения о возможности увеличения величины возвышения наружного рельса;
- 7) определение величины непогашенного ускорения при условии изменения длины переходной кривой в большую сторону с одновременным увеличением возвышения наружного рельса;
- 8) принятие решения о возможности увеличения величины возвышения наружного рельса за счет изменения длины переходной кривой;
- 9) определение величины непогашенного ускорения при возможном повышении скоростей движения пассажирских поездов.

Для проведения исследования причины превышения непогашенного ускорения сверх допускаемого значения, принимаем, что ввиду отсутствия ограничения скорости по результатам диагностики, данная кривая в плане содержится согласно требованиям. При этом разница стрел изгиба не превышает допускаемой величины, что подтверждается показаниями КВЛ при проверке 11.01.2017 г. Уровень (возвышения наружного рельса) также не имеет отклонений от допускаемых значений в пределах всей кривой, однако отводы возвышения от 0 мм на прямом участке до среднего возвышения на круговой кривой 61 мм не соответствует положению переходных кривых в плане.

Кривая расположена на участке Рогачев – Сверково ПК 2574+62,00 – ПК 2577+61,00, длина кривой 229 м, в том числе длина переходной кривой № 1 – 106 м, переходной кривой № 2 – 123 м.

Средний радиус – 686 м, среднее возвышение наружного рельса – 61 мм, скорость пассажирских поездов по кривой – 98 км/ч, грузовых – 90 км/ч, средняя величина непогашенного ускорения – 0,74 м/с².

Проведенные исследования кривой можно разделить на следующие этапы:

1 Определяем величину непогашенного ускорения $a_{нп}$ при условии совпадения длин переходной кривой $l_{пк}$ и отвода возвышения наружного рельса $l_{пкh}$. Принимаем $l_{пк} = l_{пкh} = 102$ м и $h_{ср} = 61$ мм.

Согласно расчетам $a_{нп} = 0,749$ м/с², что больше допускаемого непогашенного ускорения.

2 Так как в первом пункте $a_{нп} > [a_{нп}]$, то определяем величину $a_{нп}$ при увеличении возвышения наружного рельса. Первоначально $h_{ср}$ увеличиваем на 10 %. Увеличение возвышения наружного рельса предполагается без изменения длины переходной кривой.

Принимаем $l_{пк} = l_{пкh} = 102$ м и $h_{ср} = 67$ мм. Согласно расчетам $a_{нп} = 0,713$ м/с², что больше допускаемого непогашенного ускорения.

Так как увеличение $h_{ср}$ на 6 мм недостаточно для уменьшения $a_{нп}$ на необходимую величину, определяем величину $a_{нп}$ при увеличении возвышения наружного рельса. Первоначально $h_{ср}$ увеличиваем на 20 %. Увеличение возвышения наружного рельса предполагается без изменения длины переходной кривой.

Принимаем $l_{пк} = l_{пкh} = 102$ м и $h_{ср} = 73$ мм. Согласно расчетам $a_{нп} = 0,676$ м/с², что меньше допустимого непогашенного ускорения.

Так как непогашенное ускорение меньше допустимого значения дальнейшие расчеты не производим.

3 Определяем скорость изменения непогашенного ускорения Ψ при увеличении $h_{ср}$ на 20 %.

Принимаем $l_{пк} = l_{пкh} = 102$ м и $h_{ср} = 73$ мм. Согласно расчетам $\Psi = 0,283$ м/с³, что меньше допустимого значения $[\Psi] = 0,6$ м/с².

4 Так как возвышение наружного рельса 73 мм вызывает непогашенное ускорение менее 0,7 м/с², то определяем максимально возможное возвышение h' .

Принимаем $l_{пк} = l_{пкh} = 102$ м и $a_{нп} = 0,7$ м/с². Согласно расчетам $h' = 69$ мм.

5 Так как величина возвышения наружного рельса ограничивается требованиями по обеспечению его отвода в пределах переходной кривой, максимально возможным возвышением, принятым для Белорусской железной дороги, 150 мм, проверяем эти параметры:

– возвышение наружного рельса $h' = 69$ мм меньше 150 мм, что позволяет сделать вывод о возможности его устройства;

– отвод возвышения наружного рельса в пределах переходной кривой для скорости до 140 км/ч должен обеспечиваться не круче чем 1 мм на 1 м пути. Таким образом, для отвода $h' = 69$ мм минимальная длина переходной кривой должна быть 69 м. Фактическая длина переходной кривой 102 м, что позволяет сделать вывод о возможности устройства $h' = 69$ мм.

6 Учитывая вышеизложенное, $h' = 69$ мм обеспечивает требование крутизны отвода и максимального значения возвышения наружного рельса, однако для принятия окончательного решения необходимо выполнить расчет, подтверждающий возможность устройства $h' = 69$ мм исходя из других условий, например средневзвешенной квадратичной скорости.

7 Определяем величину непогашенного ускорения $a_{нп}$ при условии увеличения длины переходной кривой $l_{пк}$ на 10 м в сторону прямого участка пути с одновременным увеличением $h_{ср}$ на 10 %.

Принимаем $l_{пк} = l_{пкh} = 112$ м и $h_{ср} = 67$ мм.

Согласно расчетам $a_{нп} = 0,713$ м/с², что больше допустимого непогашенного ускорения.

8 Так как $a_{нп} > [a_{нп}]$, то исследование дальнейшего увеличения длины переходной кривой не имеет смысла.

9 Определяем величину непогашенного ускорения $a_{нп}$, при условии увеличения скорости v до 110 км/ч.

Принимаем $v = 110$ км/ч, $l_{пк} = l_{пкh} = 102$ м.

Согласно расчетам, при $a_{нп}$, максимально близкому к допустимому, возвышение наружного рельса h'' должно быть не менее 108 мм. Такое возвышение наружного рельса обеспечивает $a_{нп} = 0,698$ м/с².

Исходя из условия обеспечения крутизны отвода минимальная длина переходной кривой должна быть 108 м, что ведет к удлинению существующей длины на 6,0 м. Такое решение может быть принято только после исследования земляного полотна на предмет возможности сдвижки оси пути с сохранением ширины обочины и другие параметры.

УДК 625.173.4

ПРОДЛЕНИЕ СРОКА СЛУЖБЫ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ ВЕРХНЕГО СТРОЕНИЯ ПУТИ И СТРЕЛОЧНЫХ ПЕРЕВОДОВ

В. В. РОМАНЕНКО, И. Г. МАРКЕВИЧ, А. А. КУКСО

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

А. Н. ПОЛОЗОВ

Борисовская дистанция пути Белорусской железной дороги

Основные элементы верхнего строения пути – рельсы, острия и крестовины стрелочных переводов в процессе эксплуатации испытывают значительные нагрузки, под действием которых появляются их изнашивания и локальные повреждения по поверхности катания. В результате эксплуатационных повреждений ежегодно в одиночном порядке заменяют десятки тысяч рельсов

в звеньевом пути и вырезают участки рельсов бесстыкового пути, поврежденных выкрашиваниями на концах, пробуксовками и другими дефектами. Это приводит к значительным потерям пропускной способности участков дорог, потерям металла, увеличению эксплуатационных расходов.

Объемы поставок новых высокомарганцовистых крестовин стрелочных переводов заводами изготовителями не обеспечивают потребности железнодорожного транспорта, поэтому продление срока службы крестовины до капитального ремонта всего стрелочного перевода также является актуальной задачей.

Таким образом, проведение наплавочных работ по восстановлению поверхности катания – это одно из основных направлений в продлении срока службы металлических элементов верхнего строения пути и стрелочных переводов.

До недавнего времени основным способом наплавки крестовин являлась ручная дуговая наплавка штучными электродами марки ЦНИИН 04 мм. Эти электроды на сегодняшний день морально устарели по сварочно-технологическим и механическим свойствам наплавленного металла. Как свидетельствует мировой опыт развития сварочных технологий наиболее приемлемым способом повышения производительности и качества наплавленных работ является применение механизированных способов наплавки с использованием самозащитных порошковых проволок. Механизация наплавочных работ позволяет на 30–50 % увеличить производительность ремонта крестовин, повысить качество наплавленного металла, получить более точное приближение наплавленной поверхности к ремонтному геометрическому профилю крестовины после наплавки.

Продлить срок службы элементов верхнего строения пути, имеющих местные повреждения (выкрашивания, расслоения, смятие и др.), позволяют технологии ремонта этих дефектов наплавкой. С 2014 года в Борисовской дистанции пути для этих целей широко используется автоматический наплавочный комплекс типа «TRANSLAMATIC» 1252-350 (страна-изготовитель Франция).

Комплекс позволяет автоматической наплавкой устранять местные дефекты и признаки износа на поверхности катания рельсов, рельсовых стыках, изношенных боковых поверхностях рельсов, марганцовистых крестовинах стрелочных переводов. Благодаря хорошей эргономике и малому весу можно легко и быстро устанавливать автомат на рельс или крестовину. Translamic обеспечивает рабочую зону длиной до 1250 мм и шириной до 350 мм, при этом позволяет:

- программировать область, подлежащую наплавке (прямоугольник, треугольник, трапеция);
- регулировать время начала сварки, изменять направление сварки;
- производить продольную или поперечную наплавку;
- наплавлять необходимое количество слоев, в зависимости от износа.

Наплавка представляет собой процесс наращивания поверхности детали слоем металла для увеличения толщины или создания специальных свойств этого слоя, отличающихся от свойств основного металла. Наплавка отличается от сварки небольшим количеством основного металла, участвующего в процессе, которое составляет от 10 до 15 % наплавленного металла.

К восстановлению наплавкой не допускаются крестовины с трещинами, отслоениями, выкрашиванием металла, раковинами, пленами, если после снятия дефектного металла на глубину 2,0 мм сверх допустимого износа указанные дефекты остаются в металле неудаленными. Такая крестовина должна быть заменена.

Для наплавки крестовин стрелочных переводов применяется самозащитная порошковая проволока Translamanga диаметром 1,6 мм. Наплавку производят на постоянном токе обратной полярности. Режим наплавки: ток – 170–190 А, напряжение – 27–28 В, вылет проволоки – 25–30 мм.

При автоматической электродуговой наплавке высокомарганцовистых крестовин стрелочных переводов температура окружающего воздуха должна быть больше чем минус 15⁰С. Наплавка валков на крестовину производится без предварительного подогрева. Температура должна контролироваться перед наплавкой каждого шва. Контроль температуры производится цифровым пирометром или термометром. Обмер крестовин перед наплавкой, в процессе наплавки и после обработки наплавленного слоя производят: острых крестовин – при помощи штангенциркуля путевого, а тупых – накладным шаблоном с уровнем и мерным клином или другими средствами измерения, прошедшими метрологический контроль в соответствии с законодательством Республики Беларусь.

Экономический эффект от реновации крестовин автоматическим наплавочным комплексом можно определить следующим образом:

1 Затраты до внедрения наплавочного комплекса.

Годовые затраты на закупку изношенных крестовин ($C_{кр}$) типа Р65, марки 1/11 определяются как стоимость одной крестовины, умноженную на количество крестовин, вышедших по износу за расчетный период, кроме того, необходимо учесть затраты на замену крестовин (C_3). Изъятые крестовины учитываются как возврат металлолома и определяются произведением веса крестовины на стоимость 1 тонны металлолома (B). Общие затраты составят

$$З_{г.к} = C_{кр} + C_3 - B$$

В течение 2017 года в Борисовской дистанции пути было уложено 57 крестовин, стоимость каждой составляет 10099,00 руб.

С учетом фонда оплаты труда на работы по смене крестовины 39,51 руб. (согласно ТНВ 2012 № 108), стоимости 1 т металлолома 243,52 руб., веса одной крестовины 1,4 т годовые затраты на замену изношенных крестовин

$$З_{г.к} = (10\,099,00 \cdot 57) + (39,51 \cdot 57) - ((243,52 \cdot 1,4) \cdot 57) = 558462,17 \text{ руб.}$$

2 Затраты на реновацию крестовин.

Крестовины, которые имеют износ усювиков и сердечника, не демонтируются для замены на новые, а наплавляются, и срок службы наплавленных крестовин продлевается на 2–3 года. Нормативный срок службы новых крестовин на Борисовской дистанции пути составляет 3 года.

Годовые затраты на реновацию изношенных крестовин ($З_{г.р}$) типа Р65, марки 1/11 определяются количеством крестовин, вышедших по износу за расчетный период, умноженных на стоимость реновации одной крестовины, в расчет которой входят:

- затраты на амортизацию наплавочного комплекса 97,76 руб.;
- материальные затраты на одну крестовину стоимости основного сырья и материалов (проволока порошковая Transiamanga, электроды, диски шлифовальные и т. п.) и вспомогательных материалов составляют 98,16 руб.;
- расходы на оплату труда работников, задействованных в оказании услуги по наплавке крестовины, с учетом фонда оплаты труда составляют 134,16 руб.

В итоге, плановая калькуляция стоимости услуги по наплавке крестовины с учетом расходов и начислений на оплату труда, стоимости материалов и амортизационных отчислений, себестоимости, рентабельности и т. п. составляет 376,50 руб.

Таким образом, годовые затраты на реновацию 57 изношенных крестовин

$$З_{г.р} = 57 \cdot 376,50 = 21460,69 \text{ руб.}$$

3 Экономия от реновации крестовин. Она определяется разностью между годовыми затратами на закупку и реновацию изношенных крестовин:

$$\Xi = 558462,17 - 21460,69 = 537\,001,48 \text{ руб. в год.}$$

Как видно из расчета, применение технологии реновации только крестовин составляет более 500 тыс. рублей в год, вместе с этим в дистанции пути постоянно ведется наплавка рельсов и другие подобные работы, что еще в большей мере увеличивает экономический эффект.

УДК 625.7

ВЫЯВЛЕНИЯ ПРАВОНАРУШЕНИЙ НА ДОРОГЕ С ПОМОЩЬЮ СИСТЕМ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ

Е. А. ТЕРЕХОВ, С. Д. ФРОЛОВ, К. В. РЖЕУТСКИЙ, В. В. КУТУЗОВ
Белорусско-Российский университет, г. Могилев, Республика Беларусь

С увеличением количества транспортных средств, увеличивается рост дорожно-транспортных происшествий. Это приводит к возникновению дорожных заторов, увеличению смертности населения, повреждениям государственного и частного имущества.

Причинами дорожно-транспортных происшествий могут являться:

- человеческий фактор (невнимательность, усталость, состояние здоровья, пребывание в состоянии алкогольного или наркотического опьянения водителя, непристегнутые ремни безопасности,

управление мотоциклом или перевозка на нем пассажиров без мотошлема, либо с незастегнутым мотошлемом, преднамеренное несоблюдение правил дорожного движения и т. д.);

– состояния дорожного покрытия и средств регулирования дорожного движения (выбоины, неровность дороги, ямы и трещины дорожного покрытия, отсутствие или повреждение дорожных знаков и т. д.);

– техническое состояние транспортного средства (не пройденный технический осмотр транспортного средства, загрязнение стекол (нарушение видимости), целостность колес и давление в колесах и т. д.) [1, с. 5].

Все перечисленные причины возникновения дорожно-транспортных происшествий требуют мер по их предотвращению.

Применение систем видеонаблюдения для выявления правонарушений на дороге позволит решить эти вопросы.

В Могилеве, с февраля 2018 года, в тестовом режиме работают камеры видеофиксации нарушений нового поколения. Эти камеры изготовлены в Смоленске и активно применяются на территории России. На данный момент камеры установлены на перекрестке улицы Первомайской с проспектом Мира, а также на мосту по улице Королева.

По словам начальника ГАИ Могилевской области, применяемая в Могилеве система видеофиксации нарушений способна, помимо соблюдения скоростного режима, фиксировать в зависимости от настройки: отсутствие технического осмотра транспортного средства, проезд на красный свет светофора, соблюдение рядности, маневрирования, заезд за стоп-линию, а так же пристегнут ли водитель ремнем безопасности и разговор водителя по телефону.

Помимо выявления нарушений правил дорожного движения, камеры могут также считать регистрационный знак транспортного средства и тем самым определить, находится транспортное средство в розыске или нет. Информация оперативно обрабатывается и передается на пульт управления. Это означает, что помощь оказывается при розыске угнанных автомобилей [2].

По результатам работы камер, с 13 марта 2018 года, было зафиксировано около 1500 фактов проезда перекрестка на красный сигнал светофора.

При успешном прохождении камерами тестового периода, к концу 2018 года планируется установить около десяти камер, а также оборудовать камерами 65 перекрестков областного центра [3].

Камеры системы видеонаблюдения также установлены в Минске и других областных центрах.

Информация с камер попадает в центр автоматизированной фиксации административных правонарушений, где происходит обработка данных. Информацию проверяют вручную за компьютером и направляют ее на сервер ГИБДД. Там сверяют информацию с базой данных и выносят постановление об административном правонарушении. Письмо приходит автовладельцу в течение 10 дней.

Нарушение фиксируется с помощью средств видеозаписи, фото- и киносъемки, которые работают исключительно в автоматическом режиме, а также специальными техническими средствами измерения, имеющими соответствующие сертификаты и прошедшие метрологическую проверку.

Фиксируемые нарушения: превышение скорости, выезд на встречную полосу, выезд на выделенную полосу движения, непристегнутый ремень безопасности.

Практика использования камер фото- и видеофиксации нарушений правил дорожного движения в различных странах разнообразна.

На дорогах Федеративной Республики Германии задействовано множества типов различных систем фиксации нарушений правил движения. Помимо фото- и видеокамер с радаром, есть устройства, вмонтированные в отбойники на обочинах трасс. Такие устройства не поддаются антирадарам, потому что действуют по другим принципам, на основе лазеров. Еще есть фиксаторы, установленные на гражданских автомобилях.

Каждого автомобилиста предупреждают знаки, говорящие о том, что работают камеры. Камеры устанавливаются на всех опасных участках дорог, где зарегистрирована повышенная аварийность. Трафик снижает скорость в этих зонах. По истечению короткого времени водители привыкают, опасный участок дороги становится безопасным.

Также камеры стали неплохим подспорьем к бюджету. Ежегодно за превышение скорости получают штраф около трех миллионов водителей, что приносит сотни миллионов евро. В Германии установлено почти четыре тысячи стационарных радаров. Плюс к этому арсенал мобиль-

ных установок. Например, в Берлине камер немного, всего 19 штук, но они приносят 50 миллионов евро в год.

В Германии действует система наказаний, предусматривающая штраф и начисление баллов. Если вы превысили скорость на 10 км/ч, придется заплатить 15 евро, если на 30–100 евро.

Раньше полиция испытывала трудности с нарушением из других европейских стран – они скрывались и не получали уведомления о штрафах. Проблема решилась созданием единой системы среди стран Европейского союза, а если штраф решит не платить иностранец, его лишат шенгенской визы на пять лет [4].

В США применение камер отличается от штата к штату. В одном штате может и не быть камер, а в другом применяют как камеру для контроля скорости, так и камеру для контроля выезда на красный сигнал светофора. Суть фиксации нарушений похожа с европейской: так же начисляются баллы и штрафы [5].

С помощью систем видеонаблюдения можно выявлять правонарушения на дороге, а также отображать и осуществлять сбор видеoinформации в реальном времени, автоматически анализировать поступающую видеoinформацию, записывать и хранить информацию в требуемом качестве, осуществлять связь с аварийными службами, с применением систем видеонаблюдения повышается безопасность на дорогах.

Список литературы

- 1 Основы управления транспортным средством и безопасность движения : пособие для слуш. курсов подг. водителей механич. трансп. средств / М. М. Курилович [и др.] ; Минсельхозпрод РБ, УО «БГАТУ». – Минск : БГАТУ, 2009. – 72 с.
- 2 Совместное закрытое общество «Безопасные дороги Беларуси» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : speed-control.by/index.php/ru/equipment-ru. – Дата доступа : 20.05.2018.
- 3 TUT.by [Электронный ресурс] : Белорусский портал. – Режим доступа : <https://auto.tut.by/news/road/588294.html?crnd=89569>. – Дата доступа : 20.05.2018.
- 4 Вечерняя Москва – главная газета столицы [Электронный ресурс]. – Режим доступа : vm.ru/news/2016/10/09/proverki-na-dorogah-progress-protiv-lihachej-335723.html. – Дата доступа : 20.05.2018.
- 5 Российская газета [Электронный ресурс]. – Режим доступа : rg.ru/2012/04/09/usa.html. – Дата доступа : 20.05.2018.

7 ПРОМЫШЛЕННОЕ И ГРАЖДАНСКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО

УДК 728.6(23)(575.3)

АРХИТЕКТУРНО-ПЛАНИРОВОЧНАЯ СТРУКТУРА СЕЛЬСКИХ ПОСЕЛЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ГОРНОГО РЕГИОНА ТАДЖИКИСТАНА

А. А. АКБАРОВ

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

Одна из важнейших социально-экономических и градостроительных проблем Республики Таджикистан – освоение горных территорий в качестве селитебных зон, использование этих территорий в промышленном, сельскохозяйственном и социально-культурном развитии страны.

Для Таджикистана с его богатым природно-ресурсным потенциалом и историческим опытом весьма важной является разработка новых методов организации хозяйствования с эффективным использованием природных ресурсов и рациональной организацией населенных пунктов с учетом специфических условий природно-географических зон и вертикальных поясов горных регионов.

Функциональная организация сельского расселения горных регионов, а соответственно и сельских поселений Таджикистана, прошла через ряд этапов становления и развития их архитектурно-планировочной структуры. Первый этап охватывает древнейший период (VII–VI вв. до н. э. – конец XIX в.).

Разнообразие форм рельефных ситуаций оказывает существенное влияние на планировочное решение поселений, в связи с чем сформировались следующие приемы организации селений: линейно-осевое строение вдоль русла реки и дорог; компактное размещение в горных лощинах; лучевое строение на возвышенностях – водоразделах; разветвлённое и групповое композиционные решения на высокогорных участках.

Основными принципами функционально-планировочного размещения застройки поселений на горном ландшафте сложного рельефа являются следующие:

- организация застройки с максимальным сохранением естественного ландшафта и растительности, с размещением селений на горных склонах;
- сомасштабное решение строений жилищного и хозяйственного назначения в соответствии с уклоном участка и формой рельефа;
- композиционное единство жилой застройки с окружающим ландшафтом горных склонов и вынесение приусадебных участков вне зоны застройки;
- обеспечение визуальной композиционной связи жилой застройки поселка с природным окружением горного ландшафта и самих селений между собой.

При всех различиях форм расселения и планировки населенных пунктов в Таджикистане на основе людности, функциональной и морфологической характеристики можно выделить несколько основных типов сельских поселений, характерных для горных регионов: долинные (оазисные), связанные с интенсивным поливным земледелием; пустынно-пастбищные животноводческие, характерные для южного Таджикистана; зерново-земледельческие на лессовых равнинах и предгорной полосе с летними оазисами; пригородные вокруг промышленных центров, для которых характерно сочетание овощебахчевых, молочно-мясных направлений отраслей сельского хозяйства с несельскохозяйственными занятиями населения; горный, высокогорный тип поселения, находящийся в узких межгорных долинах, лощинах и на горных склонах Памира.

Оптимальное объемно-пространственное решение общественного центра поселка достигается соблюдением основных принципов построения композиции: развитие пространственной организации площади и участков на склоне от общего размещения площадок и террас к частному решению зданий и сооружений на склоне, а также зависимости частного от общего; выявление доминирующего объема центра и подчинение ему второстепенных объемов и элементов

благоустройства; единство стилового решения и согласованность отдельных составляющих; законченность композиции, включающей композиционный ряд зданий и сооружений, организацию открытого многоярусного пространства и элементов благоустройства (подпорные стенки, лестницы, пандусы, перголы и трельяжи, каскады фонтанов и зеленых насаждений различных форм и типов).

Наряду с общественным центром в поселках производственная зона становится его важнейшим композиционным элементом. Одной из характерных черт архитектуры поселков является большая их величина и тесная взаимосвязь селитебной зоны с производственной. Наряду с масштабной соразмерностью зданий и пространств внутри поселка приобретает особое значение соразмерность основных элементов.

УДК 625.8

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСАДОК И ДЕФОРМАЦИЙ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ ГЕОДЕЗИЧЕСКИМИ СПОСОБАМИ

Е. К. АТРОШКО, В. Б. МАРЕНДИЧ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В процессе своего строительства и эксплуатации каждое здание в той или иной степени подвергается осадкам и деформациям, основной причиной которых является деформация грунта в основании сооружения под действием вертикальной нагрузки от его веса. По степени сжимаемости грунты разделяют на три группы: слабосжимаемые, для которых средняя осадка здания составляет менее 5 см; среднесжимаемые – 5–15 см, и сильносжимаемые – более 15 см. Под действием деформации основания сооружение может перемещаться как вниз, так и в стороны. При этом перемещение сооружения вниз называют осадкой, а перемещение в сторону – горизонтальным смещением или сдвигом.

Осадки сооружения бывают равномерные и неравномерные. При равномерной осадке сооружение всеми своими частями оседает на одну и ту же величину, при этом равномерные осадки не снижают прочность и устойчивость сооружения. Более опасными в этом отношении являются неравномерные осадки. Даже небольшие по величине они могут вызвать, например, перекося лифта для высотных зданий, а также перенапряжение в отдельных несущих конструкциях. Неравномерные осадки могут вызывать такие виды деформации, как:

- а) крен сооружения, который представляет собой наклон всего здания;
- б) перекося конструкций, приводящий к изменению геометрических форм оконных проемов, смещению колонн, ригелей, панелей и т. д.;
- в) относительный изгиб фундамента, который вычисляют по осадкам трех марок, расположенных вдоль продольной или поперечной осей сооружения.

Чем значительней разность осадок частей сооружения, тем большая опасность возникает при эксплуатации такого сооружения. Поэтому для каждого здания и сооружения формируются предельно допустимые величины осадок и деформаций, которые приведены в соответствующих инструкциях. Например, максимальные осадки для промышленных и гражданских зданий должны составлять в среднем не более 8–12 см.

Неравномерность осадки выражена в виде отношения разности осадок точек к расстоянию между ними, поэтому неравномерную осадку иногда называют относительной осадкой. В среднем разность осадок точек промышленных и гражданских зданий не должна превышать $0,001-0,002 l$ (где l – расстояние между точками сооружения). Например, при $l = 6$ метров разность осадок точек должна быть не более $0,002 \cdot 6 \text{ м} = 0,012 \text{ м}$ (т. е. 12 мм).

Для определения величин осадок и деформаций конструкций зданий и сооружений организуются специальные натурные наблюдения, которые можно выполнять геодезическими и негеодезическими методами. При негеодезических методах измеряют в основном относительные осадки или деформации с помощью таких приборов, как клинометры, щелемеры, микрокренометры, которые устанавливают непосредственно на сооружении.

Однако наиболее распространенными при измерении осадок и деформаций инженерных сооружений являются геодезические способы. Они позволяют определять не только относительные перемещения точек, но также их абсолютную величину по отношению к практически неподвижным знакам геодезической основы (реперам и маркам). При этом используются соответствующие геодезические приборы и измерения.

При определении осадок точек сооружения обычно применяют способ геометрического нивелирования высокоточным оптическим нивелиром модели Н-05 (с погрешностью 0,5 мм) при длине луча визирования не более 20–25 метров, что позволяет повысить точность отсчета по рейке. Также можно использовать для нивелирования цифровой (электронный) нивелир со штрих-кодовой рейкой.

Для определения осадок точек на сооружении, в местах, наиболее чувствительных к неравномерным деформациям, закрепляют осадочные марки и периодически, через определенные промежутки времени (циклы), прокладывают нивелирный ход от исходного репера, расположенного в стороне от сооружения и принимаемого за неподвижный всеми осадочными марками. Осадку точек на сооружении определяют по разности высот осадочных марок, полученных в текущем и начальном циклах измерений. Неравномерность осадки можно вычислить по разности осадок двух точек на сооружении.

При определении крена сооружения или наклона колонн используют точные и высокоточные оптические теодолиты моделей Т-1 и Т-2 с погрешностью 1–2" или электронные тахеометры. При этом измерение наклона сооружения и колонн производят с двух стоянок теодолита или тахеометра, расположенных под углом 90°.

Для измерения крена зрительную трубу теодолита наводят на верхнюю грань стены сооружения, вертикально опускают ее до нижней части сооружения и рулеткой внизу измеряют расстояние между проекцией верхней и нижней части сооружения. Это расстояние определяет линейную составляющую крена сооружения. Затем аналогичные измерения выполняют со второй стоянки теодолита. Общую составляющую крена определяют графически по правилу параллелограмма или аналитически по теореме Пифагора.

Для определения вертикальных прогибов ригелей и плит перекрытий их нивелируют с помощью нивелира, при этом нивелирную рейку приставляют нулем вверх к нижней части ригеля в трех точках. При определении вертикальных прогибов ригелей и панелей перекрытий вычисляют высоты точек, используя метод горизонта нивелира. При этом чем выше точка, тем отсчет по рейке будет большим. По полученным высотам определяют вертикальный прогиб ригеля как разность между отметкой точки в середине пролета ригеля и средней арифметической высотой точек на его опорах. При нивелировании панелей перекрытий используют девять точек (по три точки в каждом сечении). В результате можно получить продольный и поперечный вертикальные прогибы нивелируемой плиты перекрытия.

При определении прямолинейности стен используют метод бокового нивелирования с помощью теодолита или тахеометра. При этом ноль рейки устанавливают перпендикулярно к стене. Для определения этих деформаций теодолит устанавливают на одном конце стены, на определенном расстоянии, которое измеряют рулеткой от стены до центра визирной оси трубы теодолита. Затем это расстояние откладывают на рейке на другом конце стены и наводят на нее зрительную трубу теодолита. После этого последовательно устанавливают рейку перпендикулярно к стене через определенные расстояния и снимают в этих точках отсчеты по рейке, определяя горизонтальный прогиб стеновой панели. Результаты бокового нивелирования позволяют отличить деформационные отклонения панели стены от неровностей технологического характера.

Для определения величины наклона стены от вертикального положения боковое нивелирование можно выполнять в верхней и нижней частях стены и по разности отсчетов по рейке двух точек в каждом сечении вычислять величину уклонения верха стены от низа. Полученные значения деформаций сравнивают с допустимыми отклонениями.

Таким образом, геодезические способы измерений позволяют определять абсолютные и относительные величины осадок точек сооружений и деформации их конструкций с высокой точностью и использовать полученные результаты при ремонте и реконструкции зданий и контроле величин недопустимых деформаций данных сооружений.

СТРОИТЕЛЬСТВО И РЕКОНСТРУКЦИЯ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ В ДИПЛОМНОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ

*Г. Н. БЕЛОУСОВА, Ю. А. АВЧИННИКОВА, А. Е. ДАВИДОВИЧ
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Здания и сооружения представляют собой системы, состоящие из большого числа элементов, работающих в условиях сложных напряженно-деформируемых состояний. Поведение строительных конструкций и инженерного оборудования характеризуется рядом факторов, носящих случайный характер. Это относится к прочностным характеристикам материалов, нагрузкам, действующим на элементы здания или сооружения, воздействиям факторов окружающей среды.

Оценка технического состояния зданий и сооружений предназначена для качественного и количественного представления показателей, характеризующих свойства и состояние объектов, для изучения процессов, протекающих в конструкциях, основаниях и оборудовании, а также выявления фактических эксплуатационных свойств материалов, элементов конструкций и установления их соответствия техническим требованиям.

Сегодня при возведении очистных сооружений используются самые разные строительные материалы, но основным, конечно же, является сборный и монолитный бетон и железобетон.

Существующее мнение, что щелочная среда бетона надежно сохраняет арматурную сталь за счет образования на ее поверхности пассивных пленок, справедливо только в том случае, когда арматура тщательно очищена от следов омеднения и окислов. Рассмотрение проблем повышения долговечности железобетонных конструкций должно осуществляться в двух аспектах: изучение характеристик окружающей среды и выявление ведущих факторов воздействия среды на арматуру и бетон, особенно на железобетонные конструкции в целом; изучение механизма и кинетики коррозионных процессов и разработка на этой основе способов повышения стойкости бетона и железобетона в агрессивных средах.

Коррозия арматуры в настоящее время является одной из главных причин повреждения железобетонных конструкций. Недостаточная толщина защитного слоя, повышенная проницаемость бетона, подвергавшегося тепловой обработке, не создают достаточно надежной защиты стальной арматуры от коррозии в эксплуатационных условиях повышенной влажности и температуры.

Материалы строительных конструкций разрушаются не только в результате химических процессов, но и зачастую вследствие физических воздействий, таких как многократное замораживание и оттаивание, насыщение водой и высушивание, многократное нагружение. Доказано, что совместное действие механических нагрузок и химических процессов резко ускоряет процессы коррозии.

В результате обследования ряда очистных сооружений наблюдается массовое разрушение поверхностного слоя бетона, оголение арматуры, пятна ржавчины на наружной поверхности, свидетельствующие о коррозии арматуры и закладных деталей, наличие множества местных и силовых трещин, локальные нарушения внутреннего торкретного слоя и т. п. Для реконструкции очистных сооружений необходимо выполнить не только ремонтные работы, но и демонтаж некоторых железобетонных элементов.

При ремонте строительных конструкций очистных сооружений должно обеспечиваться получение ремонтного слоя с сочетанием таких необходимых свойств, как его прочность сцепления с поверхностью ремонтируемой конструкции, коррозионная стойкость, водонепроницаемость, морозостойкость. Повреждения железобетонных элементов можно устранить с помощью ремонтных составов на полимерцементной основе.

С каждым годом поиску решения проблемы долговечности конструкций и сооружений из армированного бетона уделяется все больше внимания. Возрастающие масштабы работ, обусловленные необходимостью ремонта и восстановления железобетонных конструкций, продиктованы ограничениями сроков службы данных конструкций вследствие ограниченной стойкости стальной арматуры к агрессивным средам.

В связи с этим возникает необходимость обеспечения требуемых сроков службы армированных бетонных конструкций, эксплуатируемых в условиях агрессивных сред. Данную проблему для кон-

струкций очистных сооружений в значительной мере может решить замена стальной арматуры на композитную, обладающую повышенной стойкостью к агрессивным средам.

В дипломном проектировании по специальности 1-70 04 03 «Водоснабжение, водоотведение и охрана водных ресурсов» раскрываются вопросы новых технологий, обеспечивающих современные методы строительства и реконструкции как отдельных сооружений, так и системы канализации в целом.

При возведении из сборного и монолитного бетона и железобетона сооружений системы водоотведения наиболее сложным и трудоемким для производства работ являются многочисленные емкостные сооружения цилиндрической, прямоугольной и круглой (в плане) формы – первичных и вторичных отстойников. Цилиндрическая форма сооружения позволяет наиболее просто производить предварительное напряжение бетона в стенах путем навивки на них спирали из высокопрочной проволоки. Особенностью бетонирования стен таких сооружений является то, что толщина этих стен незначительна (20–40 см), а высота достигает 5–7 метров. Сооружения выполняются из сборных железобетонных элементов стен, перегородок, перекрытий и монолитного днища. Стены сооружений диаметром от 4,5 до 9 м из-за значительной кривизны контуров днища выполняются из стеновых панелей с криволинейной внутренней и внешней поверхности при радиусе кривизны 3 м и ширине 1,5 м. Для сооружений диаметром от 9 до 18 м и от 24 до 50 м применяют панели, имеющие внутреннюю поверхность плоскую, а внешнюю – криволинейную с радиусом кривизны соответственно 7,5 и 15 м при ширине 1,5 и 2,1 м. Толщина всех панелей принимается постоянной по высоте. Устанавливаются они в пазы монолитного днища.

Сложность конструкций цилиндрических сооружений обуславливает необходимость применения индивидуальных форм для заливки бетона, т. е. возведение сооружения в скользящей опалубке, что позволяет получить стены без швов и стыков. Опалубка, которая по мере укладки бетона передвигается в вертикальном направлении, называется скользящей. Во избежание сцепления опалубки с бетоном укладывать бетонную смесь и поднимать скользящую опалубку следует непрерывно, что повышает прочность сооружения.

Композитобетоном называют бетон, армированный не привычными стальными прутьями, а композитной арматурой. Композитобетон является одним из перспективных стройматериалов, по многим параметрам превосходящим прекрасно известный всем железобетон, а замена стальной арматуры на композитную, обладающую повышенной стойкостью к агрессивным средам, позволит снизить или ликвидировать затраты на капитальные ремонты. Композитобетон будет по прочностным показателям превосходить железобетон и при этом будет намного легче. Теплопроводность композитобетона существенно снижена по сравнению с теплопроводностью железобетона, и это тоже обусловлено характеристиками композитной арматуры. Ее коэффициент теплопроводности намного ниже, чем у стали.

Композитная арматура – строительная арматура на основе неметаллических волокон, связанных композитным составом. Для изготовления арматуры обычно используется стекловолокно, базальтоволокно, углеволокно и т. д. Эти волокна могут использоваться как самостоятельно, так и в виде комбинации. На практике наибольшее распространение получили два вида композитной арматуры: на основе одного только стекловолокна (стеклопластиковая арматура) и на основе одного только базальтоволокна (базальтопластиковая арматура).

Композитная арматура отличается прочностью, особенно на разрыв и растяжение. Базальтопластиковая и стеклопластиковая арматура выполняется в виде стержня, имеющего непрерывную спиральную рельефность, любой строительной длины с диаметром от 4 до 14 мм. Как следует из стандарта, композитная арматура может применяться в любых бетонных конструкциях зданий и сооружений различного назначения, которые эксплуатируются при температуре окружающей среды не ниже -60°C и не выше $+100^{\circ}\text{C}$.

В данном случае композитная арматура позволяет уменьшать диаметр рабочей арматуры по сравнению со стальной, а простота доставки и монтажа дает возможность экономить на стоимости строительно-монтажных работ и материалов. Экономия от замены стальной арматуры на базальтопластиковую в данных конструкциях может достигать 30 %.

Отличительным свойством композитной арматуры является её коррозионная стойкость и совместимость с бетоном. В результате в качестве основы для строительства и реконструкции очистных сооружений можно использовать композитобетон как перспективный материал для энергосберегающего строительства.

ХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ БЕТОНА ЗАЩИТНОГО СЛОЯ

Е. В. БЕЛЯЕВА, А. А. ТАКУНОВ, А. А. ВАСИЛЬЕВ
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Л. В. ПЛИКУС
ОАО «Институт Гомельгражданпроект», Республика Беларусь

Основную долю конструкций промышленных и гражданских зданий составляют железобетонные элементы (ЖБЭ) и конструкции (ЖБК), соответственно техническое состояние ЖБЭ (ЖБК) и определяет техническое состояние большинства эксплуатируемых зданий. В свою очередь, техническое состояние ЖБЭ и ЖБК определяется внутренними процессами, происходящими в бетоне защитного слоя и стальной арматуре под воздействием агрессивности эксплуатационной атмосферы.

Поскольку подавляющее большинство ЖБЭ и ЖБК промышленных и гражданских зданий эксплуатируются в условиях атмосферы, основным агрессивным фактором, определяющим их повреждаемость, и как следствие – долговечность, является карбонизация бетона, снижающая защитные свойства бетона по отношению к стальной арматуре и обуславливающая появление и развитие коррозионных процессов в стальной арматуре различной степени интенсивности), химический анализ бетона является основой для оценки и прогнозирования не только долговечности ЖБЭ (ЖБК), но и зданий и сооружений в целом.

Сегодня в Республике Беларусь химический анализ бетона выполняется на основе СТБ 1481. В соответствии с ним степень карбонизации бетона определяется содержанием химически связанного цементным камнем диоксида углерода с точностью до $\pm 0,2$ %.

Полученные значения для качественной оценки состояния бетона и его защитных свойств по отношению к стальной арматуре логично сравнивать с нормативными, однако критерии оценки полученного результата в документе отсутствуют, что ставит под сомнение смысл проведения анализа. Кроме того, необходимо отметить, что анализ достаточно сложен и занимает довольно продолжительный отрезок времени. Как следствие, его результаты не могут быть положены в основу оценки долговечности ЖБЭ и ЖБК.

На основе многолетних исследований карбонизации бетона и ее влияния на коррозионное состояние стальной арматуры разработан химический анализ бетона [1], основанный на экспериментальном определении карбонатной составляющей цементно-песчаной фракции бетона в любом сечении элемента, поскольку именно увеличение содержания карбонатов нейтрализует бетон, снижая его защитные свойства по отношению к стальной арматуре.

Для химического анализа используются образцы бетона (цементно-песчаная фракция), получаемые скалыванием до стальной арматуры, либо порошок, выбуриваемый по сечению бетона, что не приводит к разрушению исследуемых ЖБЭ (ЖБК). Анализируются пробы массой $0,5 \pm 0,005$ г. Анализ образцов не требует применения специального дорогостоящего оборудования. Полный анализ одного образца занимает в среднем 90 минут.

Предлагаемая методика обеспечивает получение результатов испытаний с точностью до ± 1 %.

Полученные по результатам химического анализа значения карбонатной составляющей (КС, %) пересчитываются в значения степени карбонизации бетона (СК, %) по методике [2], после чего на основе сравнения с их граничными значениями [3] оцениваются коррозионное состояние бетона и стальной арматуры; техническое состояние ЖБЭ (ЖБК) в соответствии с данными таблицы 1.

Таблица 1 – Критерии оценки технического состояния ЖБЭ и ЖБК с учетом карбонизации бетона

СК, %	Коррозионное состояние бетона и стальной арматуры. Техническое состояние ЖБЭ (ЖБК) (ТКП 45-1.04-305–2017 (02250))
<13	Структурные свойства бетона находятся в уровне свежеприготовленного. Бетон сохраняет защитные свойства по отношению к стальной арматуре, стальная арматура находится в пассивном состоянии. 0-я степень карбонизации бетона, потери бетоном защитных свойств по отношению к стальной арматуре и коррозии стальной арматуры. Техническое состояние ЖБЭ (ЖБК) – хорошее.

СК, %	Коррозионное состояние бетона и стальной арматуры. Техническое состояние ЖБЭ (ЖБК) (ТКП 45-1.04-305-2017 (02250))
13–26	Начало деградации бетона. Происходит снижение показателя рН ниже граничного значения, свидетельствующее о потере бетоном защитных свойств по отношению к стальной арматуре. I степень карбонизации бетона, потери им защитных свойств по отношению к стальной арматуре и коррозии стальной арматуры. Образование сплошной коррозии стальной арматуры глубиной до 0,1 мм на отдельных участках при СК = 15...18 %. Образование сплошной коррозии стальной арматуры глубиной до 0,2 мм на отдельных участках при СК = 18...26 %. Техническое состояние ЖБЭ (ЖБК) – удовлетворительное
Св. 26–36	Развитие деградационных процессов в бетоне. II степень карбонизации бетона, потеря им защитных свойств по отношению к стальной арматуре и коррозии стальной арматуры. СК = 26...30 %. Возникновение сплошной коррозии стальной арматуры глубиной до 0,35 мм на многочисленных участках, уменьшение площади поперечного сечения стальной арматуры диаметров 10–22 мм соответственно на 14–6 %. Образование волосяных трещин в местах расположения рабочей и конструктивной стальной арматуры диаметров ≥ 16 мм, образование волосяных трещин в местах расположения рабочей и конструктивной стальной арматуры с недостаточной толщиной защитного слоя бетона. Техническое состояние ЖБЭ (ЖБК) – не вполне удовлетворительное. СК = 30...36 %. Возникновение сплошной коррозии стальной арматуры глубиной до 0,55 мм на многочисленных участках, уменьшение площади поперечного сечения арматуры диаметров 10–22 мм соответственно на 21–10 %. Раскрытие волосяных трещин в местах расположения рабочей и конструктивной стальной арматуры. Техническое состояние ЖБЭ (ЖБК) – не вполне удовлетворительное
...	...
Св. 74	Полная деградация бетона. Потеря сцепления цементного камня с заполнителем. V степень карбонизации бетона, потери им защитных свойств по отношению к стальной арматуре и коррозии стальной арматуры. Возникновение сплошной коррозии стальной арматуры глубиной более 2,50 мм, уменьшение (критическое) площади поперечного сечения на 34 % стальной арматуры диаметром 25 мм. Интенсивное раскрытие трещин в местах расположения рабочей и конструктивной стальной арматуры, массовое отслаивание защитного слоя бетона. Полное разрушение защитного слоя бетона на многочисленных участках, оголение и коррозия высокой степени интенсивности стальной арматуры. Полное разрушение стальной арматуры диаметрами до 12 мм на многочисленных участках. Техническое состояние ЖБЭ (ЖБК) с рабочей стальной арматурой диаметров 10–16 мм – предаварийное; 18–22 мм – неудовлетворительное

Химический анализ бетона рекомендуется выполнять: при возобновлении строительства объектов после длительных сроков отсутствия работ; детальном обследовании ЖБЭ, эксплуатирующихся в атмосферных условиях; любом виде обследования при наличии сомнений в состоянии конструкций; анализе причин коррозии стальной арматуры при отсутствии явных признаков агрессивной среды; расследовании причин обрушений ЖБЭ (ЖБК).

Его применение дает возможность значительно повысить не только объективность оценки технического состояния ЖБЭ (ЖБК), но и эффективность выбора мероприятий по их восстановлению.

Список литературы

- 1 **Васильев, А. А.** Расчетно-экспериментальная модель карбонизации бетона : [монография] / А. А. Васильев. – Гомель : БелГУТ, 2016. – 263 с.
- 2 **Васильев, А. А.** Оценка и прогнозирование степени карбонизации бетона / А. А. Васильев // Инновационное развитие: потенциал науки и современного образования : [монография] / под общ. ред. Г. Ю. Гуляева. – Пенза : МЦНС «Наука и просвещение». – 2018. – С. 148–158.
- 3 **Васильев, А. А.** Совершенствование оценки и прогнозирования технического состояния железобетонных элементов и конструкций, эксплуатирующихся в различных атмосферных условиях / А. А. Васильев // Проблемы современного бетона и железобетона. Сборник научных трудов. Вып. 9. – Минск, 2017. – С. 148–167.

СТАДИЙНОСТЬ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ОБЪЕКТОВ РЕКОНСТРУКЦИИ

Е. В. БОРСУК

Гродненский государственный университет им. Я. Купалы, Республика Беларусь

В настоящее время наиболее перспективным направлением исследований в сфере управления процессами народно-хозяйственного значения служит трехмерное моделирование объектов. Потребность в реалистичном отображении окружающего мира обусловила очевидную значимость трехмерного моделирования, которое способно изменить не только технологию, но и практику управленческой деятельности в самых различных областях.

ВМ – процесс информационного моделирования объекта на основе одной базы данных, главным продуктом которого является «проект», а второстепенным – чертежи и архитектурная визуализация. В настоящее время ВМ-технологии занимают лидирующие позиции на мировом рынке применительно к проектированию современных зданий и сооружений.

Все большее число белорусских строительных компаний перестраивает свою работу в пользу использования информационного моделирования и, как следствие, максимальной оптимизации процесса проектирования. Развитию ВМ в Беларуси способствует Приказ Минстройархитектуры от 27 октября 2014 г. № 298, которым утвержден перечень объектов 1-го и 2-го класса сложности в соответствии с СТБ 2331–2014 «Здания и сооружения. Классификация. Основные положения», проектирование которых должно осуществляться с обязательным применением ВМ-технологии [1].

Технология информационного моделирования позволяет оперативно воссоздать исходное здание в формате 3D и в автоматическом режиме получить ведомости и чертежи. На основе модели проектировщику становятся доступны различные дополнительные данные, в том числе объём работ по демонтажу с расчётом стоимости.

Многие архитектурно-строительные проекты, особенно те, что связаны с реконструкцией, выполняются по стадиям, которые представляют собой отдельные временные периоды выполнения проекта.

С помощью программы Autodesk Revit возможно задать стадию, на которой создаются или уничтожаются различные конструктивные элементы. Программа поддерживает работу с фильтрами стадий, которые видоизменяют модель здания в зависимости от стадии проекта. Эти изменения отражаются на соответствующих видах и в спецификациях. Таким образом, пользователь может создавать полную проектную документацию, включая спецификации для определенных стадий проекта [2].

Первое, что необходимо сделать для успешного применения данного инструмента, – переименовать стадии для удобства восприятия.

Всего можно выделить четыре вида элементов:

- новый (возведенный на условной стадии);
- существующий (пришедший в условную стадию из любых предыдущих);
- снесённый (снесенный на условной стадии);
- временный (возведенный и снесенный на условной стадии).

С переходом из одной стадии в другую меняется статус элемента. Элемент, перешедший в последующую стадию из любых предыдущих, для этой (последующей) стадии становится существующим. Даже если до этого он был, к примеру, новым. Элемент, снесенный на предыдущей стадии, в последующих стадиях уже отсутствует. Хотя при определенной настройке фильтров для стадий его всё же можно отобразить, а при переопределении графики для статуса стадии еще и выделить цветом, типом и толщиной линии. Это же относится и к элементу, который на предыдущей стадии был временным.

Второе – следует разобраться с фильтрами для стадий – они не влияют на подсчет, а только на настройку вида.

По умолчанию имеется семь стандартных фильтров по стадиям (рисунок 1), а также разрешается создавать свои фильтры.

Стадии					
Стадии Фильтры по стадиям Переопределения графики					
	Имя фильтра	Создать	Существующие	Снесенные	Временные
1	Показать все	По категориям	Переопределено	Переопределе	Переопределено
2	Показать новую	По категориям	Не отображается	Не отображае	Не отображается
3	Показать полностью	По категориям	По категориям	Не отображае	Не отображается
4	Показать предыдущую + новую	По категориям	Переопределено	Не отображае	Не отображается
5	Показать предыдущую + снос	Не отображается	Переопределено	Переопределе	Не отображается
6	Показать предыдущую стадию	Не отображается	Переопределено	Не отображае	Не отображается
7	Показать снос + новую	По категориям	Не отображается	Переопределе	Переопределено

Рисунок 1 – Меню вкладки «Стадии»

Третье – выбрать для каждой стадии вид отображения из следующих трёх:

- по категориям (элементы этой стадии будут подчиняться настройкам переопределения видимости/графики в свойствах вида);
- переопределено (графика настраивается в текущем диалоговом окне «Стадии» на вкладке «Переопределения графики»);
- не отображается (элементы стадии не видны).

На вкладке «Переопределения графики» можно настроить графику для стадий, которым в фильтрах присвоено значение «Переопределено». Настройки идентичны настройкам диалогового окна «Переопределения видимости/графики» и отвечают за тип линий, штриховку/заливку для поверхности и разреза. Также здесь можно настроить полутона и назначить материалы, отличные от тех, что настроены по умолчанию [3].

Одно из преимуществ «Стадий» заключается в том, что, создавая спецификацию, можно выбрать, для какой из стадий нам нужно произвести подсчет. Количество спецификаций для любых элементов теперь равно количеству стадий, это касается и помещений.

В результате работы со стадиями в Revit Architecture, процесс реконструкции становится более простым, понятным и управляемым. Каждый элемент теперь лежит в своей нужной стадии. Настраивая вид, имеется возможность видеть все элементы сразу или по каждой стадии в отдельности.

Список литературы

- 1 О применении BIM-технологии в проектировании: приказ Минстройархитектуры Респ. Беларусь, 27 окт. 2014 г., № 298 // АПС «Бизнес-Инфо». Версия 2.0.3.63 [Электронный ресурс] / ООО «Профессиональные правовые системы», Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2016.
- 2 Рабочий процесс: стадии [Электронный ресурс] / Autodesk, Inc., 2018. – Режим доступа : <https://knowledge.autodesk.com/ru/support/revit-products/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2018/RUS/Revit-DocumentsPresent/files/GUID-BFB8B3D4-6BFB-429B-AF94-7731D9FBCC1F-htm.html>. – Дата доступа : 15.06.2018.
- 3 Вариантное проектирование с помощью «стадий» Revit [Электронный ресурс] / Ревитизация и автоматизация. – 2016. – Режим доступа : <http://revitizacia.blogspot.com/2013/01/revit.html>. – Дата доступа : 03.06.2018.

УДК 624.012.3/4 :66.075

ОЦЕНКА СРОКА СЛУЖБЫ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ С УЧЕТОМ КАРБОНИЗАЦИИ БЕТОНА

А. А. ВАСИЛЬЕВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Оценка срока службы изгибаемых железобетонных элементов (ЖБЭ) выполняется по второй группе предельных состояний.

Для случая образования трещин шириной раскрытия до 1 мм, в соответствии с [1]:

$$a_{cr} = 0,05 + 0,0125(X_{corr} - X_{corr,0}), \quad (1)$$

где a_{cr} – ширина раскрытия трещины, мм; X_{corr} – глубина коррозионного повреждения стальной ар-

матуры, мм,

$$X_{corr} = v_{corr} \alpha_{pit} t, \quad (2)$$

v_{corr} – скорость коррозии стальной арматуры, мм/год; α_{pit} – питтинговый фактор, учитывающий характер коррозии (при поверхностной коррозии вследствие карбонизации $\alpha_{pit} = 2$); t – время, лет,

$$v_{corr} = v_{corr,a} \cdot \frac{N_w}{365}, \quad (3)$$

$v_{corr,a}$ – средняя скорость коррозии стальной арматуры в карбонизированном бетоне, мм/год, определяемая условиями эксплуатации (в соответствии с [1] при эксплуатации на открытом воздухе $v_{corr,a} = 0,005$ мм/год); N_w – количество дней в году с осадками более 2,5 мм;

$X_{corr,0}$ – глубина коррозионного повреждения стальной арматуры, соответствующая началу образования трещин, мм, определяемая эмпирическим выражением

$$X_{corr,0} = 83 + 7,4 \cdot \frac{d_{cover}}{D} - 22,6 \cdot R_{b,sh}, \quad (4)$$

d_{cover} – толщина защитного слоя бетона, мм; D – диаметр арматуры, мм; $R_{b,sh}$ – прочность бетона на скалывание при изгибе, МПа.

Приняв граничное значение ширины раскрытия трещины $a_{cr} = 1,0$ мм, что соответствует критической ширине раскрытия трещин для изгибаемых элементов, определили возраст элементов, при котором образуется данная трещина для ЖБЭ, выполненных из бетонов классов по прочности $C^{12/15}-C^{30/37}$, диаметрами стальной арматуры $\varnothing 6-25$ мм, с толщиной защитного слоя 10–25 мм.

По результатам расчетов построены регрессионные зависимости времени образования трещины шириной раскрытия 1,0 мм от толщины защитного слоя для бетонов классов по прочности $C^{12/15}-C^{30/37}$, диаметров стальной арматуры $\varnothing 6-25$ мм, условий открытой атмосферы ($v_{corr,a} = 0,005$ мм/год).

В качестве примера на рисунке 1 приведены полученные зависимости для бетона класса по прочности $C^{16/20}$.

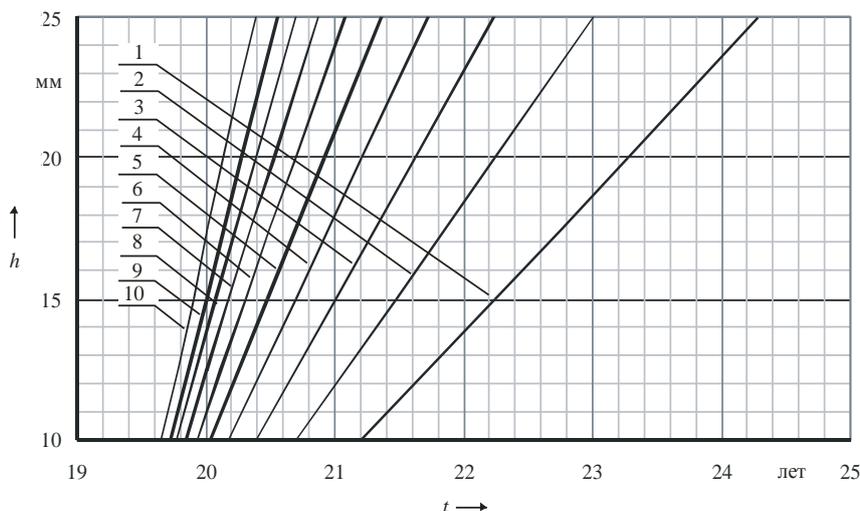


Рисунок 1 – Регрессионные зависимости скорости образования трещин шириной раскрытия 1,0 мм от толщины защитного слоя для бетона класса по прочности $C^{16/20}$ для условий открытой атмосферы ($N_w = 300$ дней): диаметры стальной арматуры (\varnothing): 1 – 6; 2 – 8; 3 – 10; 4 – 12; 5 – 14; 6 – 16; 7 – 18; 8 – 20; 9 – 22; 10 – 25 мм

Зависимости для других классов бетона по прочности носят аналогичный характер. Они линейны (с учетом принятой постоянной скорости карбонизации), что не отражает реальных сроков образования и раскрытия трещин до принятого граничного значения.

Определим время до образования трещин ($a_{cr} = 1,0$ мм) на основании проведенных исследований карбонизации бетона [2–4].

Используя регрессионные зависимости коррозионных повреждений стальной арматуры от толщины защитного слоя бетона определены средние скорости коррозии стальной арматуры для толщин защитного слоя 10–25 мм бетонов классов по прочности $C^{12/15}-C^{30/37}$ эксплуатационных условий открытой атмосферы. Из формулы (1) найдено время образования трещины шириной раскрытия 1,0 мм для диаметров стальной арматуры $\varnothing 6-25$ мм, фиксированных значений толщин защитного слоя бетона, и по ним построены графические зависимости времени образования трещин для бетонов классов по прочности $C^{12/15}-C^{30/37}$.

В качестве примера на рисунке 2 представлены графические зависимости времени образования

трещины шириной раскрытия 1,0 мм для бетона класса по прочности $C^{16}/_{20}$ для эксплуатационных условий открытой атмосферы (области ускоренной карбонизации).

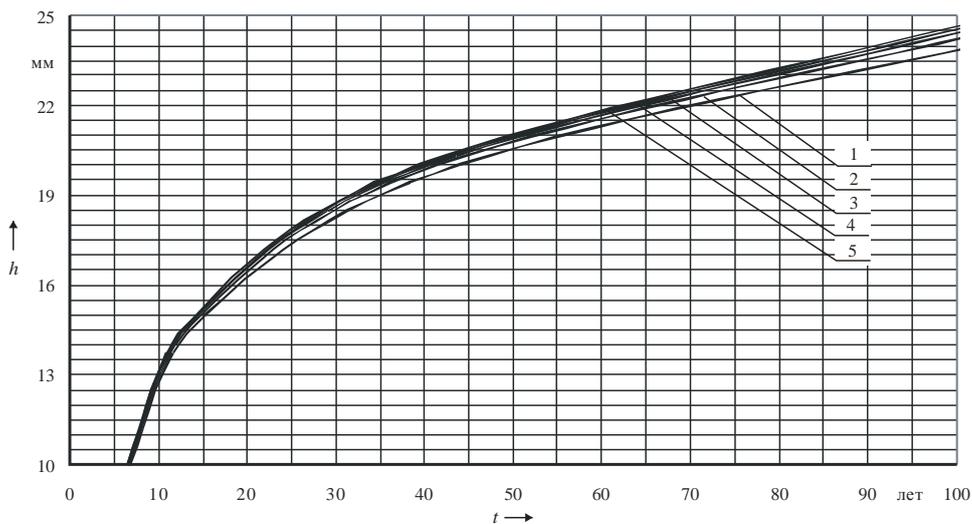


Рисунок 2 – Регрессионные зависимости скорости образования трещин шириной раскрытия 1,0 мм от толщины защитного слоя бетона класса по прочности $C^{16}/_{20}$ для условий открытой атмосферы, области ускоренной карбонизации:
диаметры стальной арматуры (Ø): 1 – 8; 2 – 12; 3 – 16; 4 – 20; 5 – 25 мм

Зависимости для трещин любой ширины раскрытия (до 1,0 мм), классов бетона по прочности $C^{12}/_{15}–C^{30}/_{37}$, диаметров стальной арматуры 6–25 мм и различных эксплуатационных условий носят аналогичный характер. Они показывают, что скорость образования трещин подчиняется сложной экспоненциальной зависимости, она значительна в поверхностных слоях и уменьшается по сечению вглубь бетона.

Полученные зависимости позволяют прогнозировать срок службы изгибаемых железобетонных элементов по критическому трещинообразованию с учетом карбонизации и ее влияния на изменение защитных свойств бетона по отношению к стальной арматуре.

Список литературы

- 1 DuraCrete 7: General guidelines for durability design and redesign. The European Union – Brite EuRam III, Project No. BE95-1347, Probabilistic Performance-based Durability Design of Concrete Structures, Report. – No. T7-01-1, 1999.
- 2 Васильев, А. А. Оценка и прогнозирование степени карбонизации бетона / А. А. Васильев // Инновационное развитие: потенциал науки и современного образования : [монография] / под общ. ред. Г. Ю. Гуляева. – Пенза : МЦНС «Наука и просвещение. – 2018. – С. 148–158.
- 3 Васильев, А. А. Совершенствование оценки и прогнозирования технического состояния железобетонных элементов и конструкций, эксплуатирующихся в различных атмосферных условиях / А. А. Васильев // Проблемы современного бетона и железобетона : сб. науч. тр. Вып. 9. – Минск, 2017. – С. 148–167.

УДК 624.072

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ГИБКИХ КРУГЛЫХ ПЛИТ, КОНТАКТИРУЮЩИХ С ДВУХСЛОЙНЫМ ОСНОВАНИЕМ, В ВАРИАЦИОННОЙ ПОСТАНОВКЕ

А. А. ВАСИЛЬЕВ, Д. М. ГУРСКИЙ, О. В. КОЗУНОВА
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Фундаменты многих промышленных зданий и сооружений, например, силосных, водонапорных башен, газгольдеров, резервуаров, башен ТЭЦ, могут быть смоделированы как жесткие недеформируемые плиты (круглый штамп) или как гибкие деформируемые. Это зависит от упругих свойств грунтов, показателя гибкости плит, соотношения геометрических размеров (толщины, радиуса) и нагрузки на подошву фундамента.

Из практики строительства, сравнивая между собой жесткие и гибкие фундаменты, можно сде-

лать следующие выводы:

– *жесткие фундаменты* следует рекомендовать в тех случаях, когда грунты основания относительно прочные, т. е. допускают давление 2–3 кг/см², нагрузки на подошву относительно невелики – здания высотой до 15–20 м;

– при слабых грунтах и больших нагрузках на подошву жесткие фундаменты вследствие малого угла распространения давления в материалах, из которых они изготавливаются, получают большую ширины, глубокими, имеют большой вес и становятся экономически невыгодными. Поэтому при слабых грунтах, допускающих давление 1,2–1,5 кг/см², или при больших нагрузках на подошву рекомендуются *гибкие фундаменты*, так как они способны работать на изгиб и распределять нагрузку от веса здания на необходимую (расчетную) ширину основания. При этом их не нужно заглублять более глубины промерзания.

Ранее авторами в работе [1] рассматривалась постановка и алгоритм линейного расчета вариационно-разностным методом жестких фундаментных плит, свободно опирающихся на неоднородное упругое основание. Расчетная модель неоднородного упругого основания представляется в виде двухслойного пакета [1]. Для каждого слоя грунта используется модель упругого слоя (УС) конечной толщины с постоянными параметрами упругости: модулем деформации и коэффициентом Пуассона.

В проводимых авторами исследованиях решается осесимметричная задача теории упругости [2]: линейно-упругая круглая плита на линейно-упругом двухслойном основании. В расчетах рассматриваются реальные грунты как аналог при моделировании упругого основания, в упрощении его параметров. Аналогичная теория расчета в нелинейной постановке (плоская деформация) контактной задачи для балочных плит на двухслойном основании приведена в работе [3].

Для решения контактной задачи «гибкая круглая плита – двухслойное основание» предлагается использовать вариационно-разностный метод (ВРМ), который позволяет полностью описать напряженно-деформированное состояние упругого основания под плитой, исследовать контактную зону, вычислить внутренние усилия в плите и осадки упругого основания под плитой. Численная реализация ВРМ осуществляется методом конечных разностей в программном пакете МАТНЕМАТИСА 10.0.

Постановка задачи. Рассматривается круглая фундаментная плита как упругая плита жесткости EI , радиусом R на упругом двухслойном основании под действием симметричной нагрузки. На контакте плиты с упругим основанием возникают только нормальные реактивные давления, силами трения пренебрегаем.

При расчете слоистая упругая среда заменяется осесимметричной расчетной областью в полярных координатах: вдоль горизонтальной оси ρ . Диагональный поперечник основания аппроксимируется симметричной разбивочной сеткой с постоянным шагом по осям вглубь основания вдоль оси Y . В результате получено N i -х узловых и K j -х сеточных ячеек в плоской постановке рассматриваемой задачи. За неизвестные принимаются: компоненты вектора перемещения i -й узловой точки основания; реактивные давления в зоне контакта плиты с основанием.

Граничные условия задачи: на границах принятой расчетной области перемещения; в контактной зоне справедливо равенство осадок основания прогибам плиты.

В дальнейшем кроме силовой нагрузки при исследовании фундаментных плит будет предусматриваться учет внутренних коррозионных процессов в бетоне и стальной арматуре [4], а также учет физической нелинейности основания [5] при исследовании НДС упругого основания.

Алгоритм решения в линейной постановке. В соответствии с вариационным принципом Лагранжа, при нагружении гибкой плиты, контактирующей с упругим основанием, статической нагрузкой, ее полная потенциальная энергия в состоянии равновесия принимает минимальное значение.

Величина функционала полной потенциальной энергии плиты на упругом основании состоит из трех слагаемых: функционала энергии деформаций упругого основания, функционала энергии деформаций плиты и потенциала работы внешней нагрузки, и определяется следующей формулой:

$$\Theta = U_f + \Omega_b + \Pi. \quad (1)$$

Решение контактной задачи строится в перемещениях и реализуется численно методом конечных разностей, то есть заменой дифференциальных уравнений линейными конечно-разностными соотношениями.

Список литературы

1 **Козунова, О. В.** Расчет жестких круглых плит на двухслойном основании. Постановка задачи вариационным методом / О. В. Козунова, А. А. Васильев, Д. М. Гурский // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии : материалы междунар. науч.-техн. конф. (Могилев, 26–27 апр. 2018 г.) [Электронный ресурс] / редкол.: И. С. Сазонов [и др.] – Могилев : Белорусско-Российский университет, 2018. – С. 287–288. – Режим доступа : <http://bru.by/content/conferences/materialsconferences>. – Дата доступа : 04.06.2018.

2 **Александров, А. В.** Основы теории упругости и пластичности / А. В. Александров, В. Д. Потапов. – М. : Высш. шк., 1990. – 400 с.

3 **Босаков, С. В.** Вариационно-разностный подход к решению контактной задачи для нелинейно упругого неоднородного основания. Плоская деформация. Теория расчета / С. В. Босаков, О. В. Козунова // Вестник БНТУ. – № 1. – 2009. – С. 5–13.

4 **Васильев, А. А.** Глава 13. Оценка и прогнозирование степени карбонизации бетона / А. А. Васильев [и др.] // Инновационное развитие: потенциал науки и современного образования : [монография]. – Пенза : МЦНС, 2018. – 208 с.

6 **Быховцев, В. Е.** Компьютерное объектно-ориентированное моделирование нелинейных систем деформируемых твердых тел / В. Е. Быховцев. – Гомель : ГГУ им. Ф. Скорины, 2007. – 219 с.

УДК 692.415: 624.042.42

ВЛИЯНИЕ СНЕГОВЫХ НАГРУЗОК НА СОСТОЯНИЕ ПОКРЫТИЯ ЗДАНИЯ

А. В. ВИТОВТОВА, Е. В. ЕВТУХОВА

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Величина снеговой нагрузки – важная характеристика, учитываемая при проектировании зданий и сооружений в регионах с устойчивым снежным покровом. В настоящее время значение снеговой нагрузки определяется на основе максимальной толщины и плотности снежного покрова, независимо от условий формирования, и рассчитывается умножением полученной нагрузки на коэффициенты, описывающие переход к нагрузке на кровлю, уклон кровли, воздействие ветра [1].

Одними из наиболее изменчивых нагрузок, воздействующих на строительные конструкции, являются снеговые. Для них характерны изменения как в пространстве, так и во времени, что можно наблюдать и в течение одного зимнего сезона, и в разные годы [2].

Ежегодно на территории стран СНГ регистрируются случаи разрушения и повреждения кровель зданий, вызванные выпадением и перераспределением снега на них. Это не только наносит материальный ущерб, но и приводит к человеческим жертвам. Накопление снега на крышах также приводит к образованию снежных карнизов, обрушение которых представляет серьезную опасность для жизни людей и припаркованного вблизи зданий транспорта. В ряде случаев обрушение зданий и сооружений под воздействием снеговых нагрузок связано с изношенностью строительных конструкций, а накопление снега на их крышах становится дополнительным фактором для этого. Однако в большинстве случаев подобные аварийные ситуации возникают в результате недоучета величин снеговых нагрузок при проектировании объектов.

Основные причины обрушений покрытий зданий:

- расчетные снеговые нагрузки, которые принимались во внимание при проектировании, не соответствуют фактическим. Это либо изменение климата, но чаще ошибка проектировщиков;
- нарушение правил эксплуатации зданий, предусмотренных проектом;
- нарушения в процессе строительства, часто связанные с заменой материалов с целью удешевления стоимости строительства;
- ошибки монтажа несущих конструкций и некорректный монтаж строительных материалов;
- применение материалов низкого качества.

Фактически все причины обрушений можно объединить в две группы:

- 1) фактическая нагрузка снега превысила проектную;
- 2) фактическая нагрузка на несущую конструкцию оказалась выше запроектированной [3].

В каждом конкретном случае есть своя причина обрушения, которая выясняется в процессе проведения экспертизы. Если отбросить причины, связанные со строительством и проектированием, а также внешние воздействия, то все остальные будут относиться к компетенции собственников зданий и служб, эксплуатирующих эти здания. Именно эксплуатирующий здание персонал должен следить за состоянием конструкций, своевременностью и качеством ремонта, соблюдением условий эксплуатации, своевременным и полноценным обслуживанием. А соб-

ственник здания должен обеспечить саму систему правильной эксплуатации. В сложных вопросах, а также при появлении сомнений по поводу надежности конструкций и безопасности эксплуатации здания следует обращаться в специализированные проектные организации для проведения технического обследования, консультаций или освидетельствования. Помощь специалистов по обследованиям особенно необходима при эксплуатации старых зданий, либо при наличии поврежденных конструкций.

За 2011–2015 гг. на территории стран СНГ зафиксировано 653 различных повреждения и обрушения строительных конструкций зданий и сооружений, 68 случаев из которых – обрушения кровель, основной причиной которых является превышение снеговых нагрузок, что составляет 10,4 % от общего количества происшествий. На рисунке 1 можно увидеть количество повреждений и обрушений кровель, основными причинами которых являются снеговые нагрузки, во временном промежутке с 2011 по 2015 год.

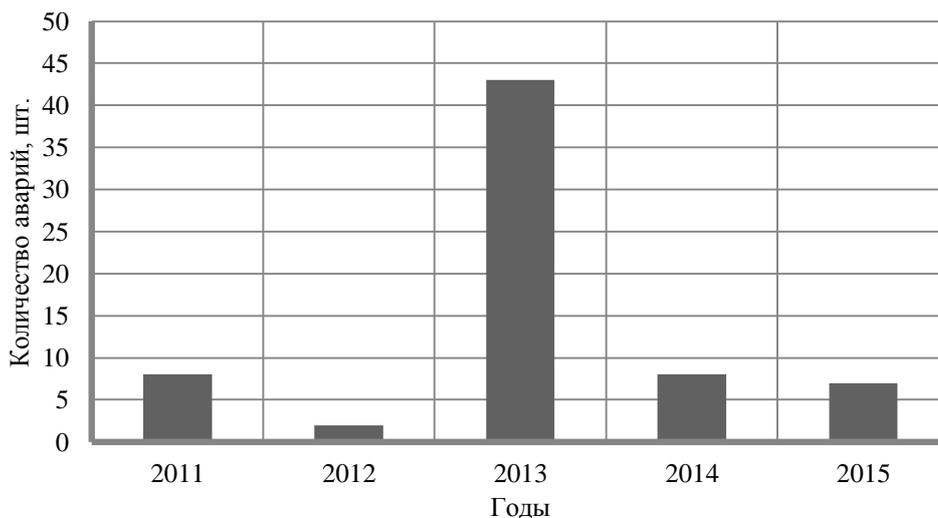


Рисунок 1 – Количество повреждений и обрушений кровель, обусловленных снеговыми нагрузками (2011–2015 гг.)

Из анализа случаев обрушения кровель из-за превышения снеговых нагрузок на территории стран СНГ во временной промежуток с 2011 по 2015 год видно, что пик аварийности приходится на 2013 год и постепенно сокращается в последующие годы.

Необходимо отметить, что основное число обрушений происходит не из-за постепенного нагружения в течение зимы, а из-за резкого увеличения снеговой нагрузки за короткий промежуток времени – во время снегопада, когда снег не успевает равномерно распределиться по всей площади, что ведет к обрушению кровли в результате критического увеличения нагрузки на её отдельные участки. Оценка прироста величины снеговой нагрузки на кровлю в течение снегопада может существенно повлиять на общее рассмотрение проблемы снегонакопления на кровле и на нормативные снеговые нагрузки. Однако данному вопросу обычно не уделяется должного внимания [4].

Для сокращения количества обрушения кровель по причине превышения снеговой нагрузки специалисты могут провести ревизию нормативных документов с тем, чтобы определить, соответствуют ли они реальным снеговым нагрузкам. Это позволит обезопасить кровли от обрушения. Изменения могут быть как в сторону увеличения снеговой нагрузки, так и ее уменьшения.

Список литературы

- 1 Лобкина, В. А. Ущерб от снеговых нагрузок в Российской Федерации. Причины и последствия. Геориск. Вып. 1 / В. А. Лобкина. – М., 2012. – С. 50–53.
 - 2 Лобкина, В. А. Система дистанционного мониторинга снеговой нагрузки на кровле зданий «Лёд и Снег» / В. А. Лобкина, И. А. Кононов, А. А. Потапов. – М., 2016. – Т. 56, № 2.
 - 3 Определение нормативных и расчетных значений снеговых нагрузок / И. Д. Грудев [и др.] // Промышленное и гражданское строительство. – 2007. – № 4. – С. 10–12.
 - 4 Заварина, М. В. Строительная климатология / М. В. Заварина. – Л. : Гидрометеиздат, 1976. – 312 с.
- УДК 624.01/04.003

АНАЛИЗ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ВОССТАНОВЛЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

А. В. ВИТОВТОВА, Е. В. СЕДУН

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

На протяжении десятилетий на территории стран СНГ систематически случаются аварии на зданиях и сооружениях различного назначения. Вызываются они ошибками, допущенными при выполнении проектно-изыскательских и строительно-монтажных работ, изготовлении строительных материалов конструкций и изделий. Последствия указанных нарушений усугубляются несоблюдением норм и правил технической эксплуатации зданий и сооружений. Как правило, аварии являются следствием невыгодного сочетания нескольких из указанных факторов [1].

Обеспечение безопасности несущих конструкций строящихся зданий, сохранение и продление срока службы существующих, сокращение затрат на реконструкцию и восстановление объектов не утрачивают своей актуальности. С учетом недостаточности финансирования этих вопросов улучшение ситуации констатировать пока не приходится. При этом финансовые проблемы не являются основными [2].

Недостаточное изучение причин аварий зданий и сооружений приводит к повторению ошибок проектирования, строительства и эксплуатации. Существует тенденция сокрытия происшествия аварий, что не позволяет специалистам зарегистрировать факт и выполнить качественный анализ причин разрушений.

Однако тяжесть последствий аварий можно предвидеть, а также сократить их общее количество за счёт прекращения тиражирования однотипных причин аварий, неквалифицированного выполнения оценки и прогнозирования технического состояния элементов и конструкций, грамотного ведения ремонтно-восстановительных работ, нарушений правил технической эксплуатации зданий [3, 4].

Например, если установить на законодательном уровне сроки плановых обследований зданий и сооружений в зависимости от назначения и материала конструкций, то появится возможность выявления и устранения повреждений на ранних стадиях и предотвращения их дальнейшего развития, что позволит значительно уменьшить количество аварий, проанализировать ошибки, допущенные при строительстве и эксплуатации зданий и сооружений, и предотвратить их в будущем.

Конечно, работы по обследованию зданий влекут за собой значительные материальные затраты. Однако несвоевременно выявленные и устраненные дефекты и повреждения элементов зданий нередко перерастают в серьёзные нарушения. Их последствия помимо социального ущерба могут привести к более высоким материальным затратам, связанным с восстановлением эксплуатационных свойств конструкций [5].

Материальные затраты на восстановление строительных конструкций зданий и сооружений значительно превышают затраты на обследование и проведение комплекса работ по его результатам.

Авторами выполнен анализ затрат на восстановление строительных конструкций для зданий различного назначения. В качестве примера в таблице 1 приведен анализ стоимостей работ на обследование здания мастерских учреждения образования «Костюковский государственный аграрно-технический профессиональный лицей» и последующий ремонт по его результатам, работ по восстановлению здания в случае обрушения его части или демонтажа и возведения нового здания. Здание мастерских – одноэтажное, бесподвальное. Год постройки – 1975. Несущими элементами частей здания являются кирпичные столбы (сетка столбов 6,0×9,0 м) сеч. 510×900 мм, выполненные из кирпича силикатного либо кирпича керамического полнотелого, продольные наружные и внутренние стены – из кирпича силикатного. Перегородки выполнены из кирпича керамического полнотелого (отдельные перегородки – из камня силикатного, блоков ПГС, бетонных блоков). Покрытие нескольких видов: сборные железобетонные ребристые плиты размером 1,5×6,0 м, уложенные по сборным железобетонным балкам таврового сечения пролетом 9,0 м; сборные железобетонные многопустотные плиты типа ПК различных типоразмеров. Кровля – малоуклонная рулонная совмещенная.

Таблица 1 – Анализ экономической составляющей восстановления строительных конструкций здания мастерских

УО «Костюковский государственный аграрно-технический профессиональный лицей»

Перечень работ	Стоимость, бел. руб.
1 Восстановление строительных конструкций здания по результатам обследования, включающее: – составление проекта; – усиление кирпичных столбов; – усиление наружных стен; – усиление простенков; – ревизию и ремонт стен и перегородок; – выполнение оконной перемычки; – ревизию и ремонт железобетонных перемычек с наружной стороны; – ревизию и ремонт несущей части покрытия (балок покрытия, ребристых плит, плит пустотного настила, заделки швов между плитами); – замену части карнизных плит; – ревизию и ремонт карнизных плит; – замену части кровли; – ремонт части кровли; – устройство выходов вентканалов на кровле; – устройство подоконных отливов; – замену дверей; – замену отмостки по периметру здания	1,33
2 Восстановление разрушенных конструкций и их усиление при частичном обрушении здания	4,00
3 Демонтаж обрушенного здания и возведение нового	10,00

Исходя из анализа стоимостей работ по обследованию с последующим восстановлением здания, можно сделать вывод, что имеет смысл ввести обследование здания аттестованными специалистами на законодательном уровне. Своевременное проведение обследования строительных конструкций зданий и выполнение необходимого комплекса ремонтных работ согласно рекомендациям позволит снизить риски аварийности.

Список литературы

- 1 **Шишкин, А. А.** Анализ причин аварий и повреждений строительных конструкций / А. А. Шишкин. – М. : Стройиздат, 1973 (1964). – 288 (291) с.
- 2 Реестр аварий зданий и сооружений 2001–2010 годов / К. И. Еремин [и др.]. – М., 2011. – 320 с.
- 3 **Леденев, В. В.** Аварии в строительстве. Т. 1. Причины аварий зданий и сооружений / В. В. Леденев. – Тамбов : Изд-во ТГТУ, 2014. – 209 с.
- 4 **Леденев, В. В.** Предупреждение аварий : учеб. пособие / В. В. Леденев, В. И. Скрылев. – М. : АСВ, 2002. – 240 с.
- 5 **Шкинев, А. Н.** Аварии в строительстве / А. Н. Шкинев. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Стройиздат, 1984. – 320 с.

УДК 725.38

К ВОПРОСУ ОБУСТРОЙСТВА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ БЕЛАРУСИ

А. В. ЕВСТРАТЕНКО

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Качественная дорожная сеть является важнейшим ресурсом, способным значительно повлиять на процесс экономического развития страны, а также обеспечить инновационный и информационно-коммуникационный обмен, эффективную занятость и высокую производительность труда населения. Выгодное геополитическое положение, рост автомобилизации и мобильности населения, а также повышение требований к качеству дорог и их обустройству стимулируют развитие придорожной инфраструктуры. Условно в Беларуси сформирована система придорожного обслуживания. Усредненный показатель регулярности размещения объектов вдоль автодорог республиканского значения соответствует нормативному. Однако обследование республиканских трасс показало значительную неравномерность расположения предприятий обслуживания, зачастую несоответствие качественных характеристик объектов ожидаемым.

Требованиями ТКП 507–2014 (02190) «Автомобильные дороги. Размещение и обустройство объектов сервиса» регулируется в настоящее время вместимость объектов придорожного сервиса. Мощность каждой отдельной функциональной группы определяется в зависимости от конкретных

условий. Для автозаправочной станции такими условиями являются интенсивность транспортного потока в сутки, тип размещения (одно- или двухстороннее); для пункта питания и торговли – число автомобилей в сутки и вид участка (пригородный или транзитный); для пунктов постоя также число автомобилей в сутки и их тип (грузовой, легковой, автобусы); для станций техобслуживания – интенсивность движения, расстояние между станциями, тип размещения. При этом остаются открытыми вопросы влияния сезонной интенсивности движения, учета всех категорий пользователей и комплексной оценки требуемой мощности многофункционального объекта. Потребителями услуг предприятий придорожного обслуживания являются местные жители и иностранные граждане, совершающие поездки в частных, туристических, транзитных целях, для осуществления трудовой деятельности.

Система объектов придорожного сервиса – это достаточно гибкая структура, которая быстро откликается на изменения спроса всех категорий пользователей, а значит, непрерывно видоизменяется. Можно выделить три метода формирования и дополнения сети объектов придорожного сервиса новыми элементами: распределительный, мощностный, потребностный.

В основе распределительного метода лежат нормативные требования (установленные расстояния между объектами, возможности использования земель и участков автодорог), стимулирующие и ограничивающие критерии размещения. В частности, объекты с минимально необходимым обслуживанием (пункт питания и торговли с соответствующими площадками отдыха и автостоянками) рекомендовано размещать через каждые 25–35 км, автозаправочные станции со средним интервалом около 25 км, станции технического обслуживания с интервалом 70–80 и 80–100 км в случае наличия услуги выездного сервиса и эвакуации транспортного средства.

Мощностный метод заключается в расширении объекта в объемном и структурном смысле в процессе эксплуатации. Новый вид сервиса появляется на участке дороги на базе существующего предприятия в связи с высоким реальным и потенциальным спросом. Данный путь развития присущ многим предприятиям, которые создаются как однозадачные объекты, чаще пункт питания малой вместимости. При достаточно рентабельной работе и наличии перспектив роста объект наполняется иными видами услуг, в том числе менее доходными, и расширяется в пределах доступной территории. Указанный метод имеет определенные недостатки: зачастую объемно-планировочное решение объектов неэффективно, а архитектурно-художественное оформление многообразно.

Потребностный метод – возведение новых объектов с отклонением от нормативного интервала размещения, в том числе вблизи существующих предприятий (в пределах одного километра) в связи с интенсивным транспортным потоком и повышенным спросом пользователей автодорог на услуги на данном участке автотрассы. Ситуация, когда в пределах малого участка дороги располагается два и более объекта различной принадлежности, как разнонаправленных, так и предлагающих схожий перечень услуг, весьма распространена на республиканских трассах. Наиболее типичен данный метод построения в непосредственной близости городских и сельских поселений, где заведения активно посещаемы местными жителями, и у значимых пересечений трасс, где выше интенсивность транспортного потока. Можно отметить как положительные, так и отрицательные стороны метода. С одной стороны, у участников дорожного движения появляется альтернатива в выборе объекта обслуживания, а конкурентные условия стимулируют достижение оптимального соотношения цены и качества услуг, с другой – такое расположение может негативно повлиять на безопасность участка автодороги. А значит, необходима разработка комплексной схемы организации движения на имеющейся территории. Наиболее рациональное решение может быть принято в процессе реконструкции самой трассы. Кроме того, соседствующие постройки, возводимые разными инвесторами, обычно выполняются с использованием различных архитектурных приемов, что привносит в облик дороги черты несогласованности.

Желательно предусматривать возможности частичной или фрагментарной трансформации на этапе проектирования объекта в зависимости от возможностей площадки строительства и в соответствии с принятым архитектурно-планировочным решением. При тотальной трансформации вызывает определенные вопросы экономическая целесообразность. К примеру, в странах Западной Европы, где реализуется несколько иной подход к управлению придорожной инфраструктурой, объекты, требующие значительной реконструкции, сносят, возводя на их месте новые. Подобная ситуация наблюдается и при смене владеющей компании.

Объекты обслуживания в придорожной полосе могут быть различно ориентированы по отноше-

нию к автодороге: возможно фронтальное, торцевое, многостороннее, глубинное, распределенное расположение. При ориентации протяженного по горизонтали главного фасада параллельно автодороге здание придорожного обслуживания образует фронтальную композицию – наиболее характерный тип построения. Редко встречающееся торцевое расположение отмечается в случае, когда к линии дорожного полотна обращен боковой фасад. Многостороннее расположение характерно для большого числа объектов, размещенных локально у пересечений дорог, когда в обоих направлениях открывается вид практически на все фасады и образуется цельный визуальный образ здания. Глубинное размещение характеризуется постановкой здания на некотором отдалении от дорожного полотна, но в пределах полосы отвода. Фасад строения может быть частично скрыт зелеными насаждениями и располагаться за активно благоустроенным участком территории. Объект придорожного сервиса, представленный несколькими достаточно равноценными различно ориентированными объемами, имеет распределенную компоновку. Выбор типа постановки здания в пределах полосы отвода определяется планируемым наполнением объекта и взаимным размещением структурных частей в пределах заданного пространства, в соответствии с чем выполняется организация транспортного и пешеходного движения на прилегающей и на территории объекта.

Объекты придорожного сервиса – элементы автодорожной системы, формирующие облик трасс и немало определяющие уровень инфраструктурного развития. В настоящее время происходит некоторое переосмысление их значения, которое не ограничивается исключительно утилитарной функцией. В некоторой степени это диктуется участием Беларуси в ряде интеграционных инициатив.

Задачи обеспечения рационального размещения и эффективной планировочной структуры объектов придорожного обслуживания приобретают важное значение. Распределение предприятий и перечень предлагаемых услуг относятся к вопросу обустроенности дорог, комфортности и безопасности перемещения по ним, а общее архитектурно-пространственное решение и частные приемы художественной выразительности – к проблеме качественного уровня архитектуры дорог в целом и каждого придорожного объекта в отдельности. Таким образом, необходим многосторонний анализ развития рассматриваемой системы обслуживания, что позволит выявить возможные направления деятельности по совершенствованию национальной сети автомобильных дорог.

УДК 69+624.15

УКРЕПЛЕНИЕ ОПОЛЗНЕВОГО СКЛОНА В ИСТОРИЧЕСКОЙ ЗАСТРОЙКЕ г. МОГИЛЕВА

С. В. ИГНАТОВ

Государственное предприятие «Институт «Белжелдорпроект», г. Минск

В современных условиях плотной городской застройки перед проектными организациями стоит комплексный вопрос по сохранению ранее сложившейся исторической застройки, укреплению оснований и остановки опасных геологических процессов. Одной из таких сложных геотехнических задач явилась задача по укреплению оползневого склона, расположенного между площадью Орджоникидзе и ул. Большая Гражданская в г. Могилеве. Данный участок относится к центральной части города Могилева, в пределах регулируемой застройки охраняемого ландшафта и охранной зоны историко-культурных ценностей археологических объектов – исторический центр г. Могилева (XIV–XX вв.), а также охранной зоны культурного слоя древней территории Никольской церкви (XVI–XVIII вв.).

Существующий рельеф участка – сложный, с перепадом отметок более чем на 27,0 метров (от 179,100 в наивысшей точке – площадь Орджоникидзе – до 151,500 у подножия склона – ул. Большая Гражданская).

В геологическом строении на данном участке принимают участие следующие отложения (сверху вниз) (рисунок 1, а):

– насыпные грунты из песка разнозернистого, супеси и суглинка пылеватых загрязненных, с включением строительного и бытового мусора до 30 %, а также органических веществ мощностью до 14,7 метров;

– суглинок и супесь полутвердой, пластичной консистенции с включением гравия и гальки, местами с прослойками песка влажного и водонасыщенного, общей вскрытой мощностью слоев 0,2–12,9 метров;

– песок мелкий влажный, водонасыщенный с прослойками песка среднего, вскрытой мощностью 3,5–8,1 метров.

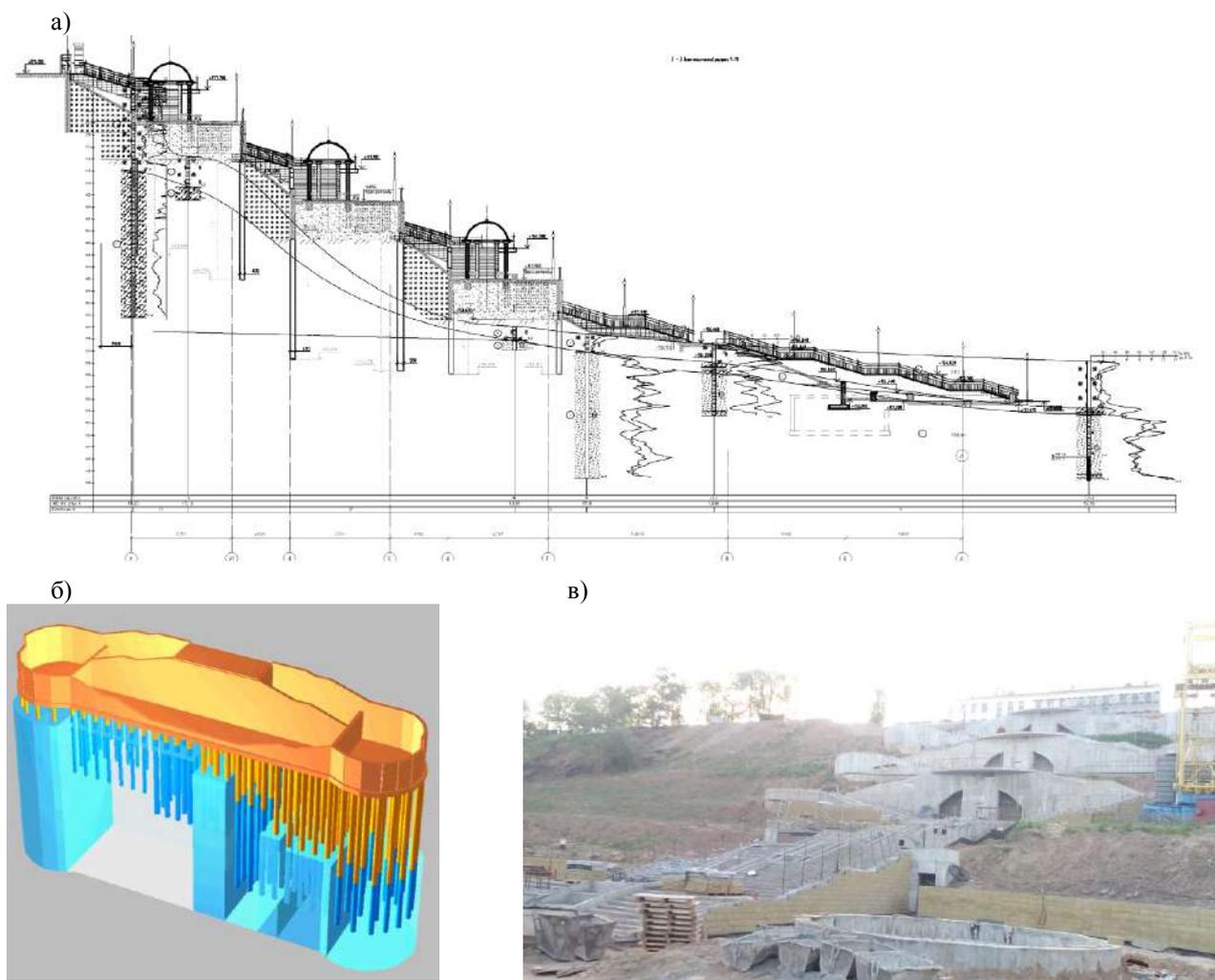


Рисунок 1 – Лестничный спуск на оползневом склоне:
a – инженерно-геологические условия с нанесенными контурами сооружения;
б – расчетная 3D-модель; *в* – возведенный лестничный спуск

В процессе эксплуатации из-за крутого склона, сложенного с поверхности насыпными фильтрующими грунтами, подстилаемыми глинистыми водоупорами, начали проявляться первые признаки оползневых процессов, и строительство лестничного спуска с фонтаном, расположенным в центральной исторической части города г. Могилева, должно было решить следующие основные задачи: укрепление оползневой склона, сохранение исторического рельефа территории старого города и организацию спуска в парк на улицу Большая Гражданская с площади Орджоникидзе.

Так как рельеф пятна застройки характеризуется перепадом отметок на величину 27,6 м, то для обеспечения устойчивости откоса и реализации плавного спуска проектом предусмотрено устройство многомаршевой монолитной железобетонной лестницы, объемно-планировочное решение которой организовано по принципу симметрии относительно центральной оси лестницы (см. рисунок 1, *a, б*). Начинается лестничный спуск с прямого марша, а затем марши лестницы симметрично от центральной оси расходятся влево и вправо (от лестничной площадки, повторяя рельеф к разгрузочным смотровым площадкам с круглыми беседками (ротондами), предназначенным для отдыха. От площадок с ротондами лестничный спуск (опять же по рельефу) возвращается к центральной оси. Такая система повторяется три раза в наиболее выраженной части склона, а затем лестница

с параллельными центральной оси маршами спускается к ул. Большая Гражданская. На промежуточных площадках (отм. +172,500, 165,900, 159,300) по центральной оси лестницы под каскадным фонтаном устраиваются гроты для отдыха.

Удержание склона вдоль лестничных маршей и около смотровых площадок осуществляется монолитными железобетонными подпорными стенами на свайном основании. Бурунабивные сваи жестко соединены с монолитными железобетонными ростверками, а максимальная мощность прорезаемых слабых насыпных грунтов составляет 11,6 метра. Основанием свайных фундаментов являются супесь моренная средней прочности (ИГЭ-2); супесь моренная прочная (ИГЭ-3); песок мелкий средней прочности (ИГЭ-4). Сваи заземляются в несущем слое на глубины от 3 метров и более (см. рисунок 1, а).

Для проверки устойчивости проектируемых подпорных стен многомаршевым методом конечных элементов с использованием вычислительного программного комплекса «MicroFE 2013» выполнен объемный расчет, по результатам которого была проверена устойчивость склона, определены перемещения, усилия в элементах, и осуществлен подбор арматуры в конструкциях (см. рисунок 1, б).

Для контроля расчетных предпосылок, обеспечения безопасности производства строительно-монтажных работ и эксплуатации самого лестничного спуска были предусмотрены следующие элементы геотехнического мониторинга: опытное испытание бурунабивных свай вертикальной вдавливающей нагрузкой и геодезический мониторинг за горизонтальными и вертикальными перемещениями монолитных подпорных стен.

В результате испытания свай было установлено, что их осадки не превышают 1,0 см, что менее допустимого значения, равного 1,6 см. Наблюдение за горизонтальными деформациями подпорных стен продолжается и сегодня.

Таким образом, комплексное научно-техническое сопровождение разработки проектных решений и выполнения строительно-монтажных работ по обеспечению устойчивости оползневого склона позволило разработать экономические и безопасные решения, которые достаточно быстро были реализованы, а опытные полевые исследования подтвердили правильность принятых теоретических допущений и расчетных моделей.

УДК 728.1

АХРОМАТИКА И ОБЕСЦВЕЧИВАНИЕ В ФОРМООБРАЗОВАНИИ И ДИЗАЙНЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ

А. А. КАРАМЫШЕВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Цвет – важнейшее из средств формообразования, наряду с другими формообразующими факторами (конструкцией, геометрией, расположением в пространстве, структурой, фактурой, светом) цвет создает ансамбль строительного объекта, подчёркивает размеры сооружений, раскрывает и развивает функционально-конструктивные особенности здания. Различные цветовые решения способны добавить зданию ощущение легкости или фундаментальности, цельности и дискретности, ритмику, членение на элементы, эмоциональный контекст. Наряду собственно с цветом, как формообразующим фактором, одной из основ композиции в архитектуре, дополнением к форме и средством взаимосвязи с окружающей средой является ахроматика. В этой связи в дизайне экстерьеров уместно выделить как черно-белые, так и бесцветные комбинации.

Ахроматические цвета отличаются друг от друга по светлоте. Они не имеют цветности, присущих цвету характеристик и определяются в большей степени соотношением контрастности одного оттенка относительно другого. Черный цвет в архитектуре используется с осторожностью. Многие известные архитекторы считают его скучным и стараются «изгнать» из своего творчества. Другие, наоборот, выбирают его ведущим или, по крайней мере, основным дополнительным в ахроматической гамме. Зачастую черный цвет ассоциируется с трауром или отрешенностью. С другой стороны, нет ничего практичнее и строже черно-белых сочетаний и серых оттенков. Они уместны в оформлении офисных, культурно-развлекательных зданий, могут быть использованы при устройстве культовых сооружений и др. Черный цвет противоречив, но интересен. Он комбинируется

с любыми цветовыми оттенками (ахроматические оттенки усиливают любой другой цвет), но может быть использован и самостоятельно в бело-серых комбинациях. Характерные сочетания черного цвета с белыми тонами можно отметить в здании «Ледового дворца» в г. Гомеле. Черный цвет витринного остекления в контрасте с белыми стенами на фасаде создает урбанизированный образ стекла, заключенного в каменную оправу. Здесь не требуется цвет. Лаконичность и ахроматический контраст самодостаточны, выявлена функциональная составляющая объекта – это по-настоящему современный общественный центр.

Не менее интересен и другой ахроматический цвет – белый. Он находится в оппозиции к черному, усиливает его, помогает развить акценты. Черно-белый стиль использовался в архитектуре повсеместно на протяжении веков. Комбинаторика этих двух фундаментальных цветовых полюсов является основой для любых других цветовых соответствий в архитектурном дизайне. Серые оттенки – это все, что находится между белым и черным. Они получаются путем смешения основных цветов в равных пропорциях или путем смешения черного с белым.

В современном проектировании ахроматическая гамма используется как стилистическая основа для наиболее полного раскрытия сложной формы строительного объекта. Некоторые ведущие архитекторы мира в своей стилистике предпочитают отказаться от цвета в пользу раскрытия конструктивной сложности строительного объекта. В частности, так работает испанский архитектор Сантьяго Калатрава.

Подобный подход реализуется в авторской стилистике в рамках общей концепции «био-тек». Однако надо понимать, что это частный случай отказа от цветности, который сложно воспроизводим в иных условиях, с другим материально-техническим уровнем, климатом, временем строительства, окружающей застройкой и т. п., когда даже самая интересная задумка может обернуться рядом трудностей и недочетов.

В ахроматических рамках нет возможности «играть с цветом», поэтому активно используется принцип подбора формы и текстуры поверхностей, опирающийся на выбор правильных отделочных материалов. Ахроматическая гамма может восприниматься психологически разной: жесткой, агрессивной, колючей или острой, но может быть воспринята и как мягкая, плавная, глубокая и спокойная. Все зависит от формы, тематики и назначения строительного объекта, от того, какой смысл вкладывается в образ здания. Четкий силуэт, правильный строй, качественные материалы – обязательные условия для создания черно-белых сочетаний.

Выбор цветовой палитры в первую очередь зависит от функционального назначения здания. Функциональный процесс является ведущим по отношению к форме и цвету. Здесь важно четко соблюдать принцип соответствия, чтобы здание «читалось» в окружающей среде, было именно тем, чем оно является: библиотекой, развлекательным центром или офисом какой-то конкретной организации. К сожалению, кажущееся простым, это утверждение соблюдается далеко не всегда.

В частности, примером невыявленного функционального соответствия может служить здание «Новый универмаг» в городе Гомеле. Ахроматическая гамма, ритмичные чередования современных технологичных вентилируемых панелей и витрин скрывают функциональное назначение общественного здания, создают образ и характер в большей степени промышленного объекта. Надо понимать, что любая капля цвета, добавленная в ахроматическую гамму, способна существенно повлиять на «прочтение» строительного объекта, придать ему совершенно иной смысл, существенно исказив «читаемость» архитектурного сооружения.

Важнейшим принципом использования ахроматического подхода в архитектуре является принцип увязки нового здания с уже сложившейся окружающей застройкой. В этой связи интересен дом архитектора С. Шабуневского в городе Гомеле, так называемый «Серый дом» (1928). В образе этого дома архитектор обращается к принципам «социалистического реализма». Чтобы визуально «облегчить» серую монотонию, в штукатурку стен было добавлено битое стекло. По задумке архитектора, дом должен был переливаться всеми цветами радуги и блестеть. Однако сегодня здание просто выкрашено в серый цвет. Ахроматическая монотония скрывает формообразование, делает фасад унылым и плоским. По какой-то традиции его из раза в раз перекрашивают во все тот же однообразный серый. А заодно в сером цвете выполняют и соседние строения. Принцип «увязки» выполняется, но выполняется механически, без учета изначальной задумки автора. Примеры ахроматической монотонии, введенной в стилистический ансамбль, могут быть и вполне удачными, если это сопровождается соответствующей концепцией. Яркой индивидуальностью обладает известное здание Вавельберга в Санкт-Петербурге, построенное М. Перетятковичем (1912).

Монохромный цветовой фон хорошо сочетается с принципами суперграфики. В последнее время в городе Гомеле все чаще встречаются вполне удачные суперграфические композиции, оживляющие торцевые фасады зданий «хрущевской» эпохи обезличенной архитектуры. В такие здания вместе с суперграфикой приходит свежая волна жизни.

Малоразработанной темой можно считать принцип сочетания ахроматической гаммы светлых и темных тонов с живой природой. В частности, с вертикальным озеленением фасадов. А ведь это вполне логично и концептуально – «вдохнуть жизнь» в серые тона при помощи растений. Вполне возможно, что эта тема будет весьма востребована в ближайшем будущем как в зарубежной, так и в отечественной практике. Некоторые работы ведутся в этом направлении, создается определенная стилистика в рамках так называемых «экологических» тенденций в современной архитектуре.

Считается, что ахроматические цвета принадлежат к нейтральным, которые сочетаются со всеми остальными. Партитуру белых и серых способны оживить и раскрыть включения цветочных точек. В сочетании с цветом ахроматика способна создать бесконечное разнообразие утонченных и изысканных образов. Серый цвет усиливает насыщенность и яркость других цветов, но несколько приглушает желтые тона, отчего желтый и оранжевый только выигрывают. Необычное сочетание ахроматического фона с акцентами цветочных пятен создает цельный и современный образ одного здания. Тем не менее, подобный подход для группы строений несколько размывает идею, серый фон доминирует, преобладает в застройке, ассоциативно делегируя внимание к эпохе массовой жилой застройки 60-х годов.

Таким образом, в результате краткого анализа можно наметить некоторые методологические принципы использования ахроматики в современной архитектуре экстерьеров:

- черно-белая, контрастная композиция тяготеет к строгости формы;
- отказ от цвета в пользу конструктивной сложности объекта;
- взаимосвязь цвета с информацией о функциональном назначении здания;
- подбор формы и текстуры поверхностей, опирающийся на выбор правильных отделочных материалов;
- цветное разнообразие и ахроматика могут быть хорошим фоном для суперграфических композиций;
- вертикальное озеленение – живой акцент для игры формы, геометрии и серых поверхностей.

Размышляя о принципах ахроматической стилистики, можно сделать выводы о том, что подобная стратегия в дизайне экстерьеров творчески сложна и интересна, востребована на данном этапе, однако, во избежание ошибок, может быть реализована в проектировании отдельных эксклюзивных зданий и сооружений и не совсем применима в массовом жилом строительстве, требует дополнительных исследований.

УДК 711.4(476)

АНАЛИЗ РАЗВИТИЯ ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОГО КАРКАСА г. ГОМЕЛЯ

С. И. КОВЫРЕВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Эффективное функционирование города во многом определяется развитостью и сбалансированностью его градостроительного каркаса, который формируют главные транспортные магистрали, коммуникационные узлы, объекты обслуживания, привлекающие массовые потоки посетителей.

Понимание механизмов развития и периодов становления городского каркаса позволяет прогнозировать последующие этапы его территориально-пространственного роста, осуществлять дальнейшее его развитие целенаправленно, направляя городские ресурсы и инвестиции наиболее эффективно и рационально.

Выявление роли городского каркаса города Гомеля в выработке прогноза его развития с целью более эффективного планирования инвестиций в его дальнейшее строительство является целью данной работы. Анализ формирования каркаса выполнен путем сопоставления генерализованных моделей каркаса на различных исторических этапах развития города. При выполнении генерализо-

ванных моделей сопоставлялась информация об объемах приращения городских территорий, локализация объектов обслуживания с учетом их количественных и качественных характеристик, анализировались наиболее устойчивые элементы каркаса города.

Анализ, выполненный с учетом вышеизложенного подхода, позволил выделить три основных этапа формирования города Гомеля.

Первый этап связан с выделением Гомеля в качестве ведущего центра в системе окружающих поселений в IX–XVII веках.

Гомель, расположенный на местности с благоприятными фортификационными возможностями, смог обеспечить функцию сохранения и интеграции окружающих поселений этого периода. Относительно простая роль города определила и характер взаимодействия с окружением. Гомель этого периода как бы «сосуществовал» со своим окружением, практически не влияя и не изменяя его структуры. Отсюда и планировочная структура Гомеля и прилегающих поселений определялась, прежде всего, топографическими особенностями местности. Последнее определило и формирование основных планировочных направлений: север – юг (по наиболее возвышенным элементам местности) и запад – восток (вдоль реки Сож).

Второй этап, начавшийся в конце XVIII века и связанный с индустриализацией общества, разрушил традиционно сельские структуры. Стали активно выделяться наиболее удобные в географическом положении поселения, которые концентрировали культурный и экономический потенциал общества. Одним из них и стал город Гомель.

Появление новых форм общественно-экономической деятельности в Гомеле, необходимость их интеграции определили активный территориальный рост города, вычленение новых функционально-пространственных структур – центр, срединная зона, периферия.

При этом наблюдается ярко выраженная неравномерность формирования функционально-пространственных структур города. Она определена как историческими, так и природными предпосылками развития города. Такими факторами можно считать более выгодные для освоения территории правобережной части затопляемость и заболоченность левобережной части города.

В силу этих обстоятельств процесс интеграции функционально-пространственных структур в северном и северо-западном направлениях примерно на один цикл опережает развитие остальных частей городского пространства. Срединная зона здесь обладает всеми необходимыми предпосылками для формирования специализированной и некоторых видов культурной функций, что определяет усиление интеграции района «Сельмаш» и западной части города между собой, минуя центр.

Происходит вычленение устойчивых элементов планировочной структуры в общегородском каркасе. К таким элементам необходимо отнести связи в следующих направлениях: север – юг – улицы Советская, Интернациональна, Ильича; запад – восток – Речицкое шоссе, ул. Барыкина; северо-запад – пр. Космонавтов; северо-восток – ул. Крупской. Также узлы сопряжения планировочной структуры в районе ул. Полесской, Рогачевской, Хмельницкого, Кузнецкого и Новобелицкого путепроводов.

Третий, современный этап общественного развития, характеризуется перераспределением части видов деятельности из городов на отдаленную периферию, прилегающие поселения, активно включая их в орбиту городских интересов. Этот процесс влечет реорганизацию функционально-пространственных структур как города, так и прилегающих поселений, усиление их интеграции между собой. Такая реорганизация сопровождается вытеснением, в первую очередь, стандартных видов деятельности и все большим удалением периферии при усилении значимости уникальной функции в городе, особенно в общегородском центре.

Учитывая сложившуюся функционально-пространственную структуру Гомеля и ее развитие, можно прогнозировать:

1) использование для реализации городских интересов прилегающих поселений в северном, северо-западном и западном направлениях, их все более интенсивное включение в процесс общегородской интеграции как следствие сформировавшейся устойчивой периферийной и срединной зон города по этим направлениям;

2) формирование «входных узлов-фильтров» на внешних планировочных связях по ул. Барыкина, Речицкому шоссе, ул. Советской для обслуживания агломерационных миграций и снижения «давления» агломерации на общегородской центр;

3) структурные качественные и количественные изменения состава объектов в центре города в сторону их «уникализации»;

4) возрастание актуальности территорий Залинейного района, непосредственно примыкающего к центру города. Здесь уже в настоящий момент наметилась тенденция реконструкции индивидуальной жилой застройки под нужды малого и среднего бизнеса, коммерции;

5) смещение вектора территориально-пространственного роста города в южном направлении, выравнивание пятен освоенных территорий левого и правого берегов реки Сож. Это относится, в первую очередь, к территориям в районах Севруки, Ченки, Якубовка;

6) усиление роли правобережной части города, центральной части Новобелицы в общегородской интеграции как следствие развития периферии города в южном и юго-восточном направлениях;

7) активизация использования для реализации городских интересов поселений и территорий в юго-восточном направлении, их включение в интенсивный общегородской интеграционный процесс.

Ключевым фактором на данном этапе развития является окончание максимально возможного наращивания каркаса градостроительной системы и переход к качественной перестройке городских территорий, их реконструкция и реновация.

УДК 624.072.21.7

НЕЛИНЕЙНЫЙ РАСЧЕТ ПО В. И. СОЛОМИНУ ФУНДАМЕНТНОЙ БАЛКИ С ТРЕЩИНАМИ НА УПРУГОМ ОСНОВАНИИ

О. В. КОЗУНОВА, С. В. КУМАШОВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Задача о расчете фундаментов сооружений является одной из трудных задач строительной механики, главным образом из-за чрезвычайно неопределенных физических свойств грунтов основания под фундаментами [1].

До образования трещин железобетонные конструкции могут быть рассчитаны как линейно-упругие. При нарушении сплошности материала вследствие трещинообразования расчет производится методом, предложенным профессором В. И. Соломиным [2] и основанным на приведении железобетонного элемента с трещинами эквивалентному ему по жесткости сплошному элементу.

Постановка задачи. Для балок с трещинами физическое уравнение нелинейно, следовательно, жесткость будет меняться по длине балки. В этом случае дифференциальное уравнение упругой линии балки имеет следующий вид:

$$B \frac{d^4 w}{dx^4} + 2 \frac{dB}{dx} \frac{d^3 w}{dx^3} + \frac{d^2 B}{dx^2} \frac{d^2 w}{dx^2} = q - p, \quad (1)$$

Это дифференциальное уравнение является нелинейным, так как входящая в него жесткость B является функцией не только координаты x , но и неявной функцией кривизны.

Физически нелинейная задача решается путем последовательных приближений. В каждом приближении разрешающие уравнения линеаризуются и конструкция рассчитывается как некоторая линейно-упругая система. Такие способы расчета названы методами упругих решений [4]. Среди них различают (по терминологии И. А. Биргера) метод переменных параметров упругости, метод дополнительных нагрузок и метод дополнительных деформаций. Рассмотрим их использование для решения поставленной задачи.

Алгоритм нелинейного расчета. Метод переменных параметров упругости. Он заключается в том, что на каждом этапе последовательных приближений рассчитывается линейно-упругая балка, жесткость элементов которой различна и вычисляется по результатам предыдущего приближения, т. е. на каждом этапе решается уравнение

$$B^{(k-1)} \frac{d^4 w}{dx^4} + 2 \left(\frac{dB}{dx} \right)^{(k-1)} \left(\frac{d^3 w}{dx^3} \right)^k + \left(\frac{d^2 B}{dx^2} \right)^{(k-1)} \left(\frac{d^2 w}{dx^2} \right)^k + p^k = q, \quad (2)$$

где k – номер приближения.

В первом приближении жесткость принимается равной B_0 . Решив уравнение (2), находим перемещения, а затем и кривизны во всех точках балки χ_k . Изгибающие моменты M_k легко могут быть определены, так как функция жесткости балки $\beta_{k-1} = \text{tg}\beta_{k-1}$ известна из предыдущего приближения. Теперь имеем возможность получить функцию жесткости балки для последующего приближения B_k . На рисунке 1 показано два пути определения этой функции: по моментам – $B_M^k = \text{tg}\beta_M^k$ и по кривизнам – $B_\chi^k = \text{tg}\beta_\chi^k$.

Здесь лишь заметим, что на рисунке 2 приведена упрощенная диаграмма $M - \chi$, которая не имеет разрыва в точке $M = M_{\text{срс}}$, а следовательно, позволяет выразить жесткость как непрерывную функцию изгибающего момента.

Последовательное решение уравнения (2) с уточнением жесткостей тем или другим способом в каждом приближении продолжается до тех пор, пока разница между результатами, получаемыми на двух соседних приближениях, не окажется достаточно малой.

Численные результаты. При расчете рассмотрена монолитная фундаментная балка на упругом Винклеровском основании под различными видами нагрузки (статический эквивалент $q_{\text{эkv}} = 100 \text{ кН/м}$), длиной 6 м, приведенной жесткости $B_0 = 5 \cdot 10^4 \text{ кН}\cdot\text{м}^2$. В результате нелинейного расчета (нулевая итерация) получено распределение осадок под фундаментной балкой (рисунк 2).

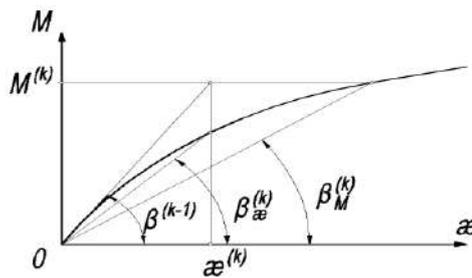


Рисунок 1 – Определение коэффициентов жесткости по моментам $B_M^k = \text{tg}\beta_M^k$ и кривизнам $B_\chi^k = \text{tg}\beta_\chi^k$

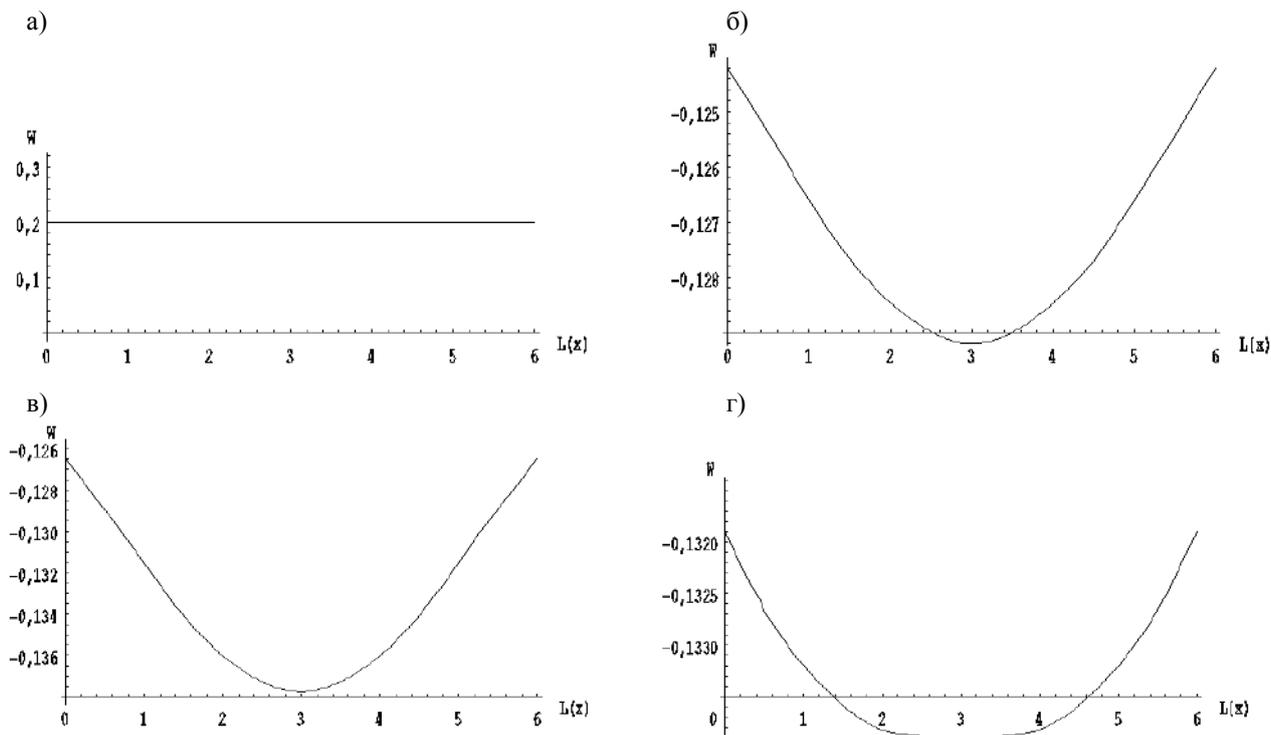


Рисунок 2 – Распределение осадок под фундаментной балкой, эпюра прогибов фундаментной балки (нулевая итерация), м: а – при постоянной равномерно распределенной нагрузке; б – при распределенной нагрузке в виде синусоиды; в – при одной симметрично распределенной по участку балки нагрузке; г – при двух симметрично распределенных по участку балки нагрузках

Вывод. В монографии В. И. Соломина [2] предложено нелинейное дифференциальное уравнение фундаментной балки с трещинами, решая которое, получено распределение осадок под балкой, и можно получить распределение реактивных давлений в контактной зоне. Численные результаты нелинейного расчета (нулевая итерация) в виде графических зависимостей осадки от нагрузки для разных ее видов при одном статическом эквиваленте соответствуют гипотезам и допущениям строительной механики в стадии упругой деформации.

Список литературы

- 1 Жемочкин, Б. Н. Практические методы расчета фундаментных балок и плит на упругом основании / Б. Н. Жемочкин, А. П. Синецын. – М. : Гос. изд-во лит-ры по строительству, архитектуре и строительным материалам, 1962.
- 2 Соломин, В. И. Методы расчета и оптимальное проектирование железобетонных фундаментных конструкций / В. И. Соломин, С. Б. Шматков. – М : Стройиздат, 1986. – 206 с.
- 3 Петров, В. В. Нелинейная инкрементальная строительная механика / В. В. Петров. – М. : Инфра-инженерия, 2014. – 480 с.
- 4 Биргер, И. А. Некоторые общие методы решения задач теории пластичности / И. А. Биргер // Прикладная математика и механика. – 1951. – Т. XV. – Вып. 6. – С. 765–770.

УДК 624.072.21.7

НЕЛИНЕЙНЫЙ РАСЧЕТ ЗАКЛАДНОЙ ДЕТАЛИ ОПОРНОГО УЗЛА ВАРИАЦИОННО-РАЗНОСТНЫМ МЕТОДОМ

О. В. КОЗУНОВА, К. А. СИРОШ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Рассматривается закладная деталь опорного узла «ригель-консоль колонны» и исследуется ее напряженно-деформированное состояние в нелинейной постановке. Способом расчета данного элемента опорного соединения строительной конструкции является вариационно-разностный метод (ВРМ).

Вариационно-разностный метод (ВРМ) является одним из приближенных способов расчета строительных конструкций. Сущность ВРМ заключается в сведении задачи минимизации функционала полной потенциальной энергии, являющейся квадратичной функцией относительно деформаций и перемещений [1], к задаче минимизации функции многих переменных, отнесенных к узлам конечно-разностной сетки [2].

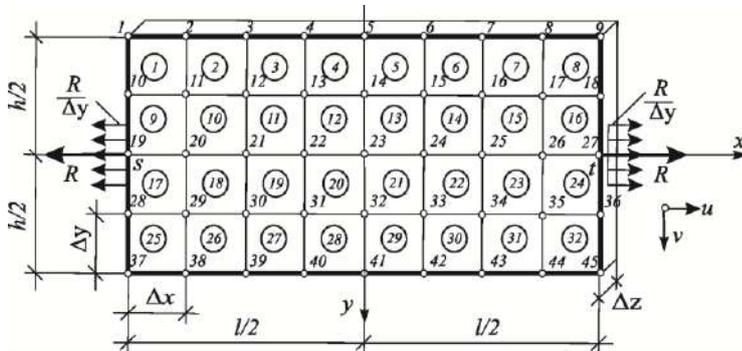


Рисунок 1 – Разбивочная сетка расчетной модели

Постановка задачи. Закладная деталь опорного узла моделируется пластиной размерами l, x, h с упругими параметрами E_0, μ_0 под действием сосредоточенных сил R в условии плоского напряженного состояния (рисунок 1).

Алгоритм расчета в нелинейной постановке. Разобьем пластинку прямоугольной сеткой (см. рисунок 1) на отдельные ячейки (рисунок 2) и найдем энергию деформаций [3] для отдельной ячейки с номером « j ».

Полная энергия пластинки и действующей на нее нагрузки представляется в виде суммы

$$\Theta = \sum_{n=1} \Delta \Theta_j - R(u_s + u_t), \quad (1)$$

где n – количество ячеек разбивочной области, $n = 32$.

Дифференцируя (1) по каждому узловому перемещению, получаем систему линейных алгебраических уравнений.

Для численного нахождения решения организуем итерационный цикл при постоянном коэффициенте Пуассона [4] для следующих исходных данных нагруженной пластинки: $E_0 = 2 \cdot 10^5$ МПа; $\sigma_u = 240$ МПа; $l = 0,4$ м; $h = 0,2$ м; $\Delta z = 0,01$ м, $\mu_0 = 0,3$; $R = 150$ кН.

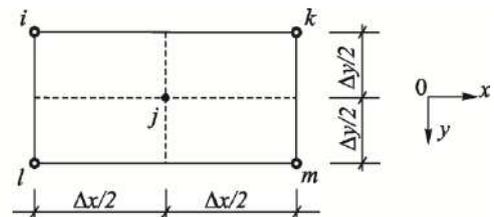


Рисунок 2 – Прямоугольная ячейка метода конечных разностей

При начальном модуле упругости E_0 определяются перемещения u_0 и v_0 . В исследовании НДС пластины как закладной детали опорного узла в нелинейной постановке предусматривается организация итерационного алгоритма, где *линейный расчет становится нулевой итерацией*.

На рисунке 3 приведены эпюры окончательных нормальных напряжений σ_x в двух характерных сечениях: на краю и в середине пластины.

Знакопеременные эпюры σ_x (у края пластинки) с большими значениями напряжений в точке приложения сосредоточенной силы полностью соответствуют принципу Сен-Венана в части наличия для второй системы сил нулевой равнодействующей этих сил.

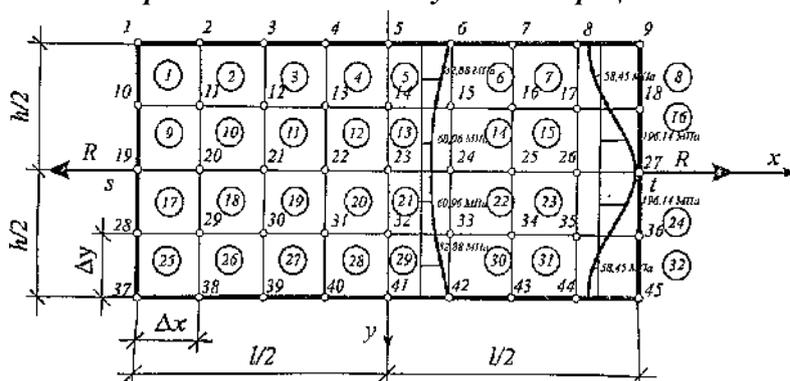


Рисунок 3 – Распределение σ_x по двум сечениям пластинки (нелинейный расчет, 3-я итерация)

Вывод. В результате проведенных исследований было замечено следующее: несмотря на некоторые расхождения в значениях, очертание эпюр напряжений σ_x в основном соответствует принципу Сен-Венана [7, 8], хотя этот принцип ранее доказан только для линейно-деформируемых систем.

Список литературы

- 1 Барашков, В. Н. Алгоритм реализации задач теории упругости и пластичности вариационно-разностным методом. Ч. 1 / В. Н. Барашков // Известия Томского политехнического университета. – Томск, 2003. – № 3, Т. 306 – С. 23–28.
- 2 Козунова, О. В. Нелинейный расчет фундаментных плит на слоистых основаниях, ослабленных биогенными включениями / О. В. Козунова // Вестник гражданских инженеров. – СПб. : СПбГАСУ, 2009. – 2(19) – С. 100–104.
- 3 Рындин, Н. И. Краткий курс теории упругости и пластичности / Н. И. Рындин. – Л.: Изд-во Ленинград. ун-та, 1974. – 174 с.
- 4 Александров, А. В. Основы теории упругости и пластичности / А. В. Александров, В. Д. Потапов. – М. : Высш. шк., 1990. – 398 с.
- 5 Фихтенгольц, Г. М. Основы математического анализа (1) / Г. М. Фихтенгольц. – СПб. : Изд-во «Лань», 2001. – 448 с.
- 6 Калиткин, Н. Н. Численные методы: учеб. пособие / Н. Н. Калиткин. – 2-е изд., исправл. – СПб. : БХВ. – Петербург, 2014. – 592 с.
- 7 Сен-Венан, Б. Мемуар о кручении призм. Мемуар об изгибе призм / Б. Сен-Венан. – М. : ФМ, 1961. – 519 с.
- 8 Джанилидзе, Г. Ю. Принцип Сен-Венана и его использование в теории пластин и оболочек. Расчет пространственных конструкций / Г. Ю. Джанилидзе. – М.: Машиностроение, 1950. – С. 329–342.

УДК 693.5

ВЛИЯНИЕ ФИБРЫ НА УДОБОУКЛАДЫВАЕМОСТЬ БЕТОННОЙ СМЕСИ

Е. А. КОЛЕДА, С. Н. ЛЕОНОВИЧ

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

При изготовлении фибробетонных смесей важное значение имеют не только правильный подбор и рациональное сочетание исходных материалов, но и технология их изготовления. Фибробетонные смеси могут изготавливать непосредственно на строительной площадке введением фибры в готовую бетонную смесь или на заводском бетоносмесительном узле. Важной проблемой, возникающей при армировании фиброй бетонных материалов, является снижение удобоукладываемости бетонной смеси по мере увеличения в ней содержания волокнистого заполнителя. Для того чтобы оценить степень влияния фибры на изменение удобоукладываемости бетонной смеси, было проведено исследование [1, 2].

Для исследования были приняты четыре состава бетонных смесей [1]:

Состав А: расход компонентов Ц:П:Щ = 1:2:2,5; В/Ц = 0,3; расход вяжущего – 400 кг/м³; марка по удобоукладываемости – П5 (ОК 22 см); мелкий заполнитель – песок м. к. 2,0; крупный заполнитель – щебень фр. 5–20 мм; пластифицирующая добавка – 0,8 % от массы вяжущего.

Состав Б: расход компонентов Ц:П:Щ = 1:1,9:2,4; В/Ц = 0,3; расход вяжущего – 445 кг/м³; марка по удобоукладываемости – П5 (ОК 23 см); мелкий заполнитель – песок м. к. 2,0; крупный заполнитель – щебень фр. 5–20 мм; пластифицирующая добавка – 0,5 % от массы вяжущего.

Состав В: расход компонентов Ц:П:Щ = 1:2,1:1,9; В/Ц = 0,3; расход вяжущего – 460 кг/м³; марка по удобоукладываемости – Р4 (РК 53 см); мелкий заполнитель – песок м. к. 2,0; крупный заполнитель – щебень фр. 5–10 мм; пластифицирующая добавка – 0,7 % от массы вяжущего; самоуплотняющаяся смесь.

Состав Г: расход компонентов Ц:П:Щ = 1:1,6:1,7; В/Ц = 0,3; расход вяжущего – 570 кг/м³; марка по удобоукладываемости – Р6 (РК 64 см); мелкий заполнитель – песок м. к. 2,0; крупный заполнитель – щебень фр. 5–10 мм; пластифицирующая добавка – 0,7 % от массы вяжущего; самоуплотняющаяся смесь.

В качестве пластифицирующей добавки в бетон использовалась химическая добавка «АРТ-КОНКРИТ Р» по ТУ ВУ 691460594.002–2016, содержащая модификатор на основе углеродных наноструктурированных материалов (ООО «Передовые исследования и технологии», г. Минск). Вода для затворения и последующего твердения бетона соответствует требованиям СТБ 1114 и ГОСТ 23732.

В каждый состав бетонной смеси вводилась различная фибра (рисунок 1):

– фибра из листовой стали волнового профиля ФЛВ–0,9–50. Длина – 50 мм. Условный диаметр – 0,9 мм. Временное сопротивление разрыву используемой для фибры стали находится в диапазоне 315–410 МПа. Производитель и поставщик – ООО «Изоматстрой» г. Минск – 1 % по объему бетонной смеси (80 кг на 1 м³);

– фибра стальная анкерная ФСА Н-0П 1,0 ТУ ВУ 690660901.001–2015. Диаметр – 1,0 мм. Длина – 50±3 мм. Высота изгиба – 3,1±0,5 мм. Длина загнутого конца – 5,0±1,0 мм. Прочность на разрыв – 1200 МПа. Производитель – ООО «АЛЬТЕРфибра», Минский район, а/г Колодищи – 1 % по объему бетонной смеси (80 кг на 1 м³);

– фибра полимерная ПОЛИАРМ соответствует требованиям ТУ У 25.2-32781078-004:2009, удельный вес – 0,91 кг/м³; длина – 40±2 мм; толщина – 0,6 мм; ширина – 1,2 мм; эквивалентный диаметр – 0,95 мм; прочность на разрыв – не менее 600 Н/мм²; модуль упругости – более 4000 Н/мм²; относительное удлинение при разрыве – 10,0 %. Поставщик – ИП КОВАЛЕВ Н. Н., г. Минск – 0,44 % по объему бетонной смеси (4 кг на 1 м³).

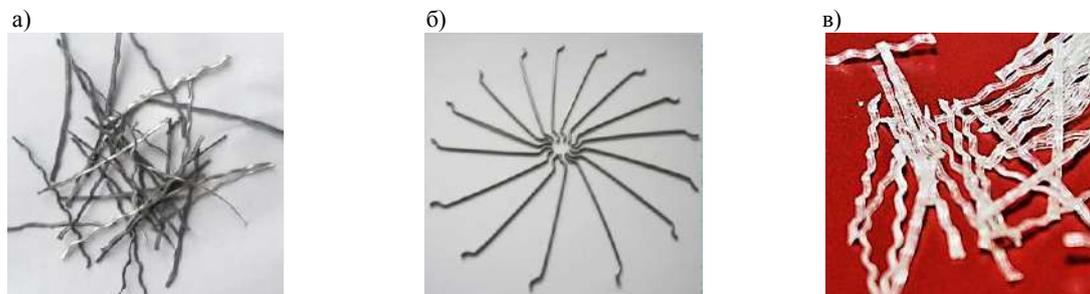


Рисунок 1 – Фибра: а – стальная волнистая; б – стальная анкерная; в – полимерная волнистая

Фибра добавлялась в готовую бетонную смесь в два приема. Перемешивание осуществлялось в лабораторном смесителе принудительного действия. Изменение подвижности фибробетонной смеси контролировалось с использованием стандартного конуса по его осадке (ОК) и расплыву (РК) [3, 4]. Изменение подвижности бетонной смеси после введения фиброволокон и внешний вид фибробетонных смесей представлены на рисунках 2–5.

Наибольшее влияние на подвижность бетонной смеси оказала металлическая фибра волнового профиля из листа. Так, марка по удобоукладываемости состава А с П5 снизилась до П2, состава Б – с П5 до П3, состава В – с Р4 до Р1, состава Г – с Р6 до Р4. Следует отметить, что в подвижных самоуплотняющихся бетонных смесях наблюдается раствороотделение, фибра с частью защемленного ею щебня скапливается в центральной части. В более подвижной смеси состава Г этот эффект проявляется меньше. Таким образом, смеси, приготовленные с данным типом фибры, требуют обязательного дополнительного распределения смеси по объему и тщательного уплотнения.

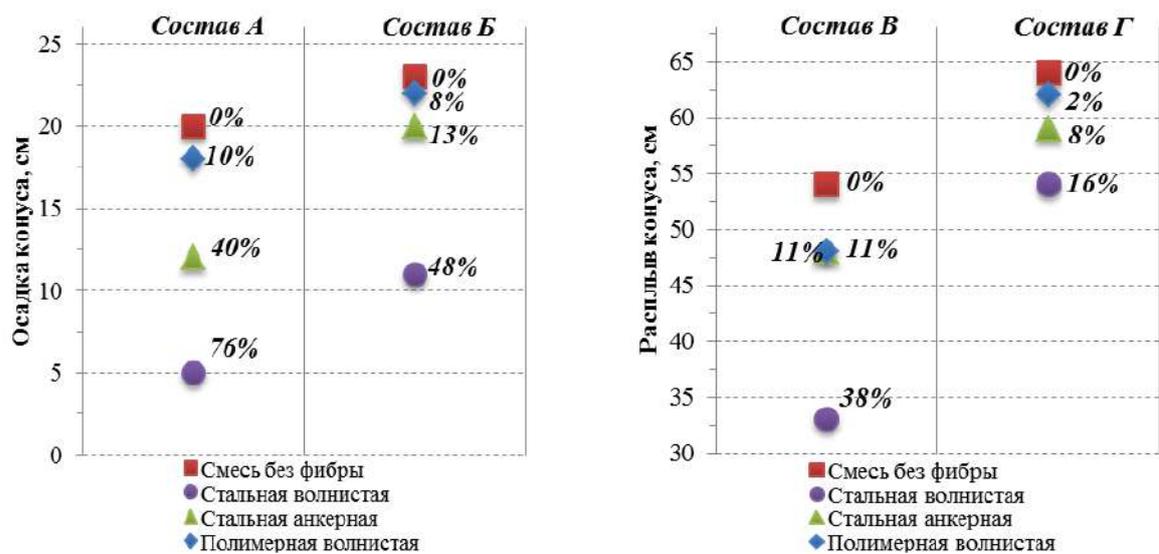


Рисунок 2 – Изменение подвижности бетонной смеси после введения фибры



Рисунок 3 – Бетонная смесь со стальной проволочной фиброй анкерного профиля



Рисунок 4 – Бетонная смесь с полимерной фиброй волнистого профиля



Рисунок 5 – Бетонная смесь со стальной фиброй волнистого профиля

Фибра металлическая из проволоки и полимерная фибра оказали меньшее влияние на подвижность бетонной смеси. Так, при введении стальной анкерной фибры из проволоки марка по удобоукладываемости состава А с П5 снизилась до П3, состава Б – с П5 до П4, состава В – с Р4 до Р3, состава Г – с Р6 до Р5. При введении полимерной волнистой фибры марка по удобоукладываемости составов А, Б и Г осталась неизменной, состава В снизилась с Р4 до Р3 [5–7].

В случае добавления в бетонную смесь большего количества стальных волокон (0,7–1 % по объему бетонной смеси) модификация состава бетонной смеси обязательна. Для обеспечения достаточной удобоукладываемости смеси подобные фибробетоны требуют большего количества цементного молока. По этой же причине доля мелких фракций заполнителя тоже должна быть увеличена.

Список литературы

- 1 Рабинович, Ф. Н. Композиты на основе дисперсно армированных бетонов. Вопросы теории и проектирования, технология, конструкции / Ф. Н. Рабинович [монография]. – М. : АСВ, 2004. – 560 с.
- 2 Копанский, Г. В. К вопросу о подборе состава сталефибробетонной смеси / Г. В. Копанский, Л. Г. Курбатов // Производство строительных изделий и конструкций. – Л., 1982. – С. 151–154.
- 3 ГОСТ 7473 Смеси бетонные. Технические условия.
- 4 Р1.03.054–2009. Рекомендации по проектированию и изготовлению строительных сталефибробетонных конструкций и технологии производства сталефибробетона с применением стальной фибры БМЗ. – Минск : РУП «Институт БелНИИС», 2009. – 106 с.
- 5 Повышение прочности бетона пластифицирующей добавкой на основе наноструктурированного углерода / С. А. Жданок [и др.] // Строительные материалы. – 2018. – № 6. – С. 67–72.
- 6 Коледа, Е. А. Характеристики трещиностойкости фибробетона как определяющий фактор качества / Е. А. Коледа, С. Н. Леонович // Технология строительства и реконструкции : TCR-2015 : сб. докл. Междунар. науч.-технич. конф. / Белорусский нац. Технич. ун-т ; Нац. академия наук Беларуси ; под ред. Б. М. Хрусталева, С. Н. Леоновича. – Минск : БНТУ, 2017. – С. 282–287.
- 7 Коледа, Е. А. Влияние дисперсного армирования на плотность и пористость фибробетона / Е. А. Коледа, А. И. Бондарович, С. Н. Леонович // Инновационная подготовка инженерных кадров на основе европейских стандартов (Евроков) : материалы Междунар. науч.-технич. конф. (Минск, 30 мая 2017 г.) / [редкол.: В. Ф. Зверев, С. М. Коледа]. – Минск : БНТУ, 2017. – С. 97–102.

УДК 621.9

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЗДАНИЙ С ОБЕСПЕЧЕНИЕМ ПРИНЦИПОВ КОНЦЕПЦИИ УНИВЕРСАЛЬНОГО ДИЗАЙНА ПОСРЕДСТВОМ ПРОГРЕССИВНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

О. Н. КОНОВАЛОВА, Д. А. ЛАБУС

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Толчком для развития в Беларуси концепции универсального дизайна стало подписание документа «Конвенция о правах инвалидов».

Универсальный дизайн – это дизайн среды, средств коммуникации, продуктов и услуг, способствующий их применимости всеми людьми, вне зависимости от возраста, особенностей телосложения, способностей и т. д. Универсальный дизайн, или «дизайн для всех», признан во всем мире в качестве улучшенного дизайна, удобного для всех категорий населения, в том числе для людей с инвалидностью. При этом в основе философии универсального дизайна лежит идея создания такой среды, продуктов и услуг, которые были бы полезны не только людям с инвалидностью. Такая концепция организации среды упрощает жизнь для пожилых, родителей с колясками, рабочих, которые переносят тяжести и др.

Задумка о создании общедоступной среды принадлежит английскому автору Селвину Голдсмитту, который сформулировал ее в книге «Проектирование для инвалидов». Автор не только изложил теоретические данные, но и изучил аспекты повседневной жизни людей с ограниченными возможностями. Самая существенная идея Голдсмита – создание заниженного бордюра – стала одним из первостепенных требований к организации архитектурного пространства. На основе данной книги были впоследствии разработаны основные принципы универсального дизайна [2]:

1 Равенство в использовании. Данный принцип предполагает возможность безопасного и надежного использования обстановки людьми с различными физическими возможностями.

2 Гибкость в использовании. При производстве товаров и предметов должны учитываться особенности и предпочтения потребителей, например, людей с ослабленными функциями конечностей или людей, в большей степени владеющих левой или правой рукой, так называемых «левой» или «правой».

3 Простой и интуитивно понятный дизайн. Каждому пользователю на уровне интуиции должно быть понятно, как использовать продукт. Производитель должен разместить подсказки, которые

не имеют излишних сложностей для любого пользователя, независимо от его возраста, языковых навыков и знаний.

4 Легко воспринимаемая информация. Важные данные должны быть представлены понятно и различными способами (визуальными, вербальными и тактильными). Восприятие информации не должно зависеть от условий внешней среды и особенностей граждан.

5 Допустимость ошибки. Дизайн должен предполагать сведение к минимуму ошибок и опасных последствий при выходе из строя элементов.

6 Низкое физическое усилие. Использование элементов должно осуществляться эффективно, удобно, а также должно быть минимизировано приложение физических усилий.

7 Размер и пространство для доступа и использования. Для пользователей должно быть обеспечено достаточно пространства, чтобы можно было осуществлять удобный подход ко всем важным элементам.

В современном мире почти треть населения составляют люди с ограниченными возможностями: инвалиды, люди пожилого возраста, беременные женщины, люди с детскими колясками, а также граждане с временными нарушениями здоровья. Однако пространство городов заполнено различного рода барьерами: ступени лестницы, узкие двери лифта, высокая посадочная площадка общественного транспорта, а также высокий бордюрный камень и отсутствие пандусов – все это ограничивает доступ к информационным, социальным, образовательным и иным услугам, тем самым формируя социальное неравенство.

Одним из примеров универсального дизайна являются автоматические раздвижные двери при входе в здание. Автоматические двери устанавливаются не только в медицинских учреждениях, но также и торговых центрах и прочих крупных магазинах. Это связано с тем, что данные двери имеют отличительную надежность, высокую износостойкость, а также довольно практичны. При этом их использование будет удобно каждому, что соответствует концепции универсального дизайна.

Автоматические двери способствуют грамотной организации входной группы и обладают рядом полезных свойств:

- простота в эксплуатации (наличие блоков управления с широким набором функций; различные режимы работы – зимний (открытие створок на неполную ширину), летний);
- простой монтаж;
- большой выбор дизайнерских решений: широкая цветовая гамма, установка створок разных типов, также использование различных отделочных покрытий;
- прочная, надежная конструкция;
- соответствуют всем требованиям безопасности;
- пожаробезопасны;
- гигиеничны (т. к. открываются бесконтактно).

Производством автоматических дверей в Беларуси занимаются предприятия частной формы собственности. Предлагаются автоматические двери из алюминиевого профиля. Все они соответствуют множеству требований: обеспечивают максимально комфортный доступ в помещение, обладают отличной пропускной способностью и отличаются современным дизайном.

На рисунке 1 представлен пример устройства автоматической двери. В комплект двери входит: 1 – короб; 2 – детектор движения (радар); 3 – сетевой выключатель; 4 – программатор режимов работы; 5 – кодонаборная клавиатура, или ключ-выключатель; 6 – фотоэлементы; 7 – электрический замок и тросик разблокировки.

Развитие прогрессивных технологий при проектировании зданий культурно-бытового назначения с соблюдением концепции универсального дизайна способствует созданию таких сооружений, в которых люди с различными физическими способностями и не только чувствовали себя комфортно. Также дизайн должен свести к минимуму опасность или негативные последствия случайных или непреднамеренных действий.

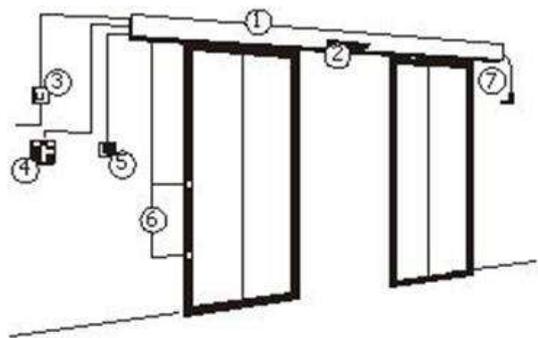


Рисунок 1 – Устройство автоматической двери

Список литературы

1 Конвенция о правах инвалидов [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/disability.shtml. – Дата доступа : 10.06.2018.

2 Принципы универсального дизайна [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://barrier-free.ru/проекты/home/universaldesign/>. – Дата доступа : 10.01.2018.

УДК 528

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАДИУСА И КРЕНА СООРУЖЕНИЙ ТАХЕОМЕТРОМ

Г. М. КУНОВСКАЯ, О. И. ЯКОВЦЕВА

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Крен сооружений башенного типа определяется способами вертикального проектирования, горизонтальных углов, координат, зенитных расстояний и т. д.

Применение тахеометра при определении крена сооружения позволяет оперативно выполнять измерения и исключить трудоемкую ручную обработку материалов. В ряде электронных тахеометров имеется функция, позволяющая определять способом координат крен сооружений с круговыми сечениями с одной стоянки.

Рассмотрим способ определения радиуса и крена дымовой трубы тахеометром без специальной функции с одной стоянки и без использования системы координат (рисунок 1).

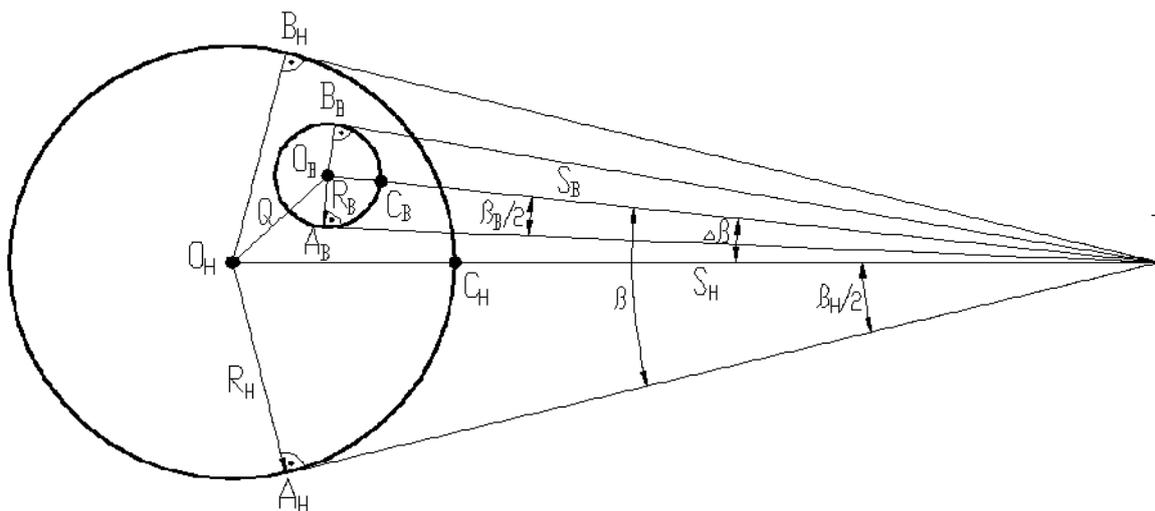


Рисунок 1 – Определение радиуса и крена сооружения

Пусть на рисунке 1: круг $A_n C_n B_n$ – нижнее сечение трубы, а круг $A_v C_v B_v$ – проекция плоскости верхнего сечения на плоскость нижнего.

O_n и O_v – центры трубы в нижнем и верхнем сечениях.

$A_n O_n = C_n O_n = R_n$ – радиус нижнего сечения трубы, а $A_v O_v = C_v O_v = R_v$ – радиус верхнего.

T – точка стояния тахеометра на расстоянии $S_n = 1, 2 \dots 1,5H$ от точки C_n трубы (H – высота трубы).

Измеряем угол β_n между касательными в точках A_n и B_n . Определяем положение точки C_n на трубе отложением угла $\frac{\beta_n}{2}$ от начального направления TA_n . Точку C_n на трубе маркируем и определяем горизонтальное проложение $C_n T = S_n$ до нее.

В прямоугольном треугольнике $O_n A_n T$:

$$\sin \frac{\beta_n}{2} = \frac{R_n}{R_n + S_n};$$

$$R_n = (R_n + S_n) \cdot \sin \frac{\beta_n}{2};$$

и окончательно

$$R_n = \frac{S_n \cdot \sin \frac{\beta_n}{2}}{1 - \sin \frac{\beta_n}{2}}. \quad (1)$$

Аналогично для верхнего сечения измеряем горизонтальный угол β_b между касательными в точках A_b и B_b . Определяем положение точки C_b отложением угла $\frac{\beta_b}{2}$ от начального направления TA_b и до нее, измеряем горизонтальное проложение S_b от тахеометра.

Еще необходимо определить горизонтальный угол $O_n TO_b$ между центрами сечений. Если принять направление TA_n за начальное, то

$$\Delta\beta = \angle O_n TO_b = \frac{\angle B_b TA_n + \angle A_b TA_n}{2} - \frac{\angle B_n TA_n}{2}.$$

Теперь из треугольника $O_n TO_b$ по теореме косинусов можно вычислить полный крен трубы

$$Q^2 = (R_n + S_n)^2 + (R_b + S_b)^2 - 2 \cdot (R_n + S_n) \cdot (R_b + S_b) \cdot \cos \Delta\beta. \quad (2)$$

Направление крена трубы определяется по сравнению значений $R_n + S_n$ и $R_b + S_b$ и знака $\Delta\beta$.

Если необходимо проводить повторные определения крена, то точку стояния тахеометра необходимо закрепить.

Точку C_b можно восстановить по углу $\Delta\beta$ и превышению ΔH или вертикальному углу от замаркированной точки C_n .

Реальные измерения подвержены погрешностям, а сечения трубы не являются идеальными кругами, поэтому крен лучше определять из двух точек, расположенных под углом 90° или из большего числа стоянок тахеометра. Данный способ можно использовать при определении диаметров резервуаров.

Крен дымовой трубы можно определить электронным тахеометром в безотражательном режиме и методом аппроксимации трех и более точек сечения трубы окружности [1]. Дальнейшие исследования будут направлены на сравнение точности и определение крена предлагаемым способом и способом аппроксимации точек окружностью.

Список литературы

1 **Никонов, А. В.** Современные способы определения кренов промышленных дымовых труб / А. В. Никонов, В. Г. Никонов // Геодезия и картография. – 2015. – № 4. – С. 13–21.

УДК 528: 629.48

СОЗДАНИЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО ОБОСНОВАНИЯ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ СООРУЖЕНИЙ

Г. М. КУНОВСКАЯ, О. И. ЯКОВЦЕВА

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Реконструкция промышленных сооружений выполняется с целью установки в них нового технологического оборудования. В связи с этим возникает необходимость в геодезическом обосновании внутри существующего сооружения.

Проектное положение технологического оборудования задается относительно монтажных и технологических осей. Положение технологических осей оборудования определяется линейными промерами от продольных и поперечных осей сооружения, которые проходят через геометрические

центры несущих колонн или параллельно им. Вынос этих осей в натуру производят от разбивочных осей строительных конструкций или параллелей, перенесенных вовнутрь строящегося сооружения. Иногда внутри крупных сооружений цехового типа с разнообразным расположением оборудования создают специальную планово-высотную геодезическую сеть. Обычно строительная сетка имеет небольшие размеры сторон. Положение пунктов сетки привязывают к осям строительных конструкций. Закрепляют их металлическими пластинами, забетонированными в полу сооружения, а высотную сеть – в виде реперов на колоннах и фундаментах, а также в виде открасок на строительных конструкциях. Перед монтажом на фундаменты под установку технологического оборудования выносят его проектные оси [1].

Рассмотрим простой способ создания геодезического обоснования с помощью электронного тахеометра на примере цеха с железобетонными несущими колоннами (рисунок 1).

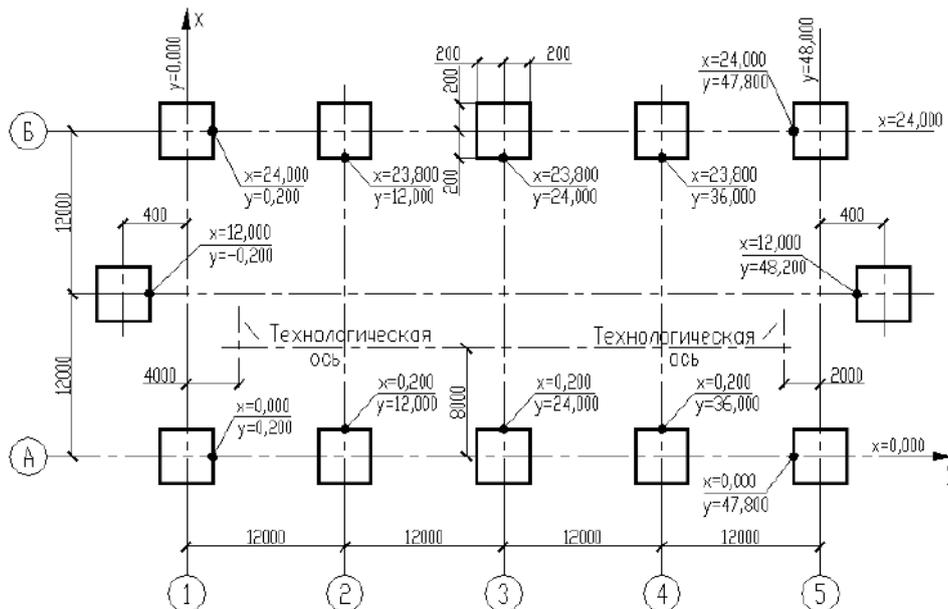


Рисунок 1 – Схема расположения колонн и осей существующего цеха

Для этого на колоннах отмечают точки как середины одной из граней колонн. Точки нумеруют, маркируют или наклеивают на них светоотражающую пленку. Далее в условной системе координат цеха вычисляют проектные координаты этих точек и заносят их значения в память тахеометра. Теперь, используя точки на колоннах в качестве геодезического обоснования цеха, определяют в режиме «Многokrатная обратная линейно-угловая засечка» координаты стоянки тахеометра. Погрешности определения этих координат могут доходить до нескольких сантиметров. Это связано с неточностями изготовления колонн и погрешностями установки колонн в проектное положение при строительстве цеха. Программа тахеометра уравнивает измеренные углы и расстояния, учитывает отклонения планового положения всех колонн от проекта и вычисляет наиболее вероятное значение координат стоянки. По показаниям на экране тахеометра выбирают точку с минимальной погрешностью направления и принимают ее за начальную. Далее выполняют съемку всех точек на колоннах при двух кругах тахеометра. Точки и полученные в результате съемки их координаты являются геодезическим обоснованием цеха.

При большой протяженности цеха потребуется несколько стоянок тахеометра, для которых нужно определить место в цехе с взаимной видимостью и закрепить их. Каждый раз при выполнении съемки точек нужно измерять направления и расстояния между стоянками тахеометра. Для получения положений точек в единой системе координат необходимо обработать измерения со всех стоянок тахеометра в программе «Gredo DAT».

Данный способ создания геодезического обоснования применен при реконструкции цехов на МПЗ и ЗЛиНе.

Список литературы

- 1 Инженерная геодезия / Д. Ш. Михелев [и др.] // Академия. – 2004. – № 4. – С. 294.

СЕКЦИОННЫЕ ЖИЛЫЕ ДОМА В ЗАСТРОЙКЕ СЁЛ

И. И. МАЛКОВ, И. Г. МАЛКОВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Секционные дома наряду с усадебными используются для застройки жилых зон. Более широко они применимы в застройке хозяйств, расположенных рядом с городами.

Такие дома, особенно 2–4-этажные, рекомендуются для малосемейных сельских жителей, которые по различным причинам не ведут подсобного хозяйства или ведут его на коллективных началах, на участках, расположенных вне территории поселка. Это распространенный тип многоквартирного дома в сельском строительстве, что обуславливается относительно высокой экономичностью строительства, компактностью застройки и возможностью обеспечения современными видами благоустройства (централизованное тепловодоснабжение, канализация и др.). Объемно-планировочная структура секционного дома характеризуется наличием одного коммуникационного узла (вход, вестибюль, лестничная клетка) на группу квартир.

Секционные дома различаются по ряду типологических признаков: этажности, протяженности, количеству квартир, ориентации. В проектной и строительной практике села находят применение секционные дома с 1–3-комнатными квартирами. Планировочная структура квартир учитывает специфику сельского образа жизни, способствует удобной организации бытовых процессов, обеспечивает гигиенические условия жилища. Протяженность секционного дома определяется числом составляющих его секций или блок-секций, которое зависит от конкретных условий строительства (при общей тенденции роста протяженности). Многосекционные жилые дома рекомендуется формировать из отдельных блок-секций. Они могут применяться в различных сочетаниях. Это позволяет учитывать демографическую структуру села и на современном этапе, и на перспективу. Секционные дома целесообразно строить в экономически развитых хозяйствах, расположенных вблизи баз строительной индустрии, с широкой системой культурно-бытового обслуживания.

В 70–80-х годах в застройке сёл большое распространение в республике получил секционный двухэтажный 8-квартирный жилой дом. Здание панельной конструкции. Наружные стены выполнены из газосиликатных панелей, внутренние – из плотного силикатного бетона. Входы в здание расположены со стороны дворового фасада. На каждом этаже по две квартиры – двух- и трехкомнатная. Квартира четко разделена на жилую и хозяйственную зоны. Комнаты с отдельными входами, в прихожей встроены шкафы. В квартире предусмотрен полный комплекс инженерного оборудования.

Другим примером является двухэтажный 12-квартирный жилой дом. Здание трехсекционное. Стены из газосиликатных панелей. Входы расположены со стороны дворового фасада. В пределах каждого этажа во всех трех секциях на лестничную площадку выходят по две квартиры.

Большое распространение в практике строительства жилых домов на селе в последней четверти XX в. получили дома блокированного типа. Обычно это одно-, двухэтажные постройки, состоящие из двух или более блоков. Преимущество таких домов в том, что каждая квартира имеет отдельный вход и для каждой имеется возможность организации индивидуального усадебного участка. Хозяйственные постройки для каждой квартиры могут быть размещены отдельно либо сгруппированы в комплекс для всего дома.

В практике современного сельского строительства Беларуси распространены двух-, четырех- и шестиквартирные жилые дома. Квартиры обычно состоят из трех, четырех, реже пяти комнат и рассчитаны на большие семьи. Комнаты расположены на двух этажах и связаны между собой внутренней лестницей. На первом этаже размещаются общая комната, кухня, прихожая, кладовые, на втором – изолированные спальные комнаты и встроенные шкафы. Санузел находится либо на первом, либо на втором этаже, а иногда на обоих. Квартира функционально разделена на зону дневного пребывания (первый этаж) и зону отдыха (второй этаж).

Все три типа домов односекционные типовых потребительских качеств, по условиям проживания относящиеся к категории Б (комфортные условия).

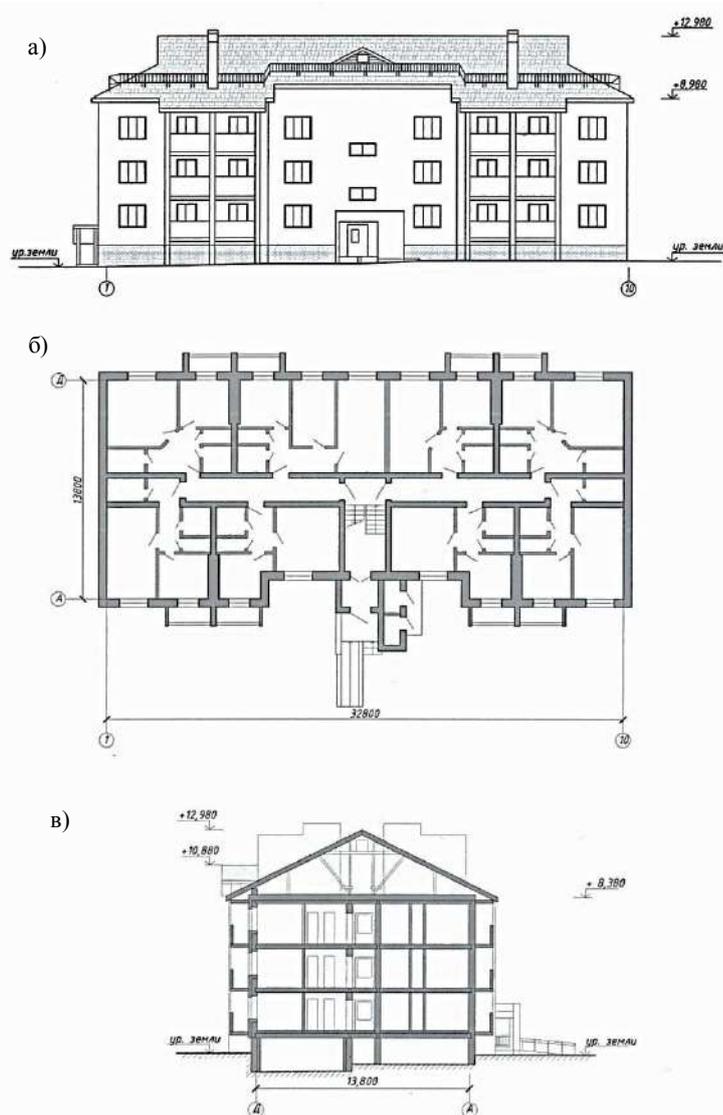


Рисунок 1 – 24-квартирный жилой дом с чердачным покрытием:
а – фасад, б – план, в – разрез

На рисунке 1 представлен трехэтажный 24-квартирный жилой дом, которые возводят в хозяйствах восточной части Белорусского Полесья в настоящее время.

Основные конструкции зданий идентичны. Фундаменты – ленточные из сборных железобетонных плит, бетонных блоков и монолитного бетона. Стены технического подполья из сборных бетонных блоков. Наружные стены здания – из керамического кирпича с утеплением снаружи плитами пенополистирольными. Внутренние стены – из керамического кирпича. Стены лоджий и участки стен входа в здание – из керамического кирпича. Перегородки толщиной 65 и 120 мм – из кирпича керамического; толщиной 75 мм – из двух гипсокартонных листов толщиной по 12,5 мм каждый по металлическому каркасу, воздушный промежуток 50 мм между обшивками заполнен минераловатными плитами «БЕЛТЕП Лайт» ($\sigma = 50 \text{ кг/м}^3$). Перегородки толщиной 200 мм – из блоков ячеистого бетона. Перекрытия – из железобетонных многопустотных плит. Лестницы – сборные железобетонные марши. Кровля – скатная, с деревянной стропильной системой и покрытием из металлочерепицы, либо совмещенная рулонная по утепленному перекрытию. Полы – линолеум, керамическая плитка, бетонные, грунтовые, цементно-песчаные на лоджиях.

С целью обеспечения доступа в дом маломобильных групп населения предусмотрены условия беспрепятственного их передвижения. Подъемы на крыльца входов в дом осуществляются по лестничным маршам и пандусам. Пандус крыльца запроектирован шириной 1,20 м, длиной 4,10 м и уклоном 1:10.

Набор квартир в доме – одно- и двухкомнатные. Дома данного типа рассчитаны на проживание одиноких, либо молодых семейных пар.

УДК 691

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ МОДИФИЦИРОВАННОЙ КОМПОЗИТНОЙ АРМАТУРЫ ПРИ АРМИРОВАНИИ ПЛИТ ЛЕНТОЧНЫХ ФУНДАМЕНТОВ

М. В. МАРКОВА

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Композитная полимерная арматура (АКП) не новый материал на строительном рынке. Впервые вопрос об изготовлении неметаллической арматуры из композитных материалов был затронут еще в середине XX века. Однако в те годы данная технология не получила широкого распространения

из-за высокой себестоимости готовой продукции. В наши дни ситуация меняется, учитывая рост цен на сталь и снижение – на полимерные связующие, что создаёт возможность более широкого внедрения АКП в конструктивные элементы зданий и сооружений.

Несмотря на ряд очевидных преимуществ композитной полимерной арматуры над металлической (основными из которых являются высокий предел прочности при растяжении и коррозионная стойкость), она обладает и существенным недостатком – низким модулем упругости (всего 50 ГПа для стеклопластиковых стержней, что в четыре раза меньше модуля упругости стали). Данная характеристика существенно ограничивает применение такой арматуры в ответственных строительных конструкциях. Поэтому основной задачей для широкого внедрения АКП является разработка способов увеличения её модуля упругости.

В [1] было предложено увеличить модуль упругости за счет размещения внутри АКП стальных стержней (в дальнейшем такие композитные арматурные стержни будем называть металлополимерными – АКМП). Исходя из того, что относительная деформация при растяжении стержня АКМП равна относительной деформации его элементов, работающих как единое целое, был получен модуль упругости АКМП

$$E_{мп} = E_{ст} \left(1 + \frac{E_{п} A_{п}}{E_{ст} A_{ст}} \right) \frac{A_{ст}}{A_{мп}} = E_{п} \left(1 + \frac{E_{ст} A_{ст}}{E_{п} A_{п}} \right) \frac{A_{п}}{A_{мп}}.$$

Здесь $E_{ст}$, $E_{п}$ – модули упругости стали и композитной полимерной оболочки; $A_{ст}$, $A_{п}$, $A_{мп}$ – площади поперечного сечения стального стержня внутри АКМП, полимерной оболочки вокруг стального стержня и итогового металлополимерного стержня.

Преобразуем полученное выражение для определения модуля упругости АКМП через диаметр встраиваемого в него стального стержня

$$E_{мп} = \frac{A_{ст} E_{ст} + A_{п} E_{п}}{A_{мп}} = \left(\frac{D_{ст}}{D_{мп}} \right)^2 (E_{ст} - E_{п}) + E_{п},$$

где $D_{ст}$, $D_{мп}$ – диаметры стального и металлополимерного стержня соответственно.

Для количественной оценки значений модуля упругости композитной металлополимерной арматуры были рассмотрены различные составные сечения на основе оболочки из стеклопластикового композита: АКМП-СП – арматура композитная металлополимерная стеклопластиковая ($E_{ст} = 200$ ГПа, $E_{п} = 50$ ГПа) [2, с. 32], [3, с. 5]. Полученные результаты сведены в таблицу 1.

Таблица 1 – Значения модуля деформации АКМП-СП, $E_{мп}$

В гигапаскалях

Диаметр стального стержня внутри АКМП-СП, мм	Диаметр стержня АКМП-СП, мм						
	6	8	10	12	14	16	18
4	117	88	74	67	62	59	57
5	154	109	88	76	69	65	62
6	–	134	104	88	78	71	67
8	–	–	146	117	99	88	80
10	–	–	–	154	127	109	96
12	–	–	–	–	160	134	117
14	–	–	–	–	–	165	141

Для наглядной оценки работы АКМП в строительных конструкциях был рассмотрен расчёт плиты ленточного фундамента с различными значениями ширины при её армировании различными типами арматуры (стальной, АКП-СП и АКМП-СП (S1400)). При маркировке армирования АКМП-СП (S1400) – в скобках указывается диаметр внутреннего стального стержня (класс S1400).

Исходные данные для расчёта: высота плиты – 300 мм; бетон – С16/20; толщина опираемой на плиту стены – 400 мм; защитный слой арматуры $c_{cov} = 45$ мм; значение нормативного давления, передаваемого на основание – 0,4 МПа (400 кПа); осреднённый коэффициент надёжности по нагрузке – 1,4; предел прочности при растяжении АКП-СП – 800 МПа [3, с. 5] (расчётное значение определяем при частном коэффициенте безопасности, равном 1,25). Результаты всех расчётов сведены в таблицу 2.

Таблица 2 – Значения величины раскрытия трещин в зависимости от принятого армирования

В миллиметрах

Ширина подошвы b , мм	Тип арматуры							
	S500		S800		АКП-СП		АКМП-СП (S1400)	
1000	5Ø10	10Ø6	5Ø10	10Ø10	5Ø8	10Ø6	–	
	–	–	–	–	–	–		
1200	5Ø12	10Ø10	5Ø10	10Ø10	5Ø10	10Ø8	5Ø10(4)	
	$wk = 0,07$	$wk = 0,04$	$wk = 0,13$	$wk = 0,04$	$wk = 0,53$	$wk = 0,31$	$wk = 0,36$	
1400	5Ø16	10Ø12	5Ø12	10Ø10	5Ø12	10Ø10	10Ø10(8)	10Ø12(8)
	$wk = 0,32$	$wk = 0,21$	$wk = 0,72$	$wk = 0,34$	$wk = 2,90$	$wk = 1,35$	$wk = 0,46$	$wk = 0,35$

Предельно допустимая величина раскрытия трещин w_{lim} в свою очередь для элементов фундаментов, армированных стальной арматурой (класс среды по условиям эксплуатации – ХС2) составляет 0,3 мм; армированных композитной арматурой (класс среды по условиям эксплуатации – ХО, так как отсутствует риск коррозии арматуры от воздействия грунтовых вод) – 0,4 мм [2, с. 18; 14].

Выводы. 1 Из таблицы 2 видно, что применение АКП-СП и АКМП-СП позволят уменьшить процент армирования фундаментной плиты по сравнению с применением стальной арматуры S500.

2 Применение АКП-СП допустимо лишь для ленточных фундаментов шириной 1,0 м и 1,2 м, учитывая выполнение условия $w_k \leq w_{lim}$. Поэтому подошвы ленточных фундаментов шириной 1,4 м предлагается армировать АКМП-СП для выполнения условия по величине раскрытия трещин.

3 Учитывая, что в настоящее время стоимость стальной арматуры и АКП-СП примерно одинакова, использование АКМП-СП для армирования ленточных фундаментов имеет явные преимущества.

Список литературы

1 Талецкий, В. В. Увеличение модуля упругости стеклопластиковой арматуры / В. В. Талецкий // Вопросы внедрения норм проектирования и стандартов Европейского союза в области строительства : сборник научно-технических статей (материалы научно-методического семинара), 22–23 мая 2013 г. В 2 ч. Ч. 1 / редкол.: В. Ф. Зверев [и др.]. – Минск : БНТУ, 2013. – С. 130–136.

2 СНБ 5.03.01–02. Бетонные и железобетонные конструкции. Нормы проектирования. – Взамен СНиП 2.03.01-84*; введ. 2003-07-01. – Минск : Минстройархитектуры Респ. Беларусь, 2003. – 139 с.

3 ТУ 2296-001-30604955–2012. Арматура композитная полимерная. Технические условия. – Введ. 2012-10-15. – СПб. : ООО «Пласт-Композит», 2012. – 14 с.

УДК 691.328.43

КЕРАМЗИТОБЕТОН, АРМИРОВАННЫЙ ПОЛИМЕРНОЙ ФИБРОЙ

Ю. Г. МОСКАЛЬКОВА, Р. П. СЕМЕНЮК, М. Ю. ДАШКЕВИЧ
Белорусско-Российский университет, г. Могилев, Республика Беларусь

Применение полимерных волокон для дисперсного армирования тела бетона позволяет повысить его сопротивление ударным и взрывным нагрузкам [1]. Армирование легких бетонов полимерной фиброй может оказаться более эффективным по сравнению с тяжелым бетоном, потому что, во-первых, легкие бетоны имеют значительно более высокие значения пределов микротрещинообразования, а дисперсное армирование позволит улучшить эти показатели, а во-вторых, применение полимерной фибры повышает водонепроницаемость бетона, что особенно актуально при использовании пористых заполнителей.

Поскольку полимерная фибра обладает низким модулем упругости, значительно меньшим по сравнению с модулем упругости тяжелого бетона, принято считать, что подобное армирование незначительно влияет на прочность бетона [1, 2]. Однако модуль упругости легкого бетона существенно ниже в сравнении с бетонами на плотных заполнителях: согласно EN 1992 для расчета модуля упругости легких бетонов применяется понижающий коэффициент $(\rho/2200)^2$, где ρ – расчетная плотность. Таким образом, значение понижающего коэффициента составляет 0,228–0,868, т. е. для бетонов с небольшой плотностью применение полимерной фибры будет более эффективно, т. к. разница в значении модулей упругости бетона и армирующих элементов не будет значительной.

Это позволит повысить не только стойкость к воздействию ударных нагрузок, но также основные прочностные характеристики: прочность при осевом сжатии, изгибе и растяжении.

Однако введение полимерной фибры накладывает некоторые ограничения: в работе [1] доказано, что применение полимерных волокон ограничивает содержание в бетонной смеси крупного заполнителя, т. е. невозможно получить беспесчаные или малопесчаные бетоны, эффективно армированные полимерным волокном. Причем в качестве мелкого заполнителя должен добавляться плотный песок (лучше речной или кварцевый), т. к. введение пористого мелкого заполнителя значительно снижает прочность бетонной матрицы [3–6]. Особенность легких бетонов в том, что пористые заполнители, используемые для их производства, сильно различаются по прочностным характеристикам, поэтому в каждом конкретном случае необходимо делать пробные замесы для подбора состава бетонной смеси.

Процент армирования полимерной фиброй, согласно экспериментальным данным разных исследователей [1, 2, 7–12], не должен быть ниже 0,5 % и выше 1,5 % от массы цемента. В случае несоблюдения этих требований применение фибры оказывается неэффективным: большое содержание волокон в бетонной смеси (свыше 2 %) повышает ее вязкость и снижает удобоукладываемость, а ввиду разницы в значении модулей упругости роль армирующих волокон полимерная фибра может выполнять только при небольшом ее содержании.

Кроме того, при перемешивании очень сложно добиться равномерного распределения фибровой арматуры в теле бетона, поэтому количество фибр должно быть сравнительно небольшим и технология перемешивания бетонной смеси должна неукоснительно соблюдаться: сначала перемешиваются сухие компоненты (заполнители и вяжущее), затем порционно добавляется фибра, смесь снова тщательно перемешивается и только после этого затворяется водой [13].

Полимерная фибра может вводиться как дополнительный армирующий элемент при неизменном составе бетонной смеси либо взамен цемента по массе [12]. В ходе исследований планируется экспериментально установить, какой из вариантов может считаться предпочтительным в случае использования белорусских сырьевых материалов.

Испытание пробных серий опытных образцов в виде кубов подтверждает выводы, сделанные на основе аналитического обзора, применительно к керамзитобетону, изготовленному на основе белорусского сырья. Состав бетонной смеси подбирался согласно [14]. Опытные образцы были армированы полипропиленовой фиброй. В результате установлено, что при содержании фибры 0,5 % от массы цемента кубиковая прочность керамзитобетона повысилась примерно на 20 % по сравнению с прочностью контрольных (неармированных) образцов, а при содержании фибры более 2 % прочность оказалась меньше прочности контрольных образцов.

Список литературы

- 1 Рабинович, Ф. Н. Композиты на основе дисперсно-армированных бетонов. Вопросы теории и проектирования, технология, конструкции : [монография] / Ф. Н. Рабинович. – М. : Изд-во АСВ, 2004. – 560 с.
- 2 Yoo-Jae Kim. Mechanical Properties of Fiber Reinforced Lightweight Concrete Containing Surfactant / Yoo-Jae Kim, Jiong Hu, Soon-Jae Lee, Byung-Hee You // *Advances in Civil Engineering*. – 2010. – Vol. 2010. – Article ID 549642. – 8 p. – Электронная публикация. – Режим доступа : <http://dx.doi.org/10.1155/2010/549642>. – Дата доступа : 18.06.2018.
- 3 Chandra, S. Lightweight aggregate concrete. Science, Technology, and Applications / Satish Chandra, Leif Berntsson. – Norwich, New York, U.S.A.: Noyes Publications / William Andrew Publishing, 2002. – 407 p.
- 4 Clarke, J. L. Structural Lightweight Aggregate Concrete / John L. Clarke. – Glasgow, UK: Blackie Academic & Professional, an imprint of Chapman & Hall, 2005. – 161 p.
- 5 Gunasekaran, Mr. M. Development of Light Weight Concrete by using Autoclaved Aerated Concrete / Mr. M. Gunasekaran, G. Saranya, L. Elamaran, P. Sakthivel, P. Suresh // *IJRST – International Journal for Innovative Research in Science & Technology*. – Vol. 2, is. 11. – 2016. – P. 518–522.
- 6 Зінченко, С. В. Міцність та деформативність конструкцій із цементно-золяного керамзитобетону : дис. ... канд. техн. наук : 05.23.01 / С. В. Зінченко ; Одеська держ. академія будівництва та архітектури. – Одеса, 2010. – 21 с.
- 7 Singh, S. K. Polypropylene Fiber Reinforced Concrete: An Overview / S. K. Singh // Электронная публикация. – Режим доступа : <https://www.nbmcw.com/tech-articles/concrete/26929-pfrc.html>. – Дата доступа : 18.06.2018.
- 8 Ramujee, K. Strength Properties of Polypropylene Fiber Reinforced Concrete / Kolli Ramujee // *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*. – Vol. 2, is. 8. – 2013. – P. 3409–3413.
- 9 Anthony Nkem Ede. Optimal Polypropylene Fiber Content for Improved Compressive and Flexural Strength of Concrete / Anthony Nkem Ede, Abimbola Oluwabambi Ige // *Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE)*. – Vol. 11, is. 3. – Ver. IV. – 2014. – P. 129–135.
- 10 Abdulkader Ismail A. Mechanical Properties of Carbon Fiber Lightweight Aggregate Concrete Containing Acrylic Polymer / Abdulkader Ismail A., Ibrahim Ahmed S., Noor Salah Najim // *Anbar Journal for Engineering Sciences*. – Vol. 6. – No. 3. – 2013. – P. 358–373.

11 **Pothisiri, T.** Effects of Mixing Sequence of Polypropylene Fibers on Spalling Resistance of Normal Strength Concrete / T. Pothisiri, C. Soklin // Engineering Journal. – Vol. 18, No. 3. – 2014. – P. 55–64.

12 **Tomas, U.** Influence of Polymer Fiber on Strength of Concrete / U. Tomas, Jr. Ganiron // International Journal of Advanced Science and Technology. – 2013. – Vol. 55. – P. 53–66.

13 **Емельянова, И. А.** Моделирование процесса перемешивания бетонной смеси с полипропиленовой фиброй / И. А. Емельянова, В. И. Шевченко // Технологии бетонов: Информационный научно-технический журнал. – М., 2014. – № 3 (92). – С. 36–38.

14 Рекомендации по подбору составов, изготовлению и применению модифицированных химическими и минеральными добавками конструкционно-теплоизоляционного и конструкционного керамзитобетонов / РУП «Институт БелНИИС». – Минск, 2013. – 38 с.

УДК 725.94/96

ФОРМИРОВАНИЕ МАЛООБЪЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ НА ПРИНЦИПАХ КООПЕРИРОВАНИЯ, БЛОКИРОВКИ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ

С. В. НЕСТЕРЕНКО

Полтавский национальный технический университет им. Юрия Кондратюка, Украина

На основе результатов исследований можно убедиться, что новые типы малообъемных животноводческих зданий должны разрабатываться с учетом оптимального внутреннего климата (микроклимата) в помещениях для содержания разных видов животных. Микроклимат влияет на формирование типа строения, объемно-планировочные особенности конструкции, вид и качество строительных материалов ограждающих конструкций, внутреннее оснащение, а также направление и специализацию хозяйства.

Животноводческие здания разделяют на здания для выращивания молодняка и для содержания взрослого поголовья. Требования для параметров микроклимата у первых более высокие, чем у других. Технологическими нормами в строениях для молодняка допускается значительно меньший диапазон параметров микроклимата при внешних и внутренних воздействиях. С другой стороны, эти здания, как правило, имеют меньшую теплоотдачу и в них в большей степени чувствуется недостаток тепла в холодный период года. В строениях для взрослого поголовья животных, например для крупного рогатого скота, теплоотдача животных компенсирует затраты тепла через ограждающие конструкции, затрату тепла на инфильтрацию, испарения и даже в некоторой степени на вентиляцию. Однако полностью компенсировать затраты тепла на вентиляцию невозможно. В строениях для выращивания молодняка теплоотдача животных не покрывает затраты тепла через ограждающие конструкции, в то время как основная затрата тепла в животноводческих строениях приходится на вентиляцию.

В кооперированных зданиях можно увеличить теплоотдачу за счет содержания взрослого поголовья с молодняком. Это позволит снизить температуру воздуха в здании и избежать резких перепадов температуры между внешним воздухом и микроклиматом помещения.

Фактически перечисленные факторы определяют тип животноводческого здания. Планировочные решения зданий диктуют технология, санитарно-ветеринарные стандарты, стандарты охраны окружающей среды, экономические критерии и эстетика. Планирование должно максимально учесть технологические требования при лучших экономических показателях и архитектурном решении зданий.

Нами предложена схема функционально-планировочной организации фермерского хозяйства, рассмотрены принципы кооперирования и блокирования зданий сельскохозяйственного назначения:

1) *функциональность* – кооперирование или блокирование зданий одного назначения, связанных функционально между собой; при этом необходимо достигать минимально возможных функционально-технологических связей;

2) *компактность*, если блокируют близко расположенные с одинаковым объемно-планировочным решением здания; при этом необходимо достигать минимального коэффициента компактности (относительно периметра внешних стен до полезной площади);

3) *зонирование*, если блокируют здания, расположенные в одной функциональной зоне, которую можно выделить в отдельные подзоны;

4) *учет микроклимата*, если объединять здания или помещения с разными видами животных, или с близкими параметрами внутреннего микроклимата. Кроме того, учтены такие принципы, если блокирование возможно на основании выявленных элементов блокирования и за технологичностью строительства или блокирование невозможно через конструктивную нецелесообразность, за зооветеринарами, противопожарными и санитарными требованиями. На основании рассмотренных принципов и с учетом зооветеринарами санитарных, противопожарных и технологических требований и проведенных экспериментальных и теоретических исследований сделана матрица возможного блокирования животноводческих строений и подсобно-хозяйственных сооружений.

Нами предложено кооперирование и блокирование малообъемных животноводческих зданий основного назначения между собой (коровники, свинарники, конюшни, козлятники, овчарни) и с подсобно-хозяйственными сооружениями (кормоцех, плодохранилище, пункт технического обслуживания, навес для обслуживания сельскохозяйственных машин).

Животноводческие малообъемные кооперированные и блокированные здания с новыми типами зданий еще только набирают распространение. Основная особенность малообъемных животноводческих зданий – это небольшая их вместительность и небольшие размеры. Для обеспечения эффективности их проектные решения обязаны совмещать несколько разных функций (направлений специализаций), то есть быть кооперированными или блокированными. Проектирование таких зданий требует разработки и внедрения методики, которая учитывала бы их особенности и различия и способствовала нахождению наиболее целесообразных вариантов как в объемно-планировочном и конструктивном, так и в экономическом аспекте.

Итогом проведенной автором работы являются предложенные варианты объемно-планировочных проектных решений и усовершенствованных конструктивных решений животноводческих кооперированных и блокированных сооружений с учетом параметров микроклимата, определены методы оценки эффективности разработанных вариантов проектных решений.

УДК 693.542.4

ЗОЛОШЛАКОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ – УНИКАЛЬНЫЙ ВТОРИЧНЫЙ РЕСУРС XXI ВЕКА

Л. И. ПАХОМОВА

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В настоящее время возрастает проблема утилизации и вторичной переработки золошлаковых материалов, получаемых в результате сжигания топлива тепловых электростанций. Накопление этих материалов в возрастающих объемах из-за низкой утилизации и вовлечение местных ресурсов (торфа, древесных и других отходов) приводит к быстрому росту экологических, социальных и экономических затрат.

По своему физико-химическому и агрегатному составу золошлаковые материалы являются уникальным вторичным ресурсом XXI века, который можно использовать в различных отраслях производства с получением значительного социального и эколого-экономического эффектов.

Использование золы и шламов, образующихся в процессе сжигания топлива на тепловых электростанциях, представляет проблему, сложность которой обусловлена непостоянством состава минеральной составляющей твердого топлива и приобретением им новых физико-химических характеристик в процессе сжигания.

В зависимости от вида сжигаемого топлива, способа сжигания, температуры факела, способа золоудаления, сбора и хранения золы, на ТЭС образуются: зола-унос при сухом золоудалении с осаждением частиц золы в циклонах и электрофильтрах и накоплением в силосах; топливные шлаки при полном плавлении минеральной части топлива, осаждении расплава в нижней части топки котла и грануляции расплава водой аналогично придоменной грануляции доменных шлаков; золошлаковая смесь при совместном мокром удалении уловленной обеспыливающими устройствами золы-уноса и топливных шлаков, образующихся в котле.

В установках для сжигания биомассы обычно присутствуют три фракции золы: зольный остаток (подовая зола); зола уноса из циклонов; зола уноса из фильтров.

Подовая зола образуется на решетке в топке. Эта зольная фракция часто смешивается с минеральными примесями, содержащимися в биотопливе, такими как песок, камни и земля. Минеральные примеси могут вызывать – особенно в котельных установках с неподвижным слоем при большом содержании коры – образование шлака (ввиду понижения температуры плавления) и спекание частиц золы в зольном остатке.

Циклонная зольная пыль включает мелкие, в основном неорганические, частицы золы, уносимые вместе с топочным газом из топки и осаждаемые преимущественно в мультициклонах, расположенных за топкой. Эта зольная фракция, в основном, содержит крупные частицы золы уноса.

Фильтрационная зола уноса представляет собой вторую, более мелкую фракцию, осаждаемую в электростатических фильтрах, тканевых фильтрах или в виде конденсационного шлама в блоках конденсации топочного газа (обычно расположенных за мультициклонами). Эта зольная фракция, в основном, включает аэрозоли.

Зола, получаемая при сжигании твердых видов биотоплива, содержит большое количество растительных питательных веществ, что привлекательно с точки зрения использования ее в почве. Конечно, с экологической точки зрения использование золы привлекательно только в отношении золы, получаемой при сжигании химически необработанных видов биотоплива (в почву не следует вносить золу, получаемую при сжигании загрязненных видов биотоплива, таких как некоторые отходы древесины). Для устойчивого использования биотоплива очень важно замкнуть цикл обращения минералов и включить золу, получаемую при сжигании биомассы, в естественные циклы. Цикл минералов должен быть максимально замкнутым.

Естественный цикл минералов в процессе получения энергии из необработанной биомассы нарушается вследствие осаждения тяжелых металлов в лесной экосистеме в результате загрязнения окружающей среды. По этой причине в большинстве случаев использовать всю золу, получаемую в процессе сгорания, невозможно. Это, в основном, справедливо для такого древесного топлива, как кора, древесная щепа и опилки.

Тяжелые металлы, содержащиеся в биотопливе (цинк и кадмий), которые опасны для окружающей среды, концентрируются, в основном, в золе уноса, в то время как питательные (магний, фосфор) и известковые вещества (кальций) содержатся, в основном, в подовой золе. Зола, получаемая при сжигании древесины и коры, богата кальцием, в то время как зола, получаемая при сжигании соломы и злаковых, имеет большое содержание калия.

Причиной повышенного содержания тяжелых металлов в золе уноса по сравнению с подовой золой является то, что летучие соединения тяжелых металлов (кадмий и цинк), в основном, испаряются в процессе горения и затем осаждаются на поверхности частиц золы уноса или образуют аэрозоли. Часть мелких частиц золы уносится с топочным газом из слоя топлива и образует крупную фракцию золы уноса, причем минеральное содержание этих крупных частиц, уносящихся с решетки, аналогично минеральному составу подовой золы.

Следовательно, смесь подовой золы и циклонной золы (в основном, в виде крупных частиц золы уноса), так называемая «пригодная зола» с низким содержанием тяжелых металлов, может быть использована в качестве удобрения, а фракцию фильтрационной золы (которая обычно составляет лишь 10 % от общего количества золы) с высоким содержанием тяжелых металлов необходимо утилизировать или подвергать промышленной переработке.

Использование золы-уноса в процентах к общему объему утилизации как добавка к бетону – 33 %, добавка к цементу – 11 %, цементное сырье – 23 %, бетонные блоки – 6 %, в дорожном строительстве – 22 %.

Возможность применения золы-уноса в качестве добавки к цементу нормирована стандартами всех ведущих промышленно развитых стран. Большое внимание использованию золы-уноса в качестве добавки при производстве цемента уделяют в Китае, на который приходится около половины мирового объема выпуска цемента. Согласно новому китайскому стандарту GB 175–2007, ввод золы-уноса в количестве до 20 % от массы цемента разрешен в рядовой портландцемент, а также предусмотрен специальный зольный портландцемент с содержанием золы-уноса от 20 до 40 %.

В государственном стандарте Республики Беларусь СТБ ЕН 197-1–2007 имеются такие разновидности портландцемента с минеральными добавками, как ЦЕМ П/А–V, ЦЕМ П/А–W, предусмат-

ривающая ввод золы-уноса в количестве 6–20 %; ЦЕМ II/B–V, ЦЕМ II/B–W, предусматривающая ввод золы-уноса в количестве 21–35 %; а также зольная разновидность пуццоланового цемента ЦЕМ IV/A с 21–35 % добавки золы. Допускается также выпуск композиционного цемента ЦЕМ V/A, содержащего смешанную добавку золы-уноса и доменного шлака.

Наиболее важными физическими характеристиками зол являются насыпная плотность, определяющая затраты на сбор, транспортирование и хранение золы, и удельная поверхность, влияющая на ее химическую активность, а также содержание частиц крупного класса 0,04–0,05 мм. Физические свойства зол колеблются в широких пределах: плотность насыпная – 700–1000 кг/м³, плотность в уплотненном состоянии – 1100–1600 кг/м³, истинная плотность – 2000–2400 кг/м³; удельная поверхность – 1500–4000 м²/кг, содержание зерен < 0,10 мм, 10–80 мас. %, удельная теплоемкость – 0,7–0,8 кДж/(кг·°С).

Добавки влияют на свойства материалов, таких как цемент, бетон, раствор. Чем мельче частицы, тем больше влияние золы уноса. Добавление золы повышает однородность бетонной смеси и ее плотность, улучшает укладку, а также уменьшает расход воды затворения при одинаковой удобоукладываемости, снижает теплоту гидратации, что особенно важно в жаркое время года. Содержание золы в растворе пропорционально уменьшению теплоты гидратации. При добавлении 10 % золы уноса к цементу увеличивается капиллярное поглощение воды на 10–20 %. Это, в свою очередь, уменьшает морозостойкость. Для устранения этого недостатка необходимо незначительно увеличить воздухоувлечение за счет специальных добавок. Цементы, которые на 20 % состоят из золы, более стойки к погружению в агрессивную воду.

Список литературы

1 Цемент. Ч. 1. Состав, технические требования и критерии соответствия общих цементов: СТБ ЕН 197-1-2007. – Введ. 2007-08-01. – Минск : М-во архит. и стр-ва Респ. Беларусь, 2007. – 25 с.

2 Зола уноса: описание, состав, ГОСТ, особенности применения и отзывы [Электронный ресурс] – Режим доступа : <http://fb.ru/article/258555/zola-unosa-opisanie-sostav-gost-osobennosti-primeneniya-i-otzyvy>. – Дата доступа : 04.07.2018.

УДК 625.1

К ОЦЕНКЕ ЕСТЕСТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ ПОМЕЩЕНИЙ ЧЕРЕЗ ЗЕНИТНЫЕ ФОНАРИ

В. Е. САВЕЛЬЕВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В сложившейся расчетной практике естественного освещения помещений через зенитные фонари преимущественно используется ориентировочная оценка естественного освещения, основанная на определении индекса принятого типа фонаря и их количества при равномерном расположении фонарей на покрытии здания. Считается, что графо-аналитические расчеты по методу А. М. Данилюка для фонарей данного типа не применимы. Это предположение оправдано при использовании для освещения помещения большого числа фонарей небольших размеров и фонарей шахтного типа ввиду невозможности достоверного графического определения количества лучей, прошедших через светопроемы. Однако при небольшом количестве фонарей значительных размеров от 1,5×2,7 м до 2,9×5,9 м с глубиной светового проема до 0,7 м оценка лучевой картины может быть выполнена с достаточной точностью для практического определения значений геометрического КЕО.

Некоторым недостатком определения КЕО является неучет светоотражения стенками светопроема фонаря. Ввиду малой глубины светопроема и обычного диффузного светоотражения стенок, практически не отличающегося от среднего коэффициента светоотражения помещения, при оценке значений КЕО на рабочей поверхности этот фактор не имеет существенного значения.

Расчеты зенитных фонарей такого типа с использованием графо-аналитического метода и усложненных методик указывают на достаточную точность практических оценок естественного освещения через зенитные фонари указанного типа по методу А. М. Данилюка.

В частности, целесообразной областью применения этого метода является определение КЕО в помещениях пролетного типа при организации дополнительного естественного освещения через зенитные фонари при недостаточном освещении помещения с применением светоаэрационных фонарей стандартных размеров.

ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ КЛАДКИ СТЕН ИЗ МЕЛКИХ БЛОКОВ ЯЧЕИСТОЙ СТРУКТУРЫ

В. Е. САВЕЛЬЕВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В практике малоэтажного строительства и реконструкции зданий широкое применение для кладки стен получили мелкие блоки из газо- и пенобетона, газо- и пеносиликата плотностью материала от 300 до 1200 кг/м³. Теплопроводность таких стен существенно зависит от систем перевязки блоков, размеров, плотности блоков и растворных швов. Ввиду этого оценка теплопроводности кладки, основанная лишь на учете теплопроводности блоков, может существенно отличаться от фактической. Наибольшее расхождение в результате этих оценок наблюдается при значительных различиях плотностей материалов блоков и швов, их относительных размеров. Для кладки из блоков малой плотности на тяжелых растворах с толщиной шва 12 мм теплопроводность стены увеличивается до 60 и более процентов относительно теплопроводности материалов блока. При сопоставимых плотностях блоков и растворов швов это расхождение не превышает 5–10 %. Такое же расхождение в оценках теплопроводностей наблюдается при кладке стен из блоков на клеевых составах с толщиной швов не более 4 мм.

Данные расчетов приведенных термических сопротивлений и температурных полей кладок стен показывают, что определяющими в оценке среднего значения коэффициента теплопроводности кладки $\lambda_{\text{ср}}$ являются объемы блоков $V_{\text{б}}$ и шва $V_{\text{ш}}$, коэффициенты теплопроводности блока $\lambda_{\text{б}}$ и шва $\lambda_{\text{ш}}$ для характерных фрагментов стен в соответствии с зависимостью

$$\lambda_{\text{ср}} = (\lambda_{\text{б}} V_{\text{б}} + \lambda_{\text{ш}} V_{\text{ш}}) / (V_{\text{б}} + V_{\text{ш}}).$$

При определении приведенного сопротивления теплопередаче слоистой конструкции стены термическое сопротивление $R_{\text{к}}$ кладочного слоя толщиной δ не зависит от структуры слоистого ограждения и определяется соотношением

$$R_{\text{к}} = \delta / \lambda_{\text{ср}}.$$

Приведенные зависимости обеспечивают достаточную точность практических расчетов сопротивления теплопередаче ограждений при толщине кладочных швов до 12 мм.

АРХИТЕКТУРНОЕ НАСЛЕДИЕ XIX – НАЧАЛА XX вв. ИРАНСКОГО КУРДИСТАНА

ТАЛЕБАНИ МОХАММАД МАСУД

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

Своеобразие архитектурного наследия городов Иранского Курдистана определяется наличием в каждом из них таких характерных черт, как выразительность, традиционное обращение архитектуры к социальным основам общества, связь с местными архитектурно-художественными традициями, предопределенность в использовании строительных материалов. В условиях мировой глобализации и архитектурно-стилистической интеграции все более возрастает роль сохранения национальной идентичности, что требует изучения историко-культурных закономерностей и особенностей их развития. Особенно сложным является выявление специфики архитектуры общественных зданий и жилищ, формировавшихся различными этническими и социальными группами населения.

Провинция Курдистан расположена в западной части Ирана, которой характерен сухой и жаркий климат, ограниченное количество пресной воды, горная местность. Немаловажным фактором в развитии городов являлись транспортные коммуникации, которые становились осями застройки, соединяли населенные пункты или вели к границе с Ираком и были результатом развития торговли и экономики.

Важными объектами общественных центров в традиционной курдской архитектуре XIX – начала XX вв. были: крепость, базар, караван-сарай, культовые сооружения (мечети, святыни, церкви)

и др.), учебные заведения (медресе), гармаба или хамам (баня), зорхана (традиционный иранский спортивный зал), чайхана и административные здания. Интегрированными в общественные центры элементами являлись объекты ремесленного производства: ткацкого, кузнечного, гончарного и др., которые в городах Иранского Курдистана часто были расположены в зоне базара.

Обычно в историческую жилую зону городов Иранского Курдистана входят несколько махала. Традиционная жилая среда в курдских городах формируется системой жилых домов и объектов повседневного общественного обслуживания и пространств, где люди проводят свой досуг и происходят различные мероприятия. Махала – традиционный жилой район, является одной из самых древних форм организации жилой среды как в Курдистане, так и во всем Иране. Жилые дома соединялись сетью коммуникаций: кучэ (переулок), пас-кучэ (маленький переулок), бонбаст (тупик), раста (прямой торговый проход), гузар (проход), майдан (площадь) и далан (коридор).

Традиционные городские жилища Иранского Курдистана можно разделить на три основных типа: замкнутые, открытые и полуоткрытые. В иранской архитектурной терминологии замкнутое жилище называется дарун-гара, или «интроверт», а открытое – борун-гара, или «экстраверт». Третий тип дома соединяет элементы предыдущих двух типов жилищ. Поэтому в городах можно встретить жилые дома «экстраверт» с элементами жилища «интроверт» и наоборот. Для жилища «интроверт» характерно отсутствие прямой визуальной связи между внутренними помещениями и городским пространством; наличие двора.

В архитектурно-художественном оформлении зданий в регионе самыми яркими декоративными формами являлись: чалипа, мехраби, ромб, растительные орнаменты в двух стилях ислими и хатаии, как дахан аждар, боте-джеке или терме, торандж, лачеки, тадж, грех и др., а также зооморфные мотивы с изображением павлина, льва, орла, оленя и др.

Несмотря на существенные отличия между курдским архитектурным стилем и другими стилями в Иране, в архитектурном наследии курдских городов заметны следы влияния общеиранской архитектуры, но использовались и собственные решения Иранского Курдистана в декоративном оформлении жилых и общественных сооружений: обтесывание камня, аджор-кари (кирпичная кладка), каша-кари (облицовка кафелем), эпиграфический декор, мокарнас (оформление карниза и внутренней части купола небольшими декоративными нишами в виде мехраби), художественная штукатурка из гипсовой и известковой смеси, ахак-бори (гравирование на известковой штукатурке), айна-кари (оформление интерьера при помощи зеркала), герех-чини (выполнение орнамента с использованием дерева, кирпича и глазурованной керамики), роспись стен, кааб-сази или кааб-банди (традиционный подвесной потолок).

В выявленных автором формах и деталях традиционной архитектуры представлены многочисленные мотивы и элементы, присущие архитектурному наследию Иранского Курдистана, которые могут рассматриваться как источники идей, способных содействовать формированию образа любого современного сооружения, прежде всего гостиниц, торговых центров, кинотеатров, учебных учреждений и др.

УДК 347.441.83

ВРЕМЕННЫЕ РЯДЫ И ОСНОВНЫЕ ТРЕНДЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В МАССОВОЙ ОЦЕНКЕ НЕДВИЖИМОСТИ

В. И. ЧИРКОВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В настоящее время при строительстве жилых комплексов всё большую актуальность приобретает своевременное определение её рыночной стоимости. Определение такой стоимости можно быстро и своевременно производить, опираясь на существующие пространственно-временные тренды, которые играют важную роль при массовой оценке. Рассматривая тренды в массовой оценке, можно заметить, что особое место в них занимает время её проведения, которое, как правило, определяется двумя временными периодами года: весенне-летним и осенне-зимним. Данные два периода отличаются увеличением или уменьшением спроса и предложений на рынке недвижимости. И если в весенне-летний период преобладает, как правило, спрос, то в осенне-

зимний период наоборот увеличиваются предложения. Данные периоды в свою очередь можно разделить и на четыре составляющие: весна, лето, осень и зима, но ввиду отсутствия равномерной тенденции изменения цен в данные периоды из практики риэлтерской деятельности, рассмотрим основные два периода. Формирование цен в данные периоды времени создаёт в свою очередь динамические ряды числовых показателей рыночной стоимости квартир или другой недвижимости, характеризующих уровень их состояния и изменения, исходя из эндогенных или экзогенных факторов влияния на неё.

Колебания цен в течение года показано на примере двухкомнатных квартир г. Гомеля (рисунок 1). Временные ряды рыночной стоимости недвижимости можно разделить на отдельные составляющие, имеющие детерминированную связь с наличием спроса и предложений на рынке, на которые в свою очередь оказывают влияние:

- сезонные тенденции;
- финансовые тенденции (платежеспособность, процентная ставка по кредиту, наличие стабильного дохода);
- строительные тенденции (строительство нового жилья и его сроки ввода в эксплуатацию);
- демографические тенденции (рождаемость, миграция и эмиграция);
- экономические тенденции (развитие или упадок в экономике; уменьшение или увеличение среднего уровня жизни; развитие бизнеса);
- законодательно-правовые тенденции (налогообложение; правовое регулирование прав приобретения, пользования и владения недвижимостью);
- внешнеполитические тенденции (меры и действия, оказывающие существенное влияние на жизнедеятельность в данном регионе).

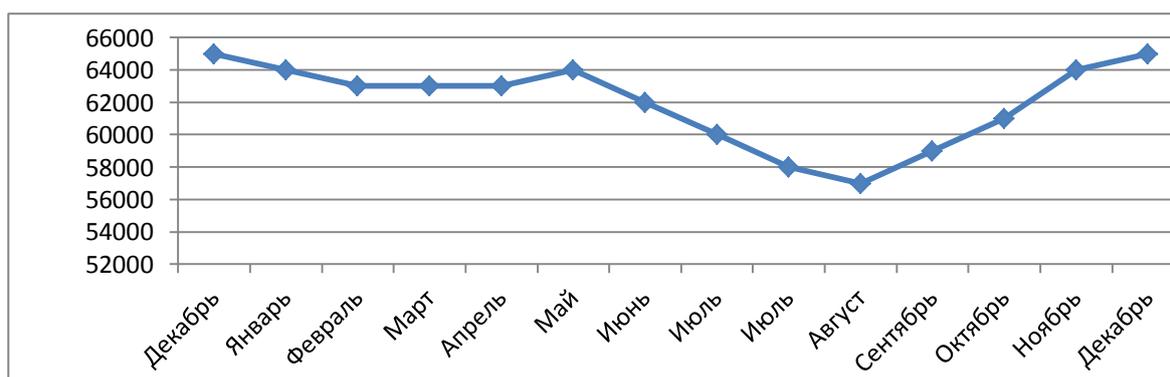


Рисунок 1 – Тенденция изменения среднестатистических рыночных цен на двухкомнатные квартиры в течение 2016–2017 гг.

Временные ряды, исходя из вышесказанного, можно разделить на две группы:

1) факторы, влияющие на рыночную стоимость недвижимости (среднестатистические показатели продаж-покупок) за определённый период;

2) факторы, не влияющие на рыночную стоимость недвижимости (выставляемая по низким ценам в связи со сложившимися обстоятельствами или наоборот изначально с завышенной ценой).

Полученный анализ трендов временных рядов позволяет показать их актуальность не только в массовой оценке недвижимости, но и на транспорте, где рыночная цена также напрямую зависит от спроса и предложения.

Следует отметить, что на рынке недвижимости есть свои особенности формирования рыночных цен, которые кроме перечисленных выше факторов напрямую связаны с собственниками или их покупателями. Всегда имеются продавцы недвижимости, которые не обременены какими-либо проблемами и хотят получить максимальную выгоду от такой продажи. Данная категория продавцов обычно выставляет изначально максимально возможную, а часто и значительно завышенную цену, которую может держать длительное время, рассчитывая на «случайного» покупателя, что не оказывает существенного влияния на общую рыночную стоимость по причине их незначительного числа к общим продажам. Несмотря на то, что в отдельных случаях такая недвижимость продаётся, эти цены не могут использоваться для определения рыночной стоимости как отдельно взятой квартиры, так и в массовой оценке.

Несмотря на то, что вторая группа не оказывает существенного влияния на рыночную стоимость, тем не менее, в определённый момент времени она может воздействовать на повышение или понижение стоимости при длительных периодах колебаний цен на рынке недвижимости.

При построении временных рядов, учитывающих рыночную стоимость недвижимости, необходимо соблюдать правила проведения выборки и выбора методики расчёта. Если показатели временных рядов используются за различные периоды с большими или значительными колебаниями расчётных показателей (различные года, кварталы, месяцы), то их анализ в агрегированной форме возможен лишь в том случае, если эти колебания сопоставимы, в противном случае наступает несопоставимость рядов. Использование схожих показателей временных рядов производится путём их объединения (смыкания).

К общим составляющим временного ряда при рыночной оценке недвижимости относятся:

- основная компонента, характеризующая общую тенденцию ряда (рыночная стоимость объектов недвижимости, связанная с отдельными факторами влияния на неё);
- сезонная (циклическая) компонента (рыночная стоимость за периоды, имеющие её колебания на рынке);
- случайная компонента (стоимости объектов-аналогов, имеющие значительные отличия от оцениваемых).

Полученный анализ трендов временных рядов позволяет показать их актуальность не только в массовой оценке недвижимости, но и на транспорте, где рыночная цена также напрямую зависит от спроса и предложения. Своевременный прогноз и учёт имеющих место временных трендов позволит более планомерно регулировать рынок цен и оптимизировать сделки как с недвижимостью, так и с транспортными средствами при массовой их оценке.

Список литературы

- 1 Малов, С. В. Регрессионный анализ. Теоретические основы и практические рекомендации / С. В. Малов. – Изд-во СПГУ, 2013. – 276 с.
- 2 Мостеллер, Ф. Анализ данных и регрессия / Ф. Мостеллер, Дж. Тьюки. – М. : Финансы и статистика, 1982. – 317 с.
- 3 Эконометрика в схемах и таблицах / Н. М. Гореева [и др.] ; под ред. д-ра экон. наук, проф. С. А. Орехова. – М. : Эксмо, 2008. – 224 с.

УДК 725.573

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ДОШКОЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ ОБРАЗОВАНИЯ НА ОСНОВЕ ПРИНЦИПОВ «УСТОЙЧИВОЙ АРХИТЕКТУРЫ»

А. В. ЩЕГЛОВА

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В настоящее время основной фонд дошкольных учреждений образования (ДУО) в Республике Беларусь составляют здания, построенные по типовым проектам советского времени. Из-за отсутствия частных организаций по производству строительных конструкций и, вследствие этого, тесной привязки разработки проектов к унифицированным конструктивным элементам государственных промышленных заводов, большинство зданий детских садов того времени лишены индивидуальности и эстетического многообразия.

Основная задача объектов ДУО – создание комфортных условий для гармоничного вхождения и адаптации ребенка в современном социуме. Сегодня в европейских странах эта задача решается с помощью организации «открытого пространства» и принципов «устойчивой архитектуры» при проектировании и строительстве новых ДУО и реконструкции уже существующих объектов.

«Устойчивая архитектура» (*sustainable architecture*) – архитектура, имеющая программой непротиворечивое единство эстетических позиций автора и времени и социально-экономических, инженерно-технологических и природно-экологических требований, базирующихся на принципах устойчивого развития, полнота воплощения которых определяется принятыми в мировой практике и практике страны требованиями рейтинговых систем оценки устойчивости среды обитания [1].

К принципам «устойчивой архитектуры» относят:

- использование в строительстве только экологически чистых строительных материалов, конструкций и оборудования;
- применение для вентиляции, отопления и кондиционирования воздуха в здании альтернативных источников энергии (тепла солнца, тепла земли, энергии ветра, энергии движущейся воды, продуктов переработки биологических отходов);
- ведение безотходного хозяйства по принципам энергобиологического комплекса с вторичным использованием для повторного применения в области санитарии и орошения [3].

Существует два стратегических подхода к развитию устойчивой архитектуры, которые выделяют архитекторы и инженеры: «Первый подход – активное включение в архитектуру всех новейших технологических разработок по энергоэффективности, умному управлению зданием, использованию новейших материалов. Второй подход заключается в применении объемно-пространственных, архитектурных методов, влияющих на энергопотребление и ресурсосбережение, а также в максимальном использовании естественных, а не механических способов работы инженерных систем» [2].

В проектировании дошкольных учреждений образования уже используются некоторые инновационные подходы:

- кооперирование детских яслей-садов с начальными и средними классами;
- создание многофункциональных комплексов, включающих различные досуговые и эстетические центры;
- проектирование и строительство детских учреждений, встроенных в жилые дома в районах новостроек;
- применение различных составляющих устойчивой архитектуры;
- использование местных строительных материалов.

В нашей стране применение принципов «устойчивой архитектуры» находится на начальном этапе развития, но уже сегодня введены в эксплуатацию первые объекты дошкольных учреждений образования, запроектированные и построенные на основе вышеуказанных принципов.

В феврале 2018 года в Минске в жилом комплексе «Новая Боровая» презентовали уникальный для Беларуси детский сад «Желтый жираф», разработчиком которого выступила компания «А-100 Девелопмент».

Отличительными чертами нового здания являются: яркий фасад, двухуровневые группы, отдельные рабочие помещения для воспитателей, панорамные окна и труба-горка, ведущая со второго этажа на первый. Вся мебель для нового детского сада является уникальной и выполнена из экологически чистых материалов. Большие игровые площадки, на которых расположены деревянные детские комплексы из акации, выполнены по специальному заказу в Дании.

Сегодня детский сад «Желтый жираф» – это новый уровень в проектировании дошкольных учреждений образования, при создании которого архитекторы основывались на опыте европейских стран в применении принципов «устойчивой архитектуры» и вдохновлялись идеями, которые им подсказывали сами дети.

В современных жилых микрорайонах уже появляются здания детских садов нового типа. Однако, порядка 70–80 % существующих дошкольных учреждений образования – это безликие типовые советские постройки, которые нуждаются в модернизации с применением энергоэффективных технологий, энергосбережения и использования возобновляемых источников энергии [5].

В последнее десятилетие правительством Республики Беларусь уделяется большое внимание проблеме физического и морального износа зданий учреждений образования. При содействии ООО «Банк развития Республики Беларусь» были выделены значительные средства на проведение обследования строительных конструкций зданий дошкольных учреждений образования и средних образовательных школ, построенных в советское время, и разработку проектно-сметной документации на реконструкцию и модернизацию этих зданий, при необходимости. А при таких инновационных методах, применяемых проектными организациями типа «А-100 Девелопмент», есть уверенность, что преобразование типовых зданий детских садов будет выполнено в соответствии с основными принципами устойчивой архитектуры.

Главная задача современных архитекторов при проектировании дошкольных учреждений образования – создание такой среды обитания для дошкольников, которая будет удовлетворять потребности не только настоящего, но и будущего поколения, сохраняя или даже улучшая состояние природы [4].

Список литературы

- 1 **Есаулов, Г. В.** Устойчивая архитектура как проектная парадигма (к вопросу определения) / Г. В. Есаулов // Устойчивая архитектура: настоящее и будущее : тр. Междунар. симпозиума, 17–18 ноября 2011 г. Научные труды Московского архитектурного института (государственной академии) и группы КНАУФ СНГ. – М., 2012.
- 2 **Ремизов, А. Н.** Стратегия развития экоустойчивой архитектуры в России / А. Н. Ремизов // Устойчивая архитектура: настоящее и будущее : тр. Междунар. симпозиума, 17–18 ноября 2011 г. Научные труды Московского архитектурного института (государственной академии) и группы КНАУФ СНГ. – М., 2012.
- 3 **Кудрявцева, С. П.** Современные направления создания детских образовательных учреждений / С. П. Кудрявцева, Н. С. Долотказина [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://elima.ru/articles/index.php?id=623>. – Дата доступа : 09.08.2018.
- 4 Оценка устойчивости студенческих проектов в учебном процессе Московского архитектурного института (Государственная академия) : вебинар МАРХИ-АВОК, 20 мая 2015 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://webinar.abok.ru/webinar/marhi-2015>. – Дата доступа : 02.08.2018.
- 5 **Салмина, О. Е.** Принципы создания устойчивой архитектуры / О. Е. Салмина, Т. Ю. Быстрова // Академический вестник УРАЛНИИПРОЕКТ / 4,2015 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://cyberleninka.ru/article/v/printsipy-sozdaniyaustoychivoy-arhitektury>. – Дата доступа : 28.07.2018.

8 ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ ДЛЯ ТРАНСПОРТНОГО И СТРОИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСОВ

УДК 539.3

НЕСТАЦИОНАРНАЯ КОНТАКТНАЯ ЗАДАЧА ДЛЯ ПРЯМОУГОЛЬНОГО В ПЛАНЕ ШТАМПА И УПРУГОГО ПОЛУПРОСТРАНСТВА С ПОЛОСТЬЮ

А. М. АРУТЮНЯН, Г. В. ФЕДОТЕНКОВ, Ек. Л. КУЗНЕЦОВА
Московский авиационный институт, Российская Федерация

Д. В. ТАРЛАКОВСКИЙ
НИИ механики МГУ им. М. В. Ломоносова, г. Москва, Российская Федерация

Рассматривается плоская нестационарная контактная задача (рисунок 1) для абсолютно твердого, прямоугольного в плане штампа, полуширина которого равна b , и полупространства, имеющего заглубленную полость произвольной геометрии и расположения с гладкой границей Γ . В начальный момент времени $\tau=0$ штамп, двигаясь вертикально по заданному закону $f(\tau)$, входит в контакт в первоначально невозмущенным полупространством. Решение задачи будем искать в прямоугольной декартовой системе координат Oxz . Ось Ox направлена вдоль невозмущенной границы полупространства, а Oz – вглубь полупространства. Обозначим Ω – полуплоскость с полостью, ограниченной контуром Γ . Зафиксируем произвольный момент времени $T > 0$ и поставим задачу: определить контактные напряжения под штампом, перемещения границы полупространства вне штампа и перемещения границы полости при $\tau \in [0, T]$.

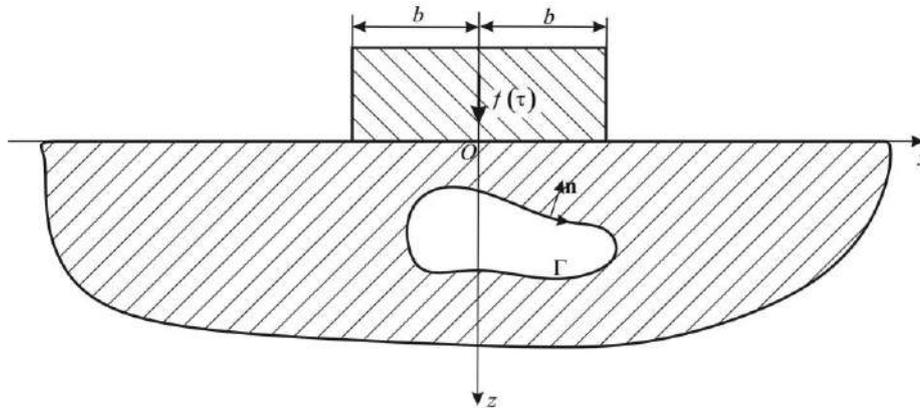


Рисунок 1 – Схема постановки задачи

Движение упругого полупространства описывают уравнения Ламе в перемещениях. В безразмерной форме они имеют вид [1]

$$\begin{aligned} \ddot{u} &= (1 - \eta^{-2}) \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial w}{\partial z} \right) + \eta^{-2} \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right) + F_1(x, z, \tau), \\ \ddot{w} &= (1 - \eta^{-2}) \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial w}{\partial z} \right) + \eta^{-2} \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial z^2} \right) + F_3(x, z, \tau), \end{aligned} \quad (1)$$

где u и w – перемещения в направлении осей Ox и Oy соответственно; $\eta = \frac{c_1}{c_2}$; c_1 и c_2 – скорости распространения волн растяжения-сжатия и сдвига в полупространстве; F_1, F_2 – компоненты мас-

совых сил; точками здесь и далее обозначены производные по безразмерному времени $\tau = \frac{c_1 t}{b}$. Все линейные величины и параметры отнесены к размеру полуширины штампа b .

Ненулевые компоненты тензора деформация ε_{xx} , ε_{xz} и ε_{zz} связаны с перемещениями соотношениями Коши:

$$\varepsilon_{xx} = \frac{\partial u}{\partial x}, \quad \varepsilon_{xz} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial x} \right), \quad \varepsilon_{zz} = \frac{\partial w}{\partial z}. \quad (2)$$

Напряжения σ_{xx} , σ_{xz} и σ_{zz} связаны с деформациями законом Гука:

$$\sigma_{xx} = \varepsilon_{xx} + (1 - 2\eta^{-2})\varepsilon_{zz}, \quad \sigma_{xz} = 2\eta^{-2}\varepsilon_{xz}, \quad \sigma_{zz} = \varepsilon_{zz} + (1 - 2\eta^{-2})\varepsilon_{xx}. \quad (3)$$

Полагаем, что контакт происходит в условиях свободного проскальзывания. Этому соответствуют следующие граничные условия:

$$\sigma_{xz}|_{z=0} = 0, \quad x \in (-\infty, \infty); \quad w|_{z=0} = f(\tau), \quad |x| \leq b; \quad \sigma_{zz}|_{z=0} = 0, \quad |x| > b. \quad (4)$$

Полагаем, что граница полости Γ свободна от напряжений:

$$\sigma_s|_{\Gamma} = 0, \quad \sigma_n|_{\Gamma} = 0, \quad (5)$$

где σ_s и σ_n – касательные и нормальные напряжения на контуре.

Постановку задачи замыкают нулевые начальные условия

$$u(x, z, 0) = \dot{u}(x, z, 0) = w(x, z, 0) = \dot{w}(x, z, 0) = 0. \quad (6)$$

Заменим плоскую область, ограниченную осью $z = 0$ и контуром Γ , фиктивной плоской областью, представляющей собой бесконечную плоскость Oxy с внутренней полостью, ограниченной контуром Γ . И потребуем, чтобы для этой новой фиктивной области на оси $z = 0$ и на контуре Γ выполнялись условия (4) и (5). Очевидно, что решение этой задачи в области $z \geq 0$ будет также и решением исходной плоской контактной задачи для полупространства.

Метод решения основан на динамической теореме взаимности, согласно которой работа системы сил первого состояния на перемещениях второго состояния равна работе системы сил второго состояния на перемещениях первого [1], что выражается следующим интегральным уравнением:

$$\int_{\Gamma} (\sigma'_s * u'_s + \sigma'_n * u'_n) ds + \int_{-\infty}^{\infty} (\sigma'_{xz} * u' + \sigma'_{zz} * w') ds = \int_{\Gamma} (\sigma'_s * u_s + \sigma'_n * u_n) ds + \int_{-\infty}^{\infty} (\sigma'_{xz} * u + \sigma'_{zz} * w) ds, \quad (7)$$

где u_s и u_n – касательные и нормальные перемещения на контуре Γ , величины без штрихов соответствуют первому (истинному) напряженно-деформированному состоянию, а со штрихами – второму, знак «*» означает свёртку по времени.

В истинном напряженно-деформированном состоянии положим, что массовые силы F_1 и F_2 отсутствуют. При этом неизвестными являются перемещения на контуре u_s , u_n , нормальные напряжения под штампом σ_{zz} , касательные перемещения границы полупространства u и нормальные перемещения границы полупространства вне штампа w . Под штампом нормальные перемещения известны и согласно (4) во всех точках равны $f(\tau)$. Кроме того на контуре Γ , согласно (5), напряжения отсутствуют. Принимая это во внимание, уравнение (7) запишется в виде

$$\int_{-b}^b \sigma'_{zz} * w' ds - \int_{\Gamma} (\sigma'_s * u_s + \sigma'_n * u_n) ds - \int_{-\infty}^{\infty} \sigma'_{xz} * u ds - \int_{|x|>b} \sigma'_{zz} * w ds = \int_{-b}^b \sigma'_{zz} * f(\tau) ds. \quad (8)$$

Для решения интегрального уравнения (8) используется прямой метод граничных элементов [3]. При этом в каждый момент времени в полупространстве выделяется конечная область, находящаяся в возмущенном состоянии, что приводит несобственный интеграл в (8) к интегралу с конечными пределами. Согласно этому подходу контур Γ и участок оси Ox , вовлеченный в движение, приближенно аппроксимируются системой непересекающихся обрезков (граничных элементов). На каждом граничном элементе искомые перемещения и напряжения полагаются постоянными по пространственным переменным. Уравнение (8) дискредитируется по пространственным переменным с помощью системы фиктивных состояний (вторых состояний). Эти состояния соответствуют приложению к каждому граничному элементу поочередно сначала нормальной, а затем касательной сосредоточенной единичной массовой силы. Решения этих задач известны и представляют собой

функции влияния для упругой плоскости [2]. С использованием функций влияния задача сводится к системе интегральных уравнений в свертках по времени, которая решается численно с помощью метода прямоугольников.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проекты 17-08-01127 А, 16-08-00260 А).

Список литературы

- 1 **Новацкий, В.** Теория упругости / В. Новацкий. – М. : Мир, 1975. – 872 с.
- 2 Волны в сплошных средах / А. Г. Горшков [и др.]. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2004. – 472 с.
- 3 **Крауч, С.** Методы граничных элементов в механике твердого тела / С. Крауч, А. Старфилд. – М. : Мир, 1987. – 325 с.

УДК 539.3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК АЛЮМИНИЕВЫХ ПЛАСТИН С ОДНОСТОРОННИМ ПОРОШКОВЫМ ПОКРЫТИЕМ

А. В. БАБАЙЦЕВ, АУНГ ЧЖО ТХУ, ЯН НАИНТ МИН, М. И. МАРТИРОСОВ, Л. Н. РАБИНСКИЙ
Московский авиационный институт (НИУ), Российская Федерация

В настоящее время на многие металлические элементы машиностроительных конструкций наносятся различные типы покрытий. Это обусловлено хорошими защитными антикоррозионными характеристиками большинства покрытий, а также их декоративными свойствами. Такое сочетание металлической основы и самого покрытия обеспечивает конструкции необходимые эксплуатационные характеристики. Однако при расчетах на прочность не учитываются прочностные характеристики нанесенного покрытия. Это обусловлено недостатком сведений по механическим характеристикам самих покрытий, используемых в настоящее время в технике.

В работе проводятся экспериментальные и теоретические исследования по определению механических характеристик образцов из тонколистового алюминиевого сплава, на которые наносятся защитные полимерные покрытия. Образцы для испытаний представляют собой удлиненные прямоугольные пластины 12 мм Ч 120 мм различной толщины, начиная от алюминиевой фольги. Полимерное покрытие наносится только с одной стороны исследуемых пластин и представляет собой лакокрасочное покрытие порошкового типа. Состав порошковых полимерных покрытий определяется основными видами сырьевого материала: смолой, отвердителем, пигментами и добавками. Смолы придают покрытию основные свойства, пигменты предназначены для получения цветового и декоративного эффекта (например, для регулирования степени глянца), добавки служат для придания некоторых специальных свойств (например, для снижения температуры сушки, увеличения твердости поверхности и др.). Перед нанесением на образцы такого покрытия проводилась предварительная подготовка поверхностей: обезжиривание (удаление с поверхности органических загрязнений), а затем хромирование (для повышения защитных свойств металла и увеличения долговечности покрытия). После подготовки поверхностей проводилась сушка пластин от влаги в сушильной камере при температуре ~120 °С. Затем после этой операции наносилась порошковая полимерная краска производства фирмы Europolveri (Италия) на эпоксидно-полиэфирной основе электростатическим распылением (цвет RAL9010 – по международному стандарту). Нанесение покрытий (напыление) осуществлялось в покрасочной камере Gema (Швейцария). Толщина покрытия составляла 60–80 мкм и контролировалась электронным толщиномером QuaNix 7500 (Германия), предназначенным для измерения толщины покрытия на ферромагнитных и неферромагнитных поверхностях. Далее происходила полимеризация напыленного слоя в печи полимеризации (термокамере) при температуре 140 °С в течение 5–30 мин, в результате чего образуется прочное равномерное покрытие с заданными свойствами.

Проводились эксперименты на центральное растяжение и трехточечный изгиб, сравнивались механические характеристики исследуемых образцов с аналогичными образцами без покрытия, а также образцов с двухсторонним порошковым полимерным покрытием. Определялись упругие характеристики покрытий. Эти эксперименты проводились на универсальной испытательной машине INSTRON 5980 (Великобритания) при комнатной температуре. Дается сравнение полученных

экспериментальных результатов с данными численного моделирования методом конечных элементов в среде PATRAN/NASTRAN. По результатам проведенных в работе исследований сформулированы выводы и практические рекомендации. Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 17-01-00837).

УДК 539.3

ПРОЕКТИРОВОЧНЫЙ РАСЧЕТ ТОЛСТОСТЕННОЙ КОМПОЗИТНОЙ КОНСТРУКЦИИ, РАБОТАЮЩЕЙ В УСЛОВИЯХ ВЫСОКОСКОРОСТНОГО НАГРУЖЕНИЯ

А. В. БАБАЙЦЕВ, Ю. О. СОЛЯЕВ, С. А. ЛУРЬЕ, Л. Н. РАБИНСКИЙ
Московский авиационный институт (НИИ), Российская Федерация

Предложена методика проектирования осесимметричного композитного изделия, состоящего из толстостенной оболочки из углепластика и армирующего стального стержня, соединённых между собой резьбовым соединением. Конструкция нагружается давлением и инерционными усилиями и работает в условиях скоростей деформаций порядка $1-10 \text{ с}^{-1}$. Методика проектирования построена на основе решения задачи для композитной балки переменного сечения. Все нагрузки действуют вдоль оси балки. Рассматривалась осесимметричная одномерная модель, нагруженная распределённым погонным усилием, постоянным по величине. Геометрия изделия аппроксимируется участками в виде усечённых конусов, для которых с учетом пренебрежения эффектов Пуассона получены аналитические решения для определения напряженно-деформированного состояния изделия (композитная внешняя оболочка/стальной армирующий сердечник). В результате расчетов определяется прочность конструкции, с точки зрения максимальных сжимающих / растягивающих напряжений, действующих в оболочке и в стальном стержне, и с точки зрения нарушения контакта (срез резьбы) между оболочкой и стержнем. Полученное аналитическое решение используется для подбора оптимальной геометрии изделия под заданные условия нагружения.

Показаны возможность применения предложенной методики для эффективной оптимизации рассматриваемых конструкций, а также согласованность проводимых приближенных расчетов с численным конечно-элементным моделированием.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 17-01-00837).

УДК 539.3

ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЛЕКСНЫХ ПОТЕНЦИАЛОВ В СМЕШАННЫХ ЗАДАЧАХ ДЛЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНО НАПРЯЖЕННЫХ ТЕЛ

С. Ю. БАБИЧ, Ю. П. ГЛУХОВ, В. Ф. КОРНИЕНКО
Институт механики им. С. П. Тимошенко НАН Украины, г. Киев, Украина

Как известно, комплексные потенциалы классической (линейной) теории упругости для статических задач изотропного тела впервые введены в работах Колосова-Мусхелишвили. Дальнейшее развитие теория комплексных потенциалов для классической теории упругости в случае статических задач для анизотропных (ортотропных) тел получила в работах С. Г. Лехницкого. Для динамических задач комплексные потенциалы также без начальных напряжений впервые рассмотрены Л. А. Галиным.

В данной работе рассматривается использование комплексных потенциалов для предварительно напряженных упругих тел. Актуальность таких исследований не должна вызывать сомнений, так как начальные (остаточные) напряжения практически присутствуют во всех элементах конструкций и обусловлены разного рода причинами, например технологическими операциями, проводимыми при изготовлении современных материалов, или сборкой конструкций. Начальные напряжения необходимо учитывать при решении задач о деформировании грунтов (особенно мерзлых), в композитных материалах при технологических процессах их создания, в кровеносных сосудах живых

организмов. Иногда целесообразно преднамеренно создавать начальные напряжения (остаточные и технологические) для компенсации тех напряжений, которые возникают в элементах конструкций в процессе работы, для повышения их прочностных характеристик. Кроме того, в упругопластических телах также могут присутствовать внутренние остаточные напряжения после снятия нагрузок. Таким образом, механика материалов и элементов конструкций, геофизика, сейсмология, механика горных пород, механика композитов, биомеханика, неразрушающие ультразвуковые методы определения напряжений и ряд других – такой далеко не полный перечень научных направлений фундаментального и прикладного характера, в которых возникают проблемы, связанные с необходимостью исследования влияния начальных (остаточных) напряжений. При этом начальные напряжения существенным образом влияют на распределение напряженно-деформированного состояния в предварительно-напряженных телах (особенно для несжимаемых тел) и, в частности, влияют на контактные характеристики при исследовании контактных задач.

В работах академика А. Н. Гузя впервые введены комплексные потенциалы для плоских и антиплоских статических линеаризованных задач в случае предварительно напряженных упругих тел. При этом для плоских задач напряжения и перемещения одинаковым образом выражаются через комплексные потенциалы в случае сжимаемых и несжимаемых тел (отличаются только выражения для определения коэффициентов, зависящих от начальных напряжений). Таким образом, из этого следует, что при решении смешанных задач (контактных и задач для трещин) можно получать решения в общей форме в случае сжимаемых и несжимаемых материалов при произвольной структуре упругого потенциала. В дальнейшем А. Н. Гузем и одним из авторов этой работы комплексные потенциалы обобщены на случай плоских динамических задач для предварительно напряженных тел, когда исходные динамические задачи допускают преобразование к стационарным задачам в подвижной системе координат, движущейся прямолинейно с постоянной скоростью. Исследования проведены с привлечением соотношений линеаризованной теории упругости при больших (конечных) начальных деформациях и нескольких вариантов теории малых начальных деформаций. Для тел с начальными напряжениями указан способ получения точных решений на основе комплексных потенциалов. Приведены значения комплексных параметров для тел с упругими потенциалами конкретной формы. В частности, использованы простейшие структуры упругих потенциалов (потенциал гармонического типа для сжимаемых тел и потенциалы Трелоара, Бартенева-Хазановича в случае несжимаемых материалов).

В настоящее время авторами решены многочисленные контактные задачи с использованием введенных комплексных потенциалов, а также с применением изящного аппарата теории функций комплексной переменной и методов решения задачи Римана-Гильберта. Здесь только упомянем о решении статических задач для первой, второй и смешанной контактной задачи в случае полуплоскости для одного штампа и системы нескольких штампов с учетом трения и без него. Плоские динамические задачи для тел с начальными напряжениями, как в классическом случае (без начальных напряжений) имеют точное решение, когда исходная динамическая задача допускает преобразование к стационарной задаче в подвижной системе координат, движущейся прямолинейно с постоянной скоростью. При решении многочисленных смешанных задач для предварительно напряженных тел применялось представление напряжений и перемещений через комплексные потенциалы, что способствовало получению решений в замкнутой форме. В [1] получены представления для напряжений и перемещений через комплексные потенциалы для сжимаемых тел в случае неравных корней характеристического (определяющего) уравнения в виде

$$\begin{aligned}
 \tilde{Q}_{22} &= 2\operatorname{Re}[\Phi'_1(z_1) + \Phi'_2(z_2)]; \\
 \tilde{Q}_{21} &= -2\operatorname{Re}[\mu_1\gamma_{21}^{(1)}\Phi'_1(z_1) + \mu_2\gamma_{21}^{(2)}\Phi'_2(z_2)]; \\
 \tilde{Q}_{12} &= -2\operatorname{Re}[\mu_1\gamma_{12}^{(1)}\Phi'_1(z_1) + \mu_2\gamma_{12}^{(2)}\Phi'_2(z_2)]; \\
 \tilde{Q}_{11} &= 2\operatorname{Re}[\mu_1^2\gamma_{11}^{(1)}\Phi'_1(z_1) + \mu_2^2\gamma_{11}^{(2)}\Phi'_2(z_2)]; \\
 u_k &= 2\operatorname{Re}[\gamma_k^{(1)}\Phi_1(z_1) + \gamma_k^{(2)}\Phi_2(z_2)], \quad (k=1,2).
 \end{aligned} \tag{1}$$

В случае равных корней характеристического уравнения соответствующие представления для напряжений и перемещений выглядят как (1). Для несжимаемых упругих тел в случае неравных

корней характеристического уравнения комплексные потенциалы совпадают по форме с (1), а для неравных корней – с [2]. Безусловно, входящие в эти формулы коэффициенты определяются через известные величины различными соотношениями. Если сравнить представления напряжений и перемещений через комплексные потенциалы для динамических задач (1) в случае неравных корней и с [2] в случае равных корней с соответствующими [3, 4] представлениями для статических задач, то из этого сравнения следует, что напряжения \tilde{Q}_{22} , \tilde{Q}_{21} , \tilde{Q}_{11} и перемещения u_1 и u_2 выражаются через комплексные потенциалы одинаковыми формулами, отличаются лишь выражения для определения напряжения \tilde{Q}_{12} (безусловно, входящие в эти формулы коэффициенты определяются через известные величины различными соотношениями).

Для динамических задач комплексные потенциалы использованы в контактных задачах для полуплоскости с начальными напряжениями с учетом трения и без него, а также в задачах определения реакции на движущуюся нагрузку двухслойного упругого предварительно напряженного полупространства.

И в заключение отметим, что введенные комплексные потенциалы для динамических задач содержат в себе ряд ранее известных результатов, которые являются следствием предельных переходов. Так, полагая в выражениях комплексных потенциалов в случае равных корней для динамических задач начальные напряжения равными нулю, получаем комплексные потенциалы в форме Л. А. Галина. Если дополнительно положить равной нулю скорость движения штампа, то приходим к известным комплексным потенциалам Колосова-Мухелишвили для статических задач классической теории упругости для изотропных несжимаемых тел. Если в динамических комплексных потенциалах для неравных корней определяющего уравнения положить скорость движения штампа и начальные напряжения равными нулю, то приходим к известным представлениям С. Г. Лехницкого для статических задач классической теории упругости ортотропных несжимаемых тел.

Список литературы

- 1 **Гузь, А. Н.** Статика и динамика упругих оснований с начальными (остаточными) напряжениями / А. Н. Гузь, С. Ю. Бабич, Ю. П. Глухов. – Кременчуг : Press-line, 2007. – 795 с.
- 2 **Гузь, О. М.** Контактна взаємодія пружних тіл з початковими напруженнями / О. М. Гузь, С. Ю. Бабич, В. Б. Рудницький. – Кієв : Вища школа, 1995. – 304 с.
- 3 **Гузь, А. Н.** Смешанные задачи для упругого основания с начальными напряжениями / А. Н. Гузь, С. Ю. Бабич, Ю. П. Глухов. – Германия, 2015. – Saarbrücken : LAP LAMBERT Academic Publishing. – 468 с.
- 4 **Guz, A. N.** Contact problems for elastic bodies with initial stresses Focus on Ukrainian research / A. N. Guz, S. Yu. Babich, V. B. Rudnitsky // Applied Mechanics Reviews. – Vol. 51. – No. 5. – 1998. – P. 343–371.

УДК 539.3

О КРИТЕРИИ СУЩЕСТВОВАНИЯ КВАЗИЛЭМБОВСКИХ МОД В СИСТЕМЕ «УПРУГИЙ СЛОЙ – ПОЛУПРОСТРАНСТВО ИДЕАЛЬНОЙ ЖИДКОСТИ»

А. М. БАГНО, Г. И. ЩУРУК

Институт механики им. С. П. Тимошенко НАН Украины, Киев

Задача о распространении волн Лэмба в упругом слое, взаимодействующем с жидким полупространством, принадлежит к классическим задачам механики. Вместе с тем, являясь задачей, зависящей от многих параметров, она остается изученной недостаточно полно. Обзор работ и анализ результатов, полученных в рамках классической теории упругости и модели идеальной сжимаемой жидкости, а также с привлечением более общих моделей твердых и жидких сред, приведены в статье [1]. Значительное прикладное использование акустических волн в строительстве, сейсмологии, сейсморазведке и других областях ставит задачу изучения их частотного спектра и дисперсионных свойств для различных гидроупругих систем. При этом наиболее важным для практики является исследование волновых процессов в широком диапазоне частот, охватывающем как длинноволновую, так и коротковолновую части спектра для толщин упругого слоя соизмеримых с длиной волны. В настоящей работе для анализа частотного спектра квазилэмбовских мод в системе упругий слой – жидкое полупространство используются трехмерные линеаризованные уравнения Эйлера

для жидкости и линейные уравнения классической теории упругости для твердого тела. При этом предполагается, что жидкость находится в состоянии покоя. В качестве подхода выбраны постановки задач и метод, основанные на применении представлений общих решений уравнений движения идеальной сжимаемой жидкости и упругого тела, полученные в работах [2–4].

В рамках принятых моделей основные соотношения для системы упругое тело – идеальная сжимаемая жидкость будут иметь вид

$$\mu \Delta \mathbf{u} + (\lambda + \mu) \nabla (\nabla \cdot \mathbf{u}) - \rho \frac{\partial^2 \mathbf{u}}{\partial t^2} = 0; \quad \sigma_{ij} = \mu \left(\frac{\partial u_i}{\partial u_j} + \frac{\partial u_j}{\partial u_i} \right) + \lambda \delta_{ij} \nabla \cdot \mathbf{u}, \quad z_k \in V_1; \quad (1)$$

$$\frac{\partial \mathbf{v}}{\partial t} + \frac{1}{\rho_0} \nabla p = 0; \quad \frac{1}{\rho_0} \frac{\partial \rho^*}{\partial t} + \nabla \cdot \mathbf{v} = 0; \quad \frac{\partial p}{\partial \rho^*} = a_0^2; \quad P_{ij} = -\delta_{ij} p; \quad a_0 = \text{const}, \quad z_k \in V_2. \quad (2)$$

Здесь введены следующие обозначения: u_i – компоненты вектора смещений упругого тела \mathbf{u} ; ρ – плотность материала упругого слоя; λ и μ – константы Ляме материала упругого тела; v_i – составляющие вектора возмущений скорости жидкости \mathbf{v} ; ρ^* и p – возмущения плотности и давления в жидкости; ρ_0 и a_0 – плотность и скорость звука в жидкости в состоянии покоя; P_{ij} и σ_{ij} – составляющие напряжений, соответственно в жидкости и упругом теле; V_1 и V_2 – объемы занимаемые, соответственно упругим телом и жидкостью.

Равенства (1) описывают поведение изотропного упругого тела. Малые колебания идеальной сжимаемой жидкости относительно состояния покоя описывают соотношения (2).

Указанная задача сводится к решению системы уравнений (1), (2) при следующих граничных условиях:

$$\sigma_{12} \Big|_{z_2=h} = 0; \quad \sigma_{22} \Big|_{z_2=h} = 0; \quad \sigma_{12} \Big|_{z_2=0} = 0; \quad \sigma_{22} \Big|_{z_2=0} = P_{22} \Big|_{z_2=0}; \quad v_2 \Big|_{z_2=0} = \frac{\partial u_2}{\partial t} \Big|_{z_2=0}. \quad (3)$$

В дальнейшем для решения задачи гидроупругости использовались представления общих решений для упругих тел и идеальной сжимаемой жидкости, предложенные в работах [2–4].

Для анализа распространения возмущений, гармонически изменяющихся во времени, решения системы уравнений определялись в классе бегущих волн. При этом решались две задачи Штурма – Лиувилля на собственные значения для уравнений движения жидкости и упругого тела, а также определялись соответствующие собственные функции. После подстановки решений в граничные условия (3) была получена система линейных однородных алгебраических уравнений относительно произвольных постоянных. Исходя из условия существования нетривиального решения этой системы, получено дисперсионное уравнение, которое в дальнейшем решалось численно. При этом расчеты проводились для двух гидроупругих систем. Первая состояла из эластичной резины и воды. Ее механические параметры выбирались следующими: упругий слой – $\rho = 1200 \text{ кг/м}^3$, $\lambda = 6 \cdot 10^9 \text{ Па}$, $\mu = 1,2 \cdot 10^6 \text{ Па}$; полупространство жидкости – $\rho_0 = 1000 \text{ кг/м}^3$, $a_0 = 1459,5 \text{ м/с}$, $\bar{a}_0 = a_0/c_s = 46,153442$, $c_s^2 = \mu/\rho$. Этот гидроупругий волновод характеризуется тем, что материал упругого слоя (резина) является податливым и мягким. Вторая представляла собой волновод из стали и воды. При этом параметры выбирались такими: упругий слой – $\rho = 7800 \text{ кг/м}^3$, $\lambda = 9,26 \cdot 10^{10} \text{ Па}$, $\mu = 7,75 \cdot 10^{10} \text{ Па}$; жидкость – $\rho_0 = 1000 \text{ кг/м}^3$, $a_0 = 1459,5 \text{ м/с}$, $\bar{a}_0 = a_0/c_s = 0,463021$. Этот волновод отличается тем, что материал упругого слоя (сталь) относится к разряду жестких.

Критерий существования квазилэмбовских мод в гидроупругих волноводах. Проведенные отдельно расчеты [5] и анализ результатов, полученных в настоящей работе, показал, что соотношение между скоростями волны звука в жидкости и волны Рэлея в твердом теле может служить критерием, позволяющим устанавливать возможность существования квазилэмбовских мод высокого порядка в упругом слое, взаимодействующем с полупространством идеальной сжимаемой жидкости.

В случае упругого слоя из податливого материала механические параметры компонентов системы таковы, что скорость волны звука в жидкости больше скорости квазиповерхностной волны Рэлея в твердом слое ($\bar{a}_0 = 46,153442 > \bar{c}_R = 0,955318$). При таком соотношении, как показано в работе [5], жидкость не препятствует обмену волновой энергии между поверхностями упругого слоя.

Это способствует взаимодействию продольной и сдвиговой волн на поверхностях упругого слоя и возникновению в нем полного набора незатухающих квазилэмбовских мод высокого порядка, дисперсионная картина и частотный спектр которых, несмотря на ряд различий, подобен волновому процессу в упругом слое, невзаимодействующем с жидкостью.

При взаимодействии упругого слоя из жесткого материала с идеальным сжимаемым жидким полупространством скорость волны звука в жидкости меньше скорости квазиповерхностной волны Рэлея в твердом слое ($\bar{a}_0 = 0,463021 < \bar{c}_R = 0,923008$). В работе [5] установлено, что при таком соотношении между механическими параметрами компонентов системы жидкость препятствует обмену волновой энергии между поверхностями упругого слоя. В этом случае в упругом слое не формируются квазилэмбовские моды высокого порядка. В гидроупругом волноводе возникает лишь одна квазиповерхностная волна, которая, распространяясь вдоль границы раздела сред, локализуется в приконтактной области жидкости.

Таким образом, показано, что основным критерием существования нормальных квазилэмбовских волн высокого порядка и распределения низших мод в средах является соотношение между величинами скоростей волны звука в полупространстве идеальной сжимаемой жидкости и квазиэрлеевской волны, распространяющейся вдоль свободной поверхности упругого слоя.

Список литературы

- 1 **Guz, A. N.** Dynamics of elastic bodies, solid particles, and fluid parcels in a compressible viscous fluid (review) / A. N. Guz, A. P. Zhuk, A. M. Bagno // *Int. Appl. Mech.* – 2016. – Vol. 52 – No. 5. – P. 449–507.
- 2 **Гузь, А. Н.** Динамика сжимаемой вязкой жидкости / А. Н. Гузь // Киев : А.С.К., 1998. – 350 с.
- 3 **Гузь, А. Н.** Упругие волны в телах с начальными (остаточными) напряжениями: в двух частях. Ч. 1. Общие вопросы. Волны в бесконечных телах и поверхностные волны / А. Н. Гузь // Saarbrücken : LAP LAMBERT Academic Publishing, 2016. – 501 с.
- 4 **Гузь, А. Н.** Упругие волны в телах с начальными (остаточными) напряжениями : в 2 ч. Ч. 2. Волны в частичноограниченных телах / А. Н. Гузь // Saarbrücken : LAP LAMBERT Academic Publishing, 2016. – 505 с.
- 5 **Bagno, A. M.** Dispersion properties of Lamb waves in an elastic layer-ideal liquid half-space system / A. M. Bagno // *Int. Appl. Mech.* – 2017. – Vol. 53. – No. 6. – P. 609–616.

УДК 62.752, 621:534;833; 888.6, 629.4.015;02

ВОЗМОЖНЫЕ ПОДХОДЫ В ОСОБЕННОСТЯХ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЙ МЕХАНИЧЕСКИХ КОЛЕБАТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ В РЕЖИМАХ СОВМЕСТНОГО ДЕЙСТВИЯ ВНЕШНИХ СИЛ

Р. С. БОЛЬШАКОВ

Иркутский государственный университет путей сообщения, Российская Федерация

Введение. Механические колебательные системы являются наиболее распространёнными схемами технических объектов. В большинстве случаев для анализа их динамического состояния используются типовые параметры оценки, к которым можно отнести скорость, ускорение и смещение относительно положения статического равновесия. Однако для оценки динамического состояния также могут использоваться реакции связей, возникающие между элементами механических колебательных систем [1–3].

Рассмотрение особенностей параметров механических колебательных систем во многом определяется с учётом детализации представлений о действующих силах. Колебания механических систем при действии одиночного силового или кинематического возмущения достаточно хорошо изучены [4]. Менее проработанными остаются вопросы совместного действия двух возмущений, однако в этом направлении имеется некоторый задел [5]. Наличие двух возмущений в системе приводит к изменению параметров её динамического состояния, в том числе изменения динамической жёсткости (введение понятия), приведённых масс и т. д. Основным итогом исследований в названных направлениях стало развитие метода определения динамических реакций. Более детализированно представлено в [6].

В предлагаемом докладе рассматривается влияние совместного действия внешних возмущений на изменение динамических реакций связей на системе с двумя степенями свободы.

I. Общие положения метода определения динамических реакций. На рисунке 1, а приведена расчетная схема рассматриваемой механической колебательной системы с двумя степенями свободы, совершающая малые вертикальные колебания. Относительно приведённой схемы на основе системы дифференциальных уравнений и последующего их преобразования по Лапласу составлена структурная схема (рисунок 1, б), эквивалентная в динамическом отношении исходной расчётной схеме и имеющая возможность преобразования относительно объекта защита (рисунок 1, в).

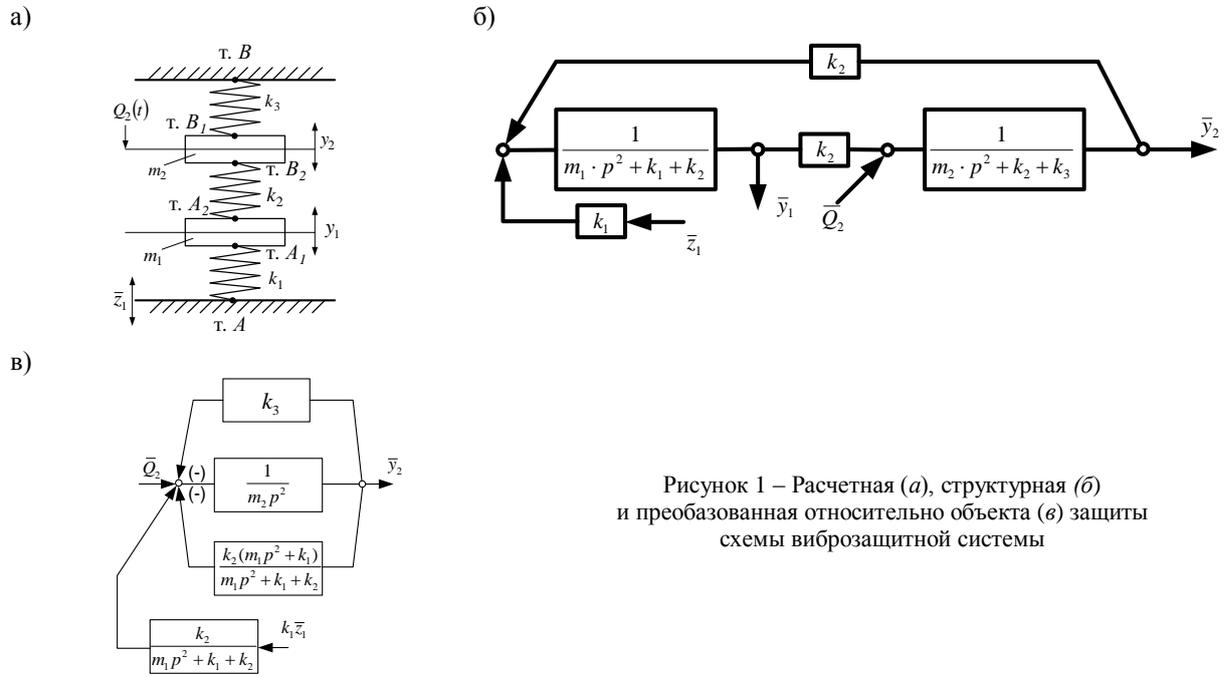


Рисунок 1 – Расчетная (а), структурная (б) и преобразованная относительно объекта (в) защиты схемы виброзащитной системы

II. Особенности амплитудно-частотных характеристик при совместном действии двух внешних возмущений (рисунок 2). Построение передаточных функций реакций связей при действии двух внешних возмущений имеет более сложный характер, поэтому соотношение между воздействиями определяет параметр б.

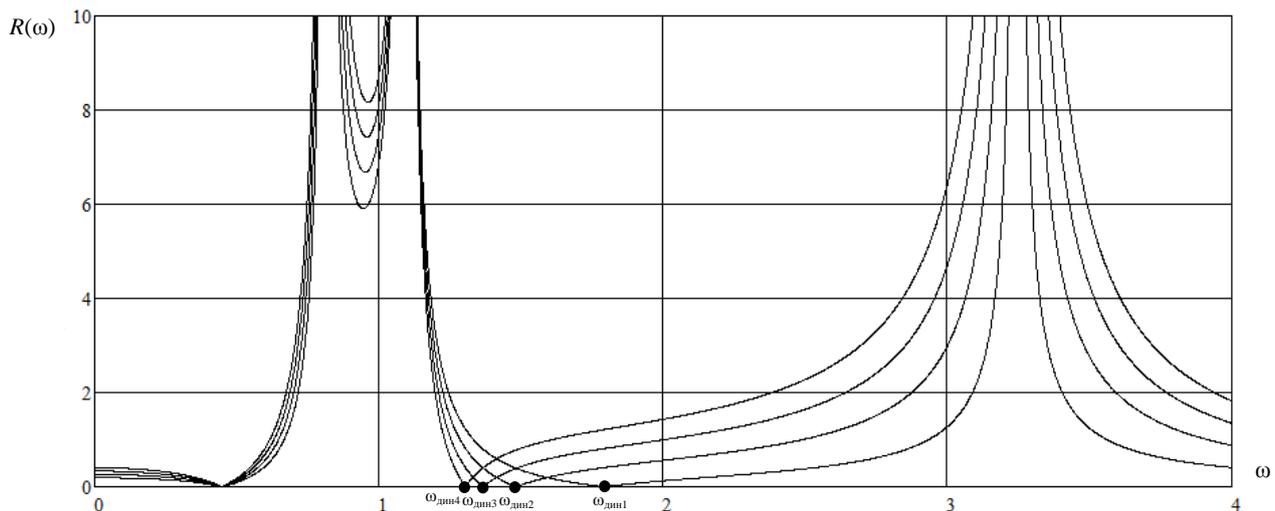


Рисунок 2 – Амплитудно-частотная характеристика динамической реакции в т. B_2 при действии двух внешних возмущений (\bar{Q}_2 и \bar{z}_1) и изменении параметра б: 0,5; 1; 1,5

Анализ амплитудно-частотных характеристик показывает, что влияние двух внешних воздействий на систему формирует амплитудно-частотные характеристики «нетрадиционного» вида, а параметр б влияет на смещение одной из частот динамического гашения на графике. Это связано

с тем, что чем интенсивнее силовое (или кинематическое) возмущение, приложенное к массоинерционному элементу, тем больше реакция на противоположном. Это показано изменением частот динамического гашения в зависимости от b .

Выводы. Динамическое состояние механических колебательных систем может оцениваться не только при действии одиночных возмущений, но и при совместном действии нескольких возмущений. Автором предлагается совместное действие внешних возмущений оценивать при помощи коэффициента связности. Амплитудно-частотные характеристики традиционного вида и реакций связей имеют различия. Физический смысл связан с детализацией представлений о динамических жесткостях системы, представляющими собой структурные образования из нескольких элементов различного типа и могут принимать различные значения (отрицательные, нулевые и положительные). Влияние связности внешних воздействий на динамическое состояние можно рассматривать как решение задач изменения коэффициента связности, что может достигаться через конструктивно-технические решения.

Список литературы

- 1 **Пановко, Я. Г.** Введение в теорию механических колебаний / Я. Г. Пановко. – М. : Наука, 1991. – 255 с.
- 2 **Тимошенко, С. П.** Теория колебаний в инженерном деле / С. П. Тимошенко, Д. Х. Янг, У. Уивер ; пер. с англ. Л. Г. Корнейчука ; под ред. Э. И. Григолюка. – М. : Машиностроение, 1985. – 472 с.
- 3 **Цзе, Ф. С.** Механические колебания / Ф. С. Цзе, И. Е. Морзе, Р. Т. Хинкл ; под ред. чл.-кор. АН СССР И. Ф. Образцова. – М. : Машиностроение, 1966. – 508 с.
- 4 **Кашуба, В. Б.** Динамические реакции в соединениях элементов механических колебательных систем / В. Б. Кашуба, С. В. Елисеев, Р. С. Большаков. – Новосибирск : Наука, 2016. – 331 с.
- 5 **Большаков, Р. С.** Система внешних воздействий. Возможные формы связности колебаний механических систем при действии нескольких внешних факторов / Р. С. Большаков // Наука и образование: научное издание МГТУ им. Н.Э. Баумана. – 2011. – № 8. – С. 5.
- 6 **Большаков, Р. С.** Реакция связи как параметр динамического состояния механической колебательной системы / Р. С. Большаков // Нелинейная динамика машин. School-NDM 2017 : сборник IV Международной Школы-конференции молодых ученых. – 2017. – С. 179–188.

УДК 624.13

ИССЛЕДОВАНИЕ НДС ИЗОЛИРОВАННОЙ ПЛИТЫ НА ТРЕХСЛОЙНОМ ОСНОВАНИИ

С. В. БОСАКОВ

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

О. В. КОЗУНОВА

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Введение. Для расчета конструкций на упругом основании созданы различные модели основания [1–4], которые с разной степенью точности применимы к реальным основаниям в зависимости от диапазона изменения их свойств. Например, модель Винклера применяется для расчетов понтонов водных переправ, фундаментов на песчаных грунтах. Модели упругого основания в виде упругого слоя или полупространства рекомендованы существующими нормативными документами [5] для расчета фундаментных балок и плит.

В работе используется модель трехслойного основания, предложенная авторами ранее [6], для расчета дорожных плит и аэродромных покрытий. Верхний слой является основанием Винклера и расположен на двухслойном основании Когана [4]. Расчет изолированной плиты на этой модели упругого основания выполнен способом Жемочкина на центрально приложенную нагрузку с учетом собственного веса плиты. При определении коэффициентов канонических уравнений способа Жемочкина прогибы плиты с заземленной нормалью от действия единичной силы определяются по формуле, ранее полученной одним из авторов [1]. Приводятся графические результаты расчета для осадок прямоугольной плиты и распределения контактных напряжений под плитой.

Постановка задачи и алгоритм расчета. Рассмотрим прямоугольную плиту размерами $2a \times 2b$ и цилиндрической жесткостью D , лежащую на трехслойном основании под действием внешней нагрузки (рисунок 1). Требуется определить осадки плиты и распределение контактных

напряжений под плитой. Принимаем, что в контактной зоне отсутствуют касательные напряжения и для плиты справедливы гипотезы технической теории изгиба [2].

Расчет плиты будем выполнять способом Жемочкина [7]. Разобьем плиту на одинаковые прямоугольные участки размерами Δx и Δy и в центре каждого участка поставим связь, через которую осуществляется контакт плиты с упругим основанием. Предположим, что усилие в связи вызывает равномерное распределение контактных напряжений при определении перемещений центра участка изолированной плиты.

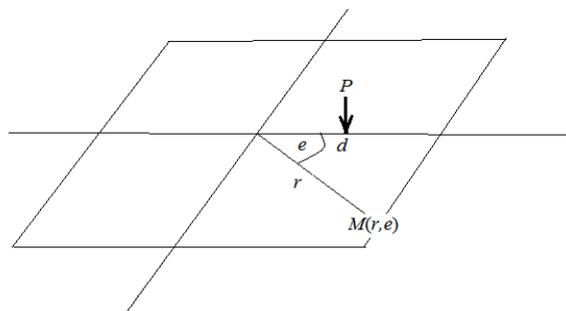


Рисунок 1 – Расчетная схема плиты

Полученную многократно статически неопределимую систему будем решать смешанным методом строительной механики [8], приняв за неизвестные усилия в контактных связях и два угловых и линейное перемещения введенного защемления в центре плиты.

Канонические уравнения смешанного метода для решения поставленной задачи имеют вид

$$\begin{cases} \delta_{1,1} X_1 + \dots + \delta_{1,m} X_m - \varphi x_1 y_1 - \varphi y_1 x_1 + u_1 + \Delta_{1,p} = 0; \\ \dots \\ \delta_{m,1} X_1 + \dots + \delta_{m,m} X_m - \varphi x_1 y_m - \varphi y_1 x_m + u_1 + \Delta_{m,p} = 0; \\ \sum_{k=1}^m X_k y_k - M_x = 0; \\ \sum_{k=1}^m X_k x_k - M_y = 0; \\ -\sum_{k=1}^m X_k - R = 0, \end{cases} \quad (1)$$

где m – число участков Жемочкина на плите; $u_1, \varphi x_1, \varphi y_1$ – неизвестные линейное и угловые перемещения введенного защемления в центре плиты; R, M_x, M_y – равнодействующая внешних сил и моменты равнодействующей относительно координатных осей на плите; X_k – усилие в связи Жемочкина с номером k .

Коэффициенты при неизвестных зависят от перемещений основания и прогибов плиты с защемленной нормалью от действия единичной силы. Перемещения упругого основания и прогибы плиты с защемленной нормалью в полярных координатах определяются по формулам [1].

Расчеты выполнялись для дорожной железобетонной плиты 4 Ч 3 Ч 0,18 м из тяжелого бетона $C^{20/25}$ на трехслойном основании со следующими характеристиками:

$$E_2 = 25 \text{ МПа}; \nu_2 = 0,2; h_2 = 0,25 \text{ м}; E_1 = 15 \text{ МПа}; \nu_1 = 0,25; h_1 = 0,5 \text{ м}; E_0 = 12 \text{ МПа}; \nu_0 = 0,35.$$

Внешняя нагрузка от колеса $Q = 65 \text{ кН}$ распределена по площади $0,4 \times 0,4 \text{ м}$ и приложена в центре плиты. Получено распределение контактных напряжений и осадок плиты.

Выводы. Предложена модель трехслойного упругого основания, пригодная для использования при расчете аэродромных и дорожных плит, плит и шпал строительных кранов и железнодорожных путей. Изложена последовательность расчета прямоугольной плиты на трехслойном основании на статическую нагрузку, основанная на способе Жемочкина. Приведены результаты исследования напряженно-деформированного состояния (НДС) изолированной плиты при ее статическом расчете для перемещений и контактных напряжений.

Список литературы

- 1 Босаков, С. В. Статические расчеты плит на упругом основании / С. В. Босаков. – Минск : БНТУ, 2002. – 128 с.
- 2 Горбунов-Посадов, М. И. Расчет конструкций на упругом основании / М. И. Горбунов-Посадов, Т. А. Маликова, В. И. Соломин. – М. : Стройиздат, 1984. – 639 с.

3 **Ворович, И. И.** Неклассические смешанные задачи теории упругости / И. И. Ворович, В. М. Александров, В. А. Бабешко. – М. : Наука, 1974. – 456 с.

4 **Коган, Б. И.** Напряжения и деформации многослойных покрытий / Б. И. Коган // Тр. ХАДИ, 1953. – Вып. 14. – С. 33–46.

5 СНиП 2.02.01–83. – М. : Госстройиздат, 1985. – 40 с.

6 **Босаков, С. В.** Об одной модели упругого основания и ее использовании для расчета прямоугольной плиты на упругом основании / С. В. Босаков, С. И. Зиневич, О. В. Козунова // НТЖ «Строительная механика и расчет сооружений». – № 4. – М., 2018.

7 **Жемочкин, Б. Н.** Практические методы расчета фундаментных балок и плит на упругом основании / Б. Н. Жемочкин, А. П. Синицын. – М. : Стройиздат, 1962. – 239 с.

8 **Ржаницын, А. Р.** Строительная механика / А. Р. Ржаницын. – М. : Высш. шк., 1991. – 439 с.

9 **Абрамовиц, М.** Справочник по специальным функциям / М. Абрамовиц, И. Стиган. – М. : Наука, 1979. – 832 с.

10 **Александров, А. В.** Основы теории упругости и пластичности / А. В. Александров, В. Д. Потапов. – М. : Высш. шк., 1990. – 400 с.

УДК 539.3

РАСЧЕТ СБОРНОЙ ДОРОЖНОЙ ПЛИТЫ ТРЕУГОЛЬНОГО ОЧЕРТАНИЯ

С. В. БОСАКОВ, П. Д. СКАЧЁК

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

При проектировании дорожного полотна применяются в основном плиты прямоугольного в плане очертания, расчет которых, а в частности определение напряженно-деформированного состояния изучен достаточно полно. В участках сопряжения или разветвления нескольких дорожных полотен возникают треугольные в плане конструкции дорожных плит, и расчет их ведется с учетом принятой модели основания. Существует множество моделей оснований. В данной статье рассматривается линейно-упругое основание в форме бесконечного упругого изотропного полупространства. Данная модель характеризуется принципом суперпозиции действия сил и пропорциональностью нагрузки и возникающих в основании перемещений. Задача расчета плит на упругом основании состоит в определении не только контактных напряжений, но и НДС самой плиты. По этой причине на конечный результат влияет также и принятая функция прогибов данной плиты, удовлетворяющая граничным условиям.

В данной статье рассматривается расчет треугольной дорожной плиты способом профессора Б. Н. Жемочкина [1, 2]. Суть его заключается в следующем. Треугольная плита (рисунки 1) разбивается на прямоугольные и треугольные участки (участки Жемочкина).

В центре тяжести каждого участка ставятся вертикальные жесткие связи, посредством которых осуществляется контакт плиты с основанием. Предполагается, что усилие x_1, x_2, \dots, x_n в каждой связи вызывает равномерное распределение реактивных давлений в пределах каждого участка. К тому же, в центре тяжести самой плиты вводится условное защемление, препятствующее вертикальному перемещению u_0 и поворотам относительно координатных осей $\varphi_{0x}, \varphi_{0y}$.

В результате получаем статически неопределимую систему, решаемую смешанным методом строительной механики. Поэтому составляется система канонических уравнений:

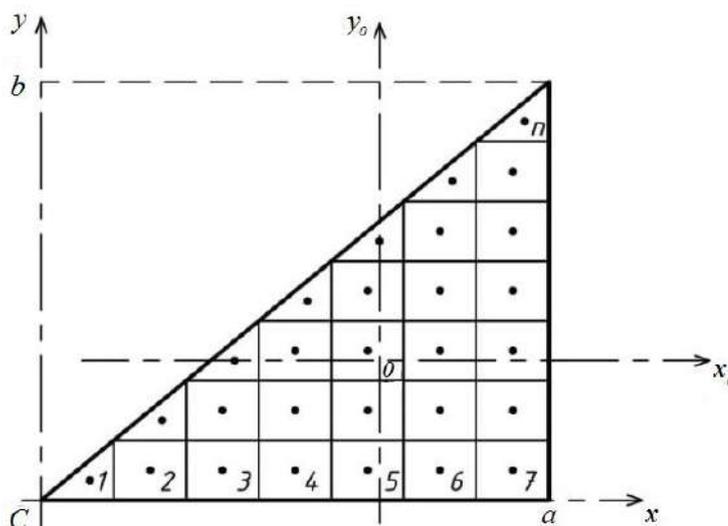


Рисунок 1 – Треугольная плита с участками Б. Н. Жемочкина

$$\begin{cases} \delta_{11}X_1 + \delta_{12}X_2 + \dots + \delta_{1n}X_n + u_0 + \varphi_{0x}y_i + \varphi_{0y}x_i + \Delta_{1p} = 0; \\ \delta_{21}X_1 + \delta_{22}X_2 + \dots + \delta_{2n}X_n + u_0 + \varphi_{0x}y_i + \varphi_{0y}x_i + \Delta_{2p} = 0; \\ \dots \\ \delta_{n1}X_1 + \delta_{n2}X_2 + \dots + \delta_{nn}X_n + u_0 + \varphi_{0x}y_i + \varphi_{0y}x_i + \Delta_{np} = 0; \\ -\sum_{k=1}^n X_k y_k + M_{px} = 0, -\sum_{k=1}^n X_k x_k + M_{yx} = 0, -\sum_{k=1}^n X_k + Q = 0, \end{cases} \quad (1)$$

где $u_0, \varphi_0, \varphi_{0y}$ – линейные и угловые перемещения введенного защемления на плите; Q, M_{px}, M_{py} – равнодействующая внешних сил, действующих на плиту, и ее моменты относительно координатных осей; Δ_{ip} – вертикальное перемещение точки i основной системы смешанного метода от внешней нагрузки; δ_{ik} – коэффициенты при неизвестных усилиях в связях; n – количество участков разбиения.

Коэффициенты при неизвестных и свободные члены зависят от прогибов самой плиты и осадок упругого основания. То есть коэффициенты δ_{ik} определяются по формуле

$$\delta_{ik} = Y_{ik} + V_{ik}, \quad (2)$$

где Y_{ik} – прогиб плиты с защемленной нормалью в точке приложения силы X_i от действия $X_k = 1$; V_{ik} – перемещение точки приложения X_i на границе упругого основания от действия равномерно распределенного по участку k усилия $X_k = 1$.

Для определения Y_{ik} принимаем функцию прогибов $W(x, y)$ плиты в виде особого решения, соответствующего действию сосредоточенной силы $P(\xi, \eta)$ [2, 3]:

$$W(x, y) = \frac{Pl^2}{16\pi D} \left\{ \left[\left(\frac{x-\xi}{l} - \frac{\xi}{l} \right)^2 + \left(\frac{y-\eta}{l} - \frac{\eta}{l} \right)^2 \right] \ln \left[\left(\frac{x-\xi}{l} - \frac{\xi}{l} \right)^2 + \left(\frac{y-\eta}{l} - \frac{\eta}{l} \right)^2 \right] + 2 \left(\frac{x\xi}{l^2} - \frac{y\eta}{l^2} \right) \times \right. \\ \left. \times \left[1 + \ln \left(\frac{\xi^2}{l^2} + \frac{\eta^2}{l^2} \right) \right] - \left(\frac{\xi^2}{l^2} + \frac{\eta^2}{l^2} \right) \ln \left(\frac{\xi^2}{l^2} + \frac{\eta^2}{l^2} \right) - \left(\frac{x^2}{l^2} + \frac{y^2}{l^2} \right) \ln \left(\frac{x^2}{l^2} + \frac{y^2}{l^2} \right) \right\}, \quad (3)$$

где l – некоторый линейный размер; D – цилиндрическая жесткость пластины [4].

Для вычисления перемещений V_{ik} точек 1, 2, 3, ..., n поверхности упругого однородного изотропного полупространства вычисляется двойной интеграл по площади Ω участка Б. Н. Жемочкина [2]:

$$\tilde{W}(x, y) = \frac{1-\nu_0^2}{\pi E_0} \iint \frac{d\xi d\eta}{\sqrt{(x-\xi)^2 + (y-\eta)^2}}, \quad (4)$$

где ν_0, E_0 – коэффициент Пуассона и модуль упругости основания.

При вычислении прогибов для прямоугольных и треугольных участков используется результат интегрирования (4) [1, 2].

Вычислив все коэффициенты при неизвестных, решается СЛАУ (1). Решением данной системы уравнений является вектор-столбец неизвестных усилий в связях Б. Н. Жемочкина и перемещения введенного защемления. По данным усилиям строится эпюра реактивных давлений, возникающих в основании. К тому же, используя конечно-разностный метод, легко определить усилия в плите для ее дальнейшего конструирования.

Список литературы

- 1 **Жемочкин, Б. Н.** Практические методы расчета фундаментных балок и плит на упругом основании / Б. Н. Жемочкин, А. П. Синицын. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Госстройиздат, 1962. – 239 с.
- 2 **Босаков, С. В.** Статические расчеты плит на упругом основании / С. В. Босаков. – Минск : БНТУ, 2002. – 128 с.
- 3 **Кончковский, З.** Плиты. Статические расчеты : пер. с польск. / З. Кончковский. – М. : Стройиздат, 1984. – 480 с.
- 4 **Александров, А. В.** Основы теории упругости и пластичности : учеб. для строит. спец. вузов / А. В. Александров, В. Д. Потапов. – М. : Высш. шк., 1990. – 400 с.

ТЕМПЕРАТУРА СОЛНЦА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВРЕМЕНИ И КООРДИНАТЫ

Ш. Д. БУРХАНОВ

Ташкентский институт проектирование, создания и эксплуатации автомобильных дорог

С. Ш. БУРХАНОВ

Частное предприятие «Talimbanner», г. Ташкент, Республика Узбекистан

В настоящее время средняя температура Земли растет, что вызывает серьезные опасения за ее будущее. В связи с этим актуальной становится задача определения температуры Солнца в зависимости от времени.

В работе [1] нами сделана оценка силы трения Земли о «солнечную пыль», которая излучается, извергается из Солнца и составляет в пересчете на массу около 4 млн т вещества за 1 с [2]. Если предположить, что за 5 млрд лет существования температура на поверхности Солнца не изменялась и составляла 6000 К, то за все это время его масса уменьшилась бы всего на 0,03 %, то есть на $6 \cdot 10^{26}$ кг [3]. С другой стороны, если считать, что планеты солнечной системы образовались из солнечной пыли за счет гравитационного притяжения, и их суммарная масса составляет $2,73 \cdot 10^{27}$ кг, то для выполнения баланса следует предположить более высокую температуру у светила в начальный период его жизни. Расчет зависимости температуры солнца от времени проведем при следующих допущениях:

1 Вся масса, излученная Солнцем за 5 млрд лет, полностью ушла на образование планет солнечной системы.

2 С учетом закона Стефана – Больцмана, энергия, излучаемая Солнцем в пространство, пропорциональна абсолютной температуре в четвертой степени – T^4 :

$$\gamma = B \cdot T^4, \quad (1)$$

где $B = 0,972 \cdot 10^2$ кг/год K^4 (B получено с учетом значения постоянной Стефана – Больцмана $5,67 \cdot 10^{-8}$ Вт/м²·К⁴). За 1 год $\gamma = 1,26 \cdot 10^{17}$ кг при температуре на поверхности Солнца 6000 К.

3 Интенсивность излучения линейно уменьшается со временем:

$$\gamma = \gamma_0 - at. \quad (2)$$

Для определения параметров γ_0 и a воспользуемся данными по интенсивности излучения массы в настоящее время:

$$1,26 \cdot 10^{17} \text{ кг} = \gamma_0 - a \cdot 5 \cdot 10^9 \text{ лет}, \quad (3)$$

а также тем, что за 5 млрд лет излученная масса должна быть равна массе всех планет:

$$2,73 \cdot 10^{27} \text{ кг} = \int_0^{5 \cdot 10^9} (\gamma_0 - at) dt. \quad (4)$$

Из системы (3) и (4) получим, что $a = 1,68 \cdot 10^8$ кг/лет, $\gamma_0 = 96,6 \cdot 10^{16}$ кг.

Пользуясь допущением (2), определим температуру на поверхности Солнца в момент его рождения при $t = 0$ $T_0 = 10^4$ К и построим график зависимости температуры поверхности Солнца от времени [4] (рисунок 1).

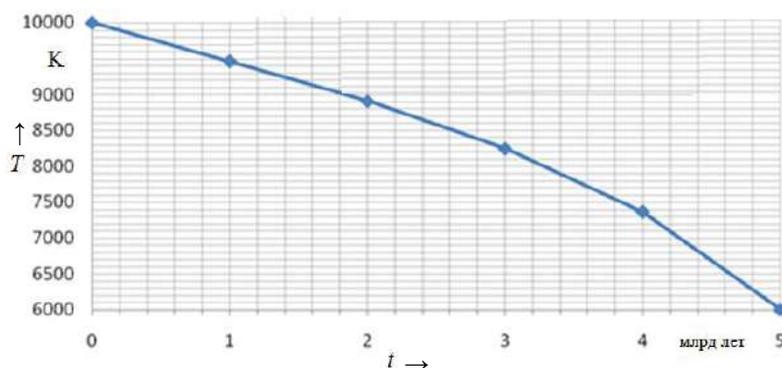


Рисунок 1 – Температура поверхности Солнца в зависимости от времени

Далее получено семейство кривых температур от расстояния при конкретных значениях возраста Солнца. Исходным материалом для получения зависимости температуры от координаты – это максимальные температуры на существующих планетах Меркурий, Земля, Марс, Юпитер, Сатурн в настоящее время (возраст Солнца 5 млрд лет).

Температура Венеры не учитывалась из-за парникового эффекта на этой планете.

Выводы: 1 Максимальная температура на планетах менялась с течением времени, при этом она уменьшалась, т. к. Солнце остывало, предположительно из-за убыли дейтерия (${}^2_1\text{H}$) и трития (${}^3_1\text{H}$) в его недрах.

2 Получена зависимость температуры Солнца от времени и понижение температуры в солнечной системе в зависимости от расстояния от Солнца.

Список литературы

1 Бурханов, Ш. Д. Экология космоса и соответствующие оценки в астрономии / Ш. Д. Бурханов, С. Ш. Бурханов, Р. М. Мирсаатов // ТИТЛП. Ч. 2, Ташкент, октябрь, 2010. – С. 249–252.

2 Климишин, И. А. Релятивистская астрономия / И. А. Климишин. – М.: Наука, 1993.

3 Бурханов, С. Ш. О приближении Земли к Солнцу / С. Ш. Бурханов, Ш. Д. Бурханов, Р. Курбанов; ТХТИ // Республиканский межвузовский сборник. – Ташкент, 2011. – С. 63–65.

4 Бурханов, Ш. Д. Температура поверхности солнца / Ш. Д. Бурханов, С. Ш. Бурханов // Актуальные проблемы молекулярной спектроскопии конденсированных сред: тез. докл. 5-й Междунар. конф. – Самарканд, 2016. – С. 158.

УДК 539.3

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ПОЛУПОЛОСЫ, ОСЛАБЛЕННОЙ ПРОДОЛЬНОЙ ТРЕЩИНОЙ

Н. Д. ВАЙСФЕЛЬД, З. Ю. ЖУРАВЛЁВА, В. В. РЕУТ

Одесский национальный университет им. И. И. Мечникова, Украина

Рассматривается упругая полуполоса, которая занимает область, описываемую в декартовой системе координат соотношениями $0 < x < a, 0 < y < \infty$. Боковые грани полуполосы находятся в условиях защемления $u(0, y) = 0, v(0, y) = 0, u(a, y) = 0, v(a, y) = 0$. По короткому торцу на полуполосу действует нормальная нагрузка интенсивности $p(x)$

$$\sigma_y|_{y=0} = p(x), \quad \tau_{xy}|_{y=0} = 0, \quad 0 < x < a. \quad (1)$$

Внутри полуполосы на линии $b_0 < y < b_1, x = C$ расположена продольная трещина

$$u(C-0, y) - u(C+0, y) = \langle u(C, y) \rangle = \varphi_1(y) \neq 0, \quad b_0 < y < b_1; \quad (2)$$

$$v(C-0, y) - v(C+0, y) = \langle v(C, y) \rangle = \varphi_2(y) \neq 0, \quad b_0 < y < b_1;$$

$$\tau_{xy}(C-0, y) - \tau_{xy}(C+0, y) = \langle \tau_{xy}(C, y) \rangle = 0, \quad b_0 < y < b_1; \quad (3)$$

$$\sigma_x(C-0, y) - \sigma_x(C+0, y) = \langle \sigma_x(C, y) \rangle = 0, \quad b_0 < y < b_1.$$

Необходимо определить смещения и напряжения, которые удовлетворяют краевым условиям на боковых гранях, на коротком торце (1), условиям на трещине (2)–(3) и уравнениям равновесия Ламе.

Для сведения исходной задачи к одномерной к уравнениям равновесия Ламе и краевым условиям применяется полубесконечное \sin -, \cos -преобразование Фурье по переменной y . Разрывная краевая задача в пространстве трансформант формулируется в векторном виде. Её решение строится в виде суперпозиции общего решения однородного векторного уравнения и частного решения неоднородного векторного уравнения. Общее решение однородного векторного уравнения построено с помощью аппарата матричного дифференциального исчисления [1]. Для построения частного решения к векторной разрывной краевой задаче применяется матричное интегральное преобразование по обобщённой схеме [2]. В результате частное решение векторного уравнения выражается через матрицу-функцию Грина, построенную в виде билинейного разложения.

Обращая интегральное преобразование, получаем выражения для функций перемещений, которые зависят от трёх неизвестных функций $\chi(x), \varphi_1(x), \varphi_2(x)$, где $\chi(x) = v(x, 0)$.

Подстановка выражений для функций перемещений в условия $\sigma_y|_{y=0} = p(x)$, $\tau_{xy}|_{x=C-0} = 0$, $\sigma_x|_{x=C-0} = 0$, приводит к системе трёх сингулярных интегральных уравнений

$$\begin{cases} \int_{-1}^1 \tilde{\chi}(\xi) Z(x, \xi) d\xi + \tilde{K}_0(x) = \tilde{r}(x), x \in I_1; \\ \frac{d^2}{dy^2} \int_{-1}^1 \tilde{\varphi}_1(\eta) \ln \frac{1}{|\eta - y|} d\eta + \tilde{K}_1(y) = 0, y \in I_1; \\ \frac{d^2}{dy^2} \int_{-1}^1 \tilde{\varphi}_2(\eta) \ln \frac{1}{|\eta - y|} d\eta + \tilde{K}_2(y) = 0, y \in I_1 \end{cases} \quad (4)$$

с дополнительным условием $\int_{-1}^1 \tilde{\chi}(\xi) d\xi = 0$,

где $\tilde{\chi}(\xi) = \chi\left(\frac{a(\xi+1)}{2}\right)$, $\tilde{\varphi}_i(\eta) = \varphi_i\left(\frac{(b_1 - b_0)\eta + (b_1 + b_0)}{2}\right)$, $i = 1, 2$, $I_1 = [-1; 1]$;

$$\tilde{K}_0(x) = \int_{-1}^1 \tilde{\chi}(\xi) \tilde{f}_0(\xi, x) d\xi + \int_{-1}^1 \tilde{\varphi}_1(\eta) \tilde{R}_{0,1}(+0, \eta) d\eta + \int_{-1}^1 \tilde{\varphi}_2(\eta) \tilde{R}_{0,2}(+0, \eta) d\eta;$$

$$\tilde{K}_i(y) = \int_{-1}^1 \tilde{\chi}(\xi) \tilde{f}_i(\xi, C+0) d\xi + \int_{-1}^1 \tilde{\varphi}_1(\eta) \tilde{R}_{i,1}(y, \eta) d\eta + \int_{-1}^1 \tilde{\varphi}_2(\eta) \tilde{R}_{i,2}(y, \eta) d\eta, i = 1, 2;$$

$$Z(x, \xi) = h_1 \left(\frac{1}{\xi + x - 2} + \frac{1}{\xi + x + 2} \right) + h_2 \left(\frac{x-1}{(\xi + x - 2)^2} + \frac{x+1}{(\xi + x + 2)^2} \right) + h_3 \left(\frac{(\xi-1)(x-1)}{(\xi + x - 2)^3} + \frac{(\xi+1)(x+1)}{(\xi + x + 2)^3} \right);$$

$h_1 = -\frac{\kappa^2 - 3}{2\kappa}$, $h_2 = -\frac{2}{\kappa}$, $h_3 = \frac{4}{\kappa}$, $\tilde{f}_i(\xi, x)$, $\tilde{R}_{i,1}(y, \eta)$, $\tilde{R}_{i,2}(y, \eta)$, $\tilde{r}(x)$, $i = 0, 1, 2$ – известные функции.

Для учёта неподвижной особенности в первом уравнении системы (4) построено трансцендентное уравнение

$$\cos(\lambda\pi) + \frac{2}{3-4\mu} \lambda^2 - \frac{4}{3-4\mu} \lambda - \frac{8\mu^2 - 12\mu + 3}{3-4\mu} = 0$$

и найдены его корни. Система (4) решается по специальной методике [3], согласно которой неизвестные функции разыскиваются в виде

$$\tilde{\chi}(\xi) = \sum_{k=0}^{N-1} [s_k^0 \rho_k^-(\xi) + s_{k+N}^0 \rho_k^+(\xi)], \quad \xi \in [-1; 1]; \quad (5)$$

$$\tilde{\varphi}_i(\eta) = \sum_{n=0}^{2N-1} s_n^i \sqrt{1-\eta^2} U_n(\eta), \quad \eta \in [-1; 1], i = 1, 2. \quad (6)$$

Промежуток $[-1; 1]$ делится на $2N$ частей точками $x_i: P_{2N-1}^{\lambda_0, \lambda_0}(x_i) = 0, i = \overline{0, 2N-1}$, и система сингулярных интегральных уравнений (4) рассматривается при $x = x_i, i = \overline{0, 2N-1}$. В результате приходим к решению системы линейных алгебраических уравнений.

Для подсчёта коэффициентов интенсивности напряжений на концах трещины используются следующие формулы:

$$K_{I-} = \sum_{k=0}^{\infty} s_k^1 \frac{\sqrt{\pi(b_1 - b_0)}(n+1)(-1)^k}{\sqrt{2}}; \quad K_{I+} = \sum_{k=0}^{\infty} s_k^1 \frac{\sqrt{\pi(b_1 - b_0)}(n+1)}{\sqrt{2}};$$

$$K_{II-} = \sum_{k=0}^{\infty} s_k^2 \frac{\sqrt{\pi(b_1 - b_0)}(n+1)(-1)^k}{\sqrt{2}}; \quad K_{II+} = \sum_{k=0}^{\infty} s_k^2 \frac{\sqrt{\pi(b_1 - b_0)}(n+1)}{\sqrt{2}}.$$

В работе представлена новая методика решения плоской смешанной задачи теории упругости для полуполосы, ослабленной продольной трещиной. Решение задачи свелось к решению системы трёх сингулярных интегральных уравнений, первое из которых содержит две неподвижные особен-

ности. Для их учёта построено трансцендентное уравнение, найдены его корни и применена специальная методика. Подсчитаны коэффициенты интенсивности напряжений на концах трещины. Исследовано их изменение при изменении длины трещины и её положения внутри полуполосы.

Список литературы

1 Vaysfel'd, N. On one new approach to the solving of an elasticity mixed plane problem for the semi-strip / N. Vaysfel'd, Z. Zhuravlova // Acta Mechanica. – 2015. – Vol. 226. – No.12. – P. 4159–4172. – DOI: 10.1007/s00707-015-1452-x.

2 Попов, Г. Я. Концентрация упругих напряжений возле штампов, разрезов, тонких включений и подкреплений / Г. Я. Попов. – М.: Наука, 1982. – 344 с.

3 Reut, V. Elastic crack-tip stress field in a semi-strip / V. Reut, N. Vaysfeld, Z. Zhuravlova // Frattura ed Integrita Strutturale. – No. 44. – 2018. – P. 82–93. – DOI: 10.3221/LGF-ESIS.44.07.

УДК 539.3

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЁННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ЧЕТВЕРТИ ПРОСТРАНСТВА

Н. Д. ВАЙСФЕЛЬД, А. В. ПОЖИЛЕНКОВ

Одесский национальный университет имени И. И. Мечникова, Украина

Рассматривается упругая область $0 < x < \infty$, $-\infty < y < \infty$, $0 < z < \infty$ (рисунок 1). По грани $x = 0$ выполняются условия защемления

$$u(0, y, z) = v(0, y, z) = w(0, y, z)$$

На грани $z = 0$ краевые условия могут быть произвольными, но для определенности выберем наиболее интересные условия первой основной задачи теории упругости

$$\sigma_z \Big|_{z=0} = -p(x, y), \quad \tau_{zx} \Big|_{z=0} = \tau_{zy} \Big|_{z=0} = 0.$$

Требуется отыскать поле смещений и напряжений, удовлетворяющее поставленным краевым условиям и уравнениям равновесия

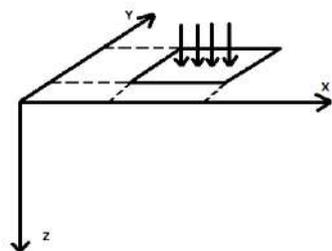


Рисунок 1 – Геометрическое представление задачи

$$\begin{cases} \Delta u + \mu_0 \frac{\partial \theta}{\partial x} = 0; \\ \Delta v + \mu_0 \frac{\partial \theta}{\partial y} = 0; \\ \Delta w + \mu_0 \frac{\partial \theta}{\partial z} = 0, \end{cases}$$

где $\Delta = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}$ – оператор Лапласа; $\theta = \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z}$ –

объемное расширение; $\mu_0 = \frac{1}{1-2\mu}$; μ – коэффициент Пуассона; u, v, w – смещения по осям x, y и z соответственно.

Для решения задачи были введены две новые функции [1]: $Z = u' + v$, $Z^* = v' - u$, здесь штрих над буквой обозначает производную по x , а точка – производную по переменной y . В результате исходная система уравнений равновесия распалась на два совместно решаемых и одно отдельно решаемое уравнение. Применение интегральных преобразований привело в пространстве трансформант Фурье к системе обыкновенных дифференциальных уравнений

$$\begin{cases} w''_{\alpha\beta}(z) - \mu_*^{-1} N_{\alpha\beta}^2 w_{\alpha\beta}(z) + \mu_*^{-1} \mu_0 Z'_{\alpha\beta} = 0; \\ Z'_{\alpha\beta}(z) - N_{\alpha\beta}^2 [\mu_* Z_{\alpha\beta}(z) + \mu_0 w'_{\alpha\beta}(z)] = 0, \end{cases}$$

где $N_{\alpha\beta}^2 = \alpha^2 + \beta^2$, α и β – параметры интегральных преобразований Фурье.

Было получено точное решение указанной системы, что позволило получить точное решение поставленной задачи.

Список литературы

1 Попов, Г. Я. Точные решения некоторых краевых задач механики деформируемого твердого тела // сост. Н. Д. Вайсфельд ; МОН Украины ; Одес. нац. ун-т им. И. И. Мечникова. – Одесса : Астропринт, 2013. – 424 с.

УДК 625.8

УПРАВЛЕНИЕ ГИДРАВЛИКОЙ ПРИВОДА ОТВАЛА БУЛЬДОЗЕРА С ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ СИСТЕМОЙ GPS

И. А. ВЕРЕНИЧ, А. А. ЕРМОЛЕНКО, В. В. ВАНЗОНОК
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

Из-за постоянно возрастающих требований к качеству строительной продукции появляется необходимость в повышении общего технического уровня работ, выполняемых строительными организациями. Особое место, при выполнении строительных работ, занимают земляные работы. Особенно это актуально во время строительства путепроводов, дорог и аэродромов. Точность выполнения земляных работ имеет большое значение. Именно они предопределяют качественный уровень выполнения строительных работ. Геодезические приемники вобрала в себя все новейшие технологии, разработанные в этой области и заключили их в прочной, прошедшей всевозможные полевые испытания конструкции. GPS приемники многофункциональны, точны, удобны и позволяют производить измерения в обеих глобальных спутниковых системах как GPS, так и ГЛОНАСС.

В последнее время, выпуская GPS приемники для строительной отрасли и для проведения геодезических измерений, компании-производители интегрируют в них большое количество дополнительных приборов, чем превращают обыкновенный приемник в целый мобильный комплекс, способный решать огромное количество поставленных перед ним задач. Так, интеграция в приемник тахеометра позволяет этим же прибором определить размер вертикального или горизонтального угла, построить горизонт или отвес и т. д. Задачей исследования является усовершенствовать гидропривод отвала бульдозера. Предлагается усовершенствовать гидроцилиндры привода отвала бульдозера.

Поставленная задача решается путем изменения принципа управления поршневым двигателем и введением в двигатель датчика регистрирующего положение поршня. В поршневом двигателе двойного действия, содержащем рабочий цилиндр, поршень со штоком и распределительное устройство потока рабочей среды 4, в штоке дополнительно установлена отградуированная полоска (например, с помощью определенной ориентации доменов магнитотвердого материала), и в непосредственном контакте с ней находится считывающая головка, закрепленная в корпусе цилиндра. Причем распределительное устройство выполнено в виде гидрораспределителя с линейным электрическим управлением (или пилотным электрогидравлическим управлением – в случае значительных расходов) и следящим принципом действия. Распределительное устройство связано с управляющей системой (бортовым компьютером) линиями управления. К управляющей системе также подведены сигнальные линии от датчиков и сигналы системы GPS.

На рисунке 2 представлена принципиальная гидравлическая схема отвала бульдозера (подъема опускания). Принцип действия гидропривода заключается в следующем.

Из гидробака Б рабочая жидкость подается насосом Н в напорную секцию распределителя Р. Четырехпозиционный золотник направляет поток жидкости в гидроцилиндры Ц1 и Ц2 подъема и

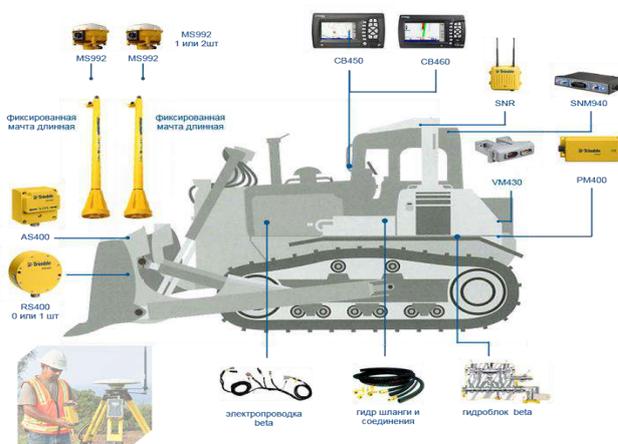


Рисунок 1 – Общий вид бульдозера ЧТЗ-Б-11 с системой автоматизированного управления отвалом

опускания отвала бульдозера. В штоковой гидролинии гидроцилиндров подъема и опускания отвала бульдозера установлен дроссель ДР с обратным клапаном КО1, который обеспечивает сплошность потока жидкости и замедление скорости опускания отвала. При перемещении золотника распределителя вниз по схеме начинают заполняться штоковые полости гидроцилиндров Ц1 и Ц2. При перемещении золотника распределителя вверх по схеме начинают заполняться поршневые полости гидроцилиндров Ц1 и Ц2. Таким образом осуществляется подъем и опускание отвала бульдозера.

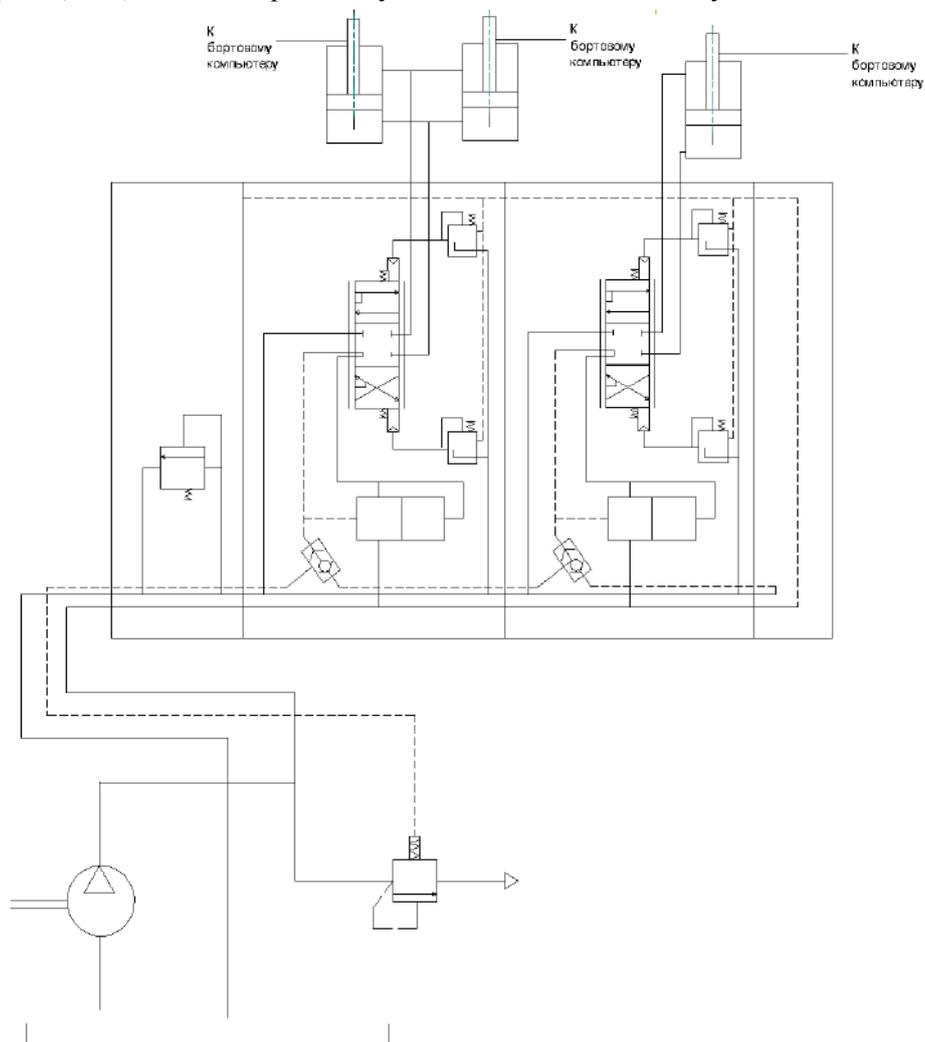


Рисунок 2 – Принципиальная гидравлическая схема отвала бульдозера подъема (опускания):
 Б – гидробак, Т – термометр; Н – насос; Ф – фильтр; КП1 и КП2 – гидроклапаны предохранительные; КО1 и КО2 – гидроклапан обратный; МН1 и МН2 – манометры; Ц1 и Ц2 – гидроцилиндр; Р – гидрораспределитель; ДР – гидродроссель

Температура рабочей жидкости измеряется датчиком температуры Т, а давления в сливной и напорной магистралях – манометрами МН1 и МН2. Очистка рабочей жидкости от механических примесей производится фильтром Ф с переливным клапаном КП2.

В результате будут сделаны расчетная динамическая схема гидропривода регулирования угла наклона отвала с новым гидроцилиндром, математическое описание привода; проведено моделирование и расчет оценочных параметров гидропривода при линейном, трапецеидальном и синусоидальном законах управления для заданных граничных условий.

По результатам моделирования можно будет сделать вывод, что рассмотренный гидропривод с новым поршневым двигателем и заданными параметрами обеспечивает требования показателей качества переходных процессов при линейном и трапецеидальном законах управления с коэффициентом усиления обратной связи по положению вплоть до $k_y = 500$, а при синусоидальном законе регулирования k_y должен быть снижен для обеспечения условий устойчивости и качества переходного процесса.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СИЛ В ЭЛЕМЕНТАХ КРЕПЛЕНИЯ ТРУБ НА ПЛАТФОРМАХ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

И. А. ВОРОЖУН

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Безопасность перевозок на автомобильном транспорте неразрывно связана с проблемой надежного крепления грузов. Действующие в Республике Беларусь Правила устанавливают, что силы, действующие на груз, должны компенсировать силу, которая составляет не менее 0,8 веса груза в направлении вперед и 0,5 веса груза по направлениям назад, влево и вправо. Отметим, что при определении способов и выборе устройства крепления груза смещение груза относительно кузова автомобильного транспортного средства в момент разгона (торможения) и движения на поворотах дороги не учитывается, т. е. автомобиль и груз рассматривается как единое целое. Однако любые средства крепления под действием приложенных нагрузок деформируются. Как показывает опыт, в некоторых случаях такие деформации могут приводить к постепенному изменению положения груза на автотранспортном средстве. Такое смещение, в свою очередь, в конечном счете может привести к повреждению крепления и нарушению сохранности груза. Целью представленной работы стало создание методики расчета креплений труб на автотранспортном средстве, учитывающей различные варианты их расположения на кузове.

Для перевозки металлических, железобетонных и асбестоцементных труб от заводов-изготовителей до пунктов назначения пользуются железнодорожным, автомобильным, водным и другими видами транспорта. При перевозке грузов предприятия и организации используют различные марки автомобильного транспорта. Например, для перевозки труб применяют автомобили МАЗ-5048, МАЗ-5205А, КамАЗ-5410, ОдАЗ-9370, автопоезда ПЛТ 1810 и ПЛТ 1310, автопоезд-самопогрузчик УПЛС 1308 и др. Наш опыт разработки схем крепления металлопроката на автотранспортных средствах показал, что здесь имеются существенные отличия по сравнению с креплением грузов в вагонах. Оказалось, что даже при одинаковых размерах кузова автомобиля в плане кольца для крепления грузов находятся в разных местах. Поэтому разработать единую схему размещения и крепления грузов, пригодную для применения на различных автомобилях, невозможно. В трубопроводах применяются легкоъемные сменные подкладки, обеспечивающие быструю переналадку под трубы другого типоразмера, и гибкие прокладки, исключаящие взаимное соприкосновение труб. Однако такое крепление не всегда может исключить смещения верхних ярусов труб при резком торможении. Это, в свою очередь, может стать причиной повреждения торцевой поверхности, форма которой изначально делается такой, чтобы обеспечить герметичное соединение труб при их укладке.

Рассмотрен вариант упругого крепления, допускающего смещение груза относительно рамы автомобиля в продольном направлении. Предполагается, что габарит погрузки позволяет размещать на автомобиле трубы в два и более яруса. Продольное крепление труб может осуществляться следующими способами:

- трубы всех ярусов крепятся непосредственно к кузову автомобиля;
- трубы нижнего яруса крепятся непосредственно к кузову автомобиля, а трубы каждого последующего яруса – к трубам предыдущего;
- комбинированный способ крепления, совмещающий оба предыдущих способа.

Для проведения исследований автомобиль с закрепленными на нем трубами представлен в виде механической системы, включающей шасси автомобиля, установленные на нем в несколько ярусов трубы (ярусное крепление). С целью конкретизации модели рассмотрен случай четырех труб, размещенных на раме автомобиля в два яруса. Предполагалось, что реквизиты крепления содержат упругие элементы с линейными характеристиками и оснащены натяжными устройствами. Движение автомобиля рассматривается при полностью заторможенных колесах.

В качестве обобщенных координат рассматривались продольные линейные перемещения двух труб верхнего яруса, двух труб нижнего яруса, и автомобиля. Полученная система при принятых допущениях имеет три степени свободы. С применением принципа Даламбера получена система

дифференциальных уравнений, отражающих движение двух ярусов труб и автомобиля. Её особенностями являются учет изменения углов наклона средств крепления по отношению к полу автоплатформы вследствие их деформаций, а также особая форма учета сил кулонова трения, максимальное значение которых достигается только при положительной разности между скоростями контактирующих элементов системы, расположенных выше и ниже соответственно.

Численное интегрирование полученной системы дифференциальных уравнений проводилось при следующих исходных данных: массы ярусов труб $m_1 = m_2 = 5700$ кг; масса автомобиля $m_3 = 11700$ кг; коэффициент трения скольжения шин колес автомобиля по дороге $\mu = 0,8$; коэффициенты трения между трубами верхнего и нижнего ярусов, трубами нижнего яруса и опорами на раме автомобиля $f_1 = f_2 = 0,6$ соответственно. Расчеты проводились в среде MathCAD.

Значения коэффициентов жесткости упругих элементов для продольного крепления труб обоих ярусов принимались одинаковыми ($c_1 = c_2$) и варьировались в пределах $0,08-0,5$ МН/м. Предварительное натяжение упругих элементов продольного крепления труб считалось пренебрежимо малым.

Результаты расчетов для скорости, на момент начала торможения автомобиля составляющей 10 м/с, показывают, что с увеличением жесткости упругих элементов продольного крепления, смещение ярусов труб относительно рамы автомобиля уменьшается, но длина тормозного пути возрастает. Так, при изменении коэффициента жесткости упругих элементов, продольного крепления труб к платформе автомобиля в пределах $0,08-0,5$ МН/м смещение труб нижнего яруса составляет $0,49-0,08$ м, а верхнего – $0,86-0,14$ м. Изменение длины тормозного пути автомобиля с трубами – $6,0-6,3$ м.

При отсутствии продольного смещения труб относительно платформы автомобиля, т.е. при рассмотрении автомобиля с трубами как единого тела, тормозной путь автомобиля составляет порядка $6,4$ м и не зависит от массы перевозимого груза.

В результате проведенных исследований установлено, что наибольшее значение сил в упругих элементах продольного крепления труб нижнего яруса к раме автомобиля составляет 39 кН, а наибольшее значение в упругих элементах продольного крепления труб верхнего яруса к трубам нижнего яруса – 30 кН. Существующие в Республике Беларусь Правила устанавливают, что силы, действующие на груз, должны компенсировать силу, равную не менее $0,8$ веса груза в направлении вперед, что составляет порядка 89 кН.

В ходе выполнения исследований с целью выбора рациональной схемы рассмотрены возможные схемы крепления четырех труб в два яруса на автотранспортном средстве. Из них выделены две схемы устройств, отличающиеся способом продольного крепления труб к платформе транспортного средства: 1) с комбинированным способом продольного крепления труб, при которой трубы нижнего яруса крепятся непосредственно к платформе автомобиля, а трубы верхнего яруса связываются с трубами нижнего яруса, и 2) схема, в которой элементы креплений труб обоих ярусов соединяются непосредственно с платформой автомобиля.

В результате расчетов динамических показателей рассмотренных устройств установлено:

– при комбинированном способе продольного крепления труб смещение труб верхнего яруса увеличивается в процессе торможения транспортного средства в $1,7-2$, а нижнего – в $1,1-1,2$ раза по сравнению с способом продольного крепления труб обоих ярусов непосредственно к раме транспортного средства;

– силы в упругих элементах крепления труб нижнего яруса к платформе при ярусном способе продольного крепления труб в $1,7$ раза меньше по сравнению со способом продольного крепления труб обоих ярусов непосредственно к раме транспортного средства.

На основании полученных результатов можно сделать заключение, что при отсутствии ограничений по смещению труб относительно платформы транспортного средства в продольном направлении наиболее предпочтительна схема с комбинированным способом продольного крепления труб. Поскольку при таком способе продольного крепления труб к платформе транспортного средства динамические силы, действующие на элементы крепления, трубы и транспортное средство, меньше, то элементы крепления могут быть меньших размеров, следовательно, и материалоемкость устройства крепления будет меньше.

Разработанная математическая модель и установленные расчетные зависимости могут быть использованы для расчета крепления иных грузов, размещенных в несколько ярусов на транспортном средстве.

НОВЫЕ ПОДХОДЫ В ЗАДАЧАХ ФОРМИРОВАНИЯ СТРУКТУРЫ ВИБРАЦИОННЫХ ПОЛЕЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН

ВЬОНГ КУАНГ ЧЫК

Иркутский государственный университет путей сообщения, Российская Федерация

Введение. Вибрационные технологические машины широко применяются в транспортировке материалов, сортировке сыпучих сред, а также при вибрационном упрочнении и модификации свойств обрабатываемых изделий. Важнейшими задачами являются обеспечение эффективности функционирования технологических машин, повышение надежности работы их узлов и обеспечение безопасности обслуживающего персонала. Рассмотрение, оценка и контроль в таких случаях требует изменения динамических состояний с помощью специальных средств [1]. Исследования последних лет показали, что динамические свойства механических колебательных систем, даже в линейных представлениях, существенным образом зависят от таких факторов, как введение дополнительных связей, учет одновременного действия нескольких возмущений и др., что инициирует развитие новых направлений научных исследований, в том числе связанных с развитием и применением методов структурного математического моделирования. Ряд результатов в этом направлении представлен в [2–4].

Вместе с тем необходимо отметить, что многие вопросы динамики механических колебательных систем, отображающие особенности технологических процессов, реализуемых вибрационными машинами, еще не получило должного уровня физической детализации представлений о процессах взаимодействия элементов систем. В частности, это связано с поиском и разработкой конструктивно-технических решений, реализуемых путем введения дополнительных связей, учетом совместности действия внешних возмущений, а также проявлениями новых динамических эффектов.

В докладе развивается метод построения математических моделей для вибрационных технологических машин, отображаемых механическими колебательными системами с двумя степенями свободы, создающими для рабочих органов вибрационные поля определенной структуры.

1 Описание особенности математической модели. Расчетная схема вибростенда приведена на рисунке 1. Рабочий орган вибростенда в виде твердого тела массой M и моментом инерции J опирается на упругие элементы (линейные пружины) с коэффициентами жесткости k_1 и k_2 .

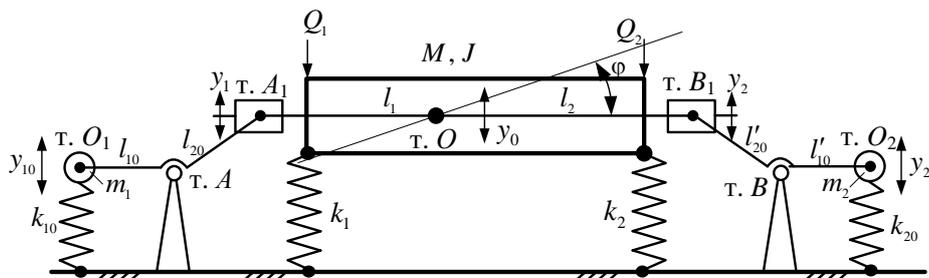


Рисунок 1 – Принципиальная схема вибростенда инерциального возбуждения с рычажными корректорами

Для построения структурной математической модели были использованы известные подходы и методы преобразований Лапласа (рисунок 2).

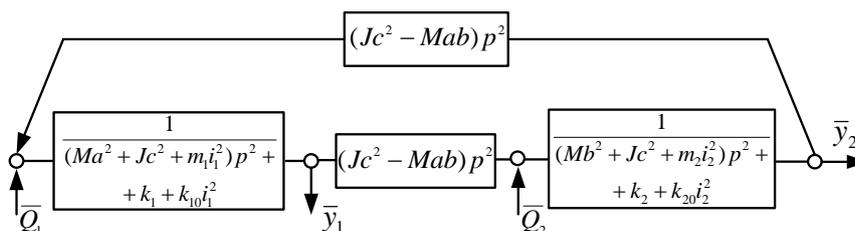


Рисунок 2 – Структурная математическая модель (структурная схема) механической колебательной системы по рисунку 1

Автором для оценки возможностей построения структуры вибрационного поля использована передаточная функция межпарциальных связей:

$$W_{12}(p) = \frac{\bar{y}_2}{\bar{y}_1} = \frac{(Ma^2 + Jc^2 + m_1 i_1^2) p^2 + k_1 + k_{10} i_1^2 + (Jc^2 - Mab) p^2}{(Mb^2 + Jc^2 + m_2 i_2^2) p^2 + k_2 + k_{20} i_2^2 + (Jc^2 - Mab) p^2}. \quad (1)$$

При построении коэффициента связности амплитуд колебаний (1) рабочего органа учитывается совместное действие двух внешних сил. Технология выбора параметров вибрационной машины предполагает возможности изменения параметров дополнительных связей в виде рычажных механизмов, имеющих возможность регулирования значений приведенных масс и передаточных отношений рычажных механизмов.

2 Особенности динамических свойств системы. Разработана методика выбора параметров, при которых коэффициент связности амплитуд колебаний [выражение (1)] приравнивается единице. Такой вариант структуры вибрационного поля может использоваться в конкретных технологических процессах. Подход, предлагаемый автором, позволяет также и другие формы реализации структуры вибрационного поля.

Заключение. На основе проведенных исследований показано, что вибрационное поле вибрационной технологической машины формируется под действием нескольких факторов, которые определяют одновременно совместного действия нескольких силовых возмущений, несимметричностью инерционных и упругих свойств механической системы, наличием дополнительных связей и др.

Автором предлагается метод формирования структуры и параметров вибрационного поля технического объекта на основе введения дополнительных связей, реализуемых рычажными механизмами. Разработана технология построения математических моделей для оценки возможностей корректировки и настройки вибрационных полей путем выбора параметров дополнительных связей. Показано, что использование передаточных функций парциальных связей дает возможность получения аналитических соотношений параметров системы, обеспечивающих необходимый режим функционирования, в том числе и с возможностями реализации режима создания однородного поля, не зависящего от частоты силового возмущения, что требуется для многих технологических и транспортных объектов.

Показаны возможные использования метода и технологий его реализации для формирования структур вибрационных полей частного вида, когда определенные условия распределения амплитуд колебаний точек рабочего органа создаются в ограниченных частотных границах.

Список литературы

- 1 Елисеев, С. В. Прикладная теория колебаний в задачах динамики линейных механических систем / С. В. Елисеев, А. И. Артюнин. – Новосибирск : Наука, 2016. – 459 с.
- 2 Патент 2654276 RUS, МПК F16F 15/04, F16F 7/08. Способ динамического гашения колебаний тягового двигателя локомотива и устройство для его осуществления / С. В. Елисеев, А. В. Елисеев, Е. В. Каимов, Р. С. Большаков, Е. В. Филатов, А. С. Миронов, К. Ч. Вьонг. – 2017109361 ; заявл. 20.03.2017 ; опубл. 17.05.2018. Бюл. № 14.
- 3 Некоторые возможности динамического гашения колебаний в системах с несколькими степенями свободы / С. В. Елисеев [и др.] // Вестник Брянского гос. технич. ун-та. – 2017. – № 1(54). – С. 290–301.
- 4 Кинаш, Н. Ж. Связность движения элементов и формы внешних воздействий: математические модели взаимодействий в цепных структурах / Н. Ж. Кинаш, В. Б. Кашуба, К. Ч. Вьонг // Системы. Методы. Технологии. – Братск. – 2016. – № 4(32). – С. 28–38.

УДК 539.3, 539.8

МОДЕЛЬ НЕСТАЦИОНАРНЫХ УПРУГОДИФFUЗИОННЫХ КОЛЕБАНИЙ БАЛКИ ТИМОШЕНКО

У. С. ГАФУРОВ, А. В. ЗЕМСКОВ

Московский авиационный институт (НИУ)

Д. В. ТАРЛАКОВСКИЙ

НИИ механики МГУ им. М. В. Ломоносова, Российская Федерация

Рассматривается задача о нестационарных колебаниях балки Тимошенко. Схема приложенных сил и изгибающих моментов, а также ориентация осей прямоугольной декартовой системы координат представлена на рисунке 1.

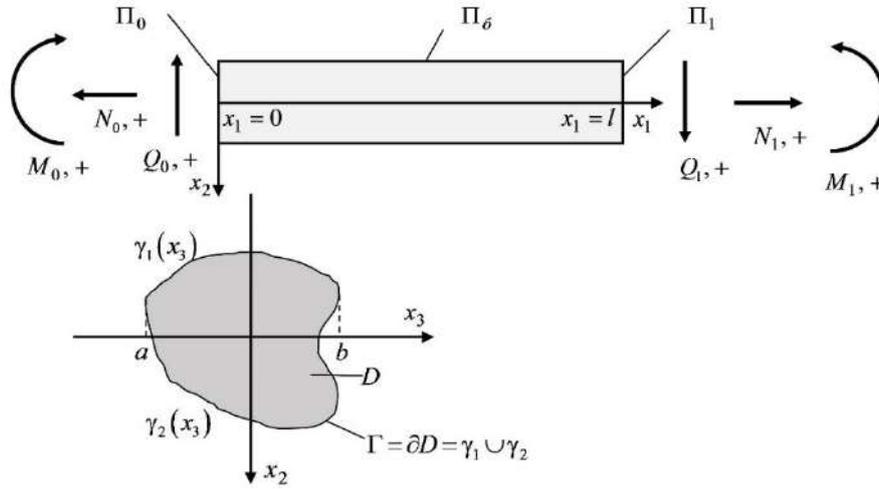


Рисунок 1 – Иллюстрация к постановке задачи

Для математической постановки задачи используется модель упругодиффузионных процессов в сплошных средах в прямоугольной декартовой системе координат, которая в случае однородной среды имеет вид [1, 2]

$$\ddot{u}_i = \frac{\partial \sigma_{ij}}{\partial x_j} + F_i, \quad \dot{\eta}^{(q)} = -\frac{\partial J_i^{(q)}}{\partial x_i} + Y^{(q)} \quad (q = \overline{1, N}), \quad (1)$$

где σ_{ij} и $J_i^{(q)}$ – компоненты тензора напряжений и вектора диффузионного потока, которые определяются следующим образом ($q = \overline{1, N}$):

$$\sigma_{ij} = C_{ijkl} \frac{\partial u_k}{\partial x_l} - \sum_{q=1}^N \alpha_{ij}^{(q)} \eta^{(q)}, \quad J_i^{(q)} = -\sum_{l=1}^N D_{ij}^{(q)} g^{(ql)} \frac{\partial \eta^{(l)}}{\partial x_j} + \Lambda_{ijkl}^{(q)} \frac{\partial^2 u_k}{\partial x_j \partial x_l}. \quad (2)$$

Здесь точки обозначают производную по времени. Все величины в (1) и (2) являются безразмерными. Для них приняты следующие обозначения:

$$x_i = \frac{x_i^*}{l}, \quad u_i = \frac{u_i^*}{l}, \quad \tau = \frac{Ct}{l}, \quad C_{ijkl} = \frac{C_{ijkl}^*}{C_{1111}}, \quad C^2 = \frac{C_{1111}^*}{\rho}, \quad \alpha_{ij}^{(q)} = \frac{\alpha_{ij}^{*(q)}}{C_{1111}}; \quad (3)$$

$$D_{ij}^{(q)} = \frac{D_{ij}^{*(q)}}{Cl}, \quad \Lambda_{ijkl}^{(q)} = \frac{m^{(q)} D_{ij}^{*(q)} \alpha_{kl}^{*(q)} n_0^{(q)}}{\rho RT_0 Cl}, \quad F_i = \frac{F_i^*}{C_{1111}}, \quad Y^{(q)} = \frac{l Y^{*(q)}}{C},$$

где t – время; x_i^* – прямоугольные декартовы координаты; u_i^* – компоненты вектора перемещений; l – длина балки; $\eta^{(q)} = n^{(q)} - n_0^{(q)}$ – приращение концентрации q -й компоненты вещества в составе N – компонентной среды; $n^{(q)}$ и $n_0^{(q)}$ – актуальная и начальная концентрации q -го вещества; C_{ijkl}^* – компоненты тензора упругих постоянных; ρ – плотность; $\alpha_{ij}^{*(q)}$ – коэффициенты, характеризующие объемное изменение среды за счёт диффузии; $D_{ij}^{*(q)}$ – коэффициенты самодиффузии; R – постоянная Больцмана; T_0 – температура среды; $m^{(q)}$ – молярная масса q -го вещества.

Замыкают постановку задачи начально-краевые условия на пространственно-временном множестве $G \times \{\tau \geq t_0\}$, где G – геометрическая область с границей $\Pi = \partial G$.

Начальные условия:

$$u_i|_{\tau=t_0} = u_{i0}, \quad \frac{\partial u_i}{\partial \tau}|_{\tau=t_0} = v_{i0}, \quad \eta^{(q)}|_{\tau=t_0} = \eta_0^{(q)}, \quad q = \overline{1, N}. \quad (4)$$

Здесь u_{i0} , v_{i0} , $\eta_0^{(q)}$ – заданные функции пространственных координат. Далее будем полагать, что $t_0 = 0$, $u_{i0} = 0$, $v_{i0} = 0$, $\eta_0^{(q)} = 0$.

Граничные условия (область G ограничена; n_i – компоненты единичного вектора внешней нормали к ∂G , $\partial G = \Pi_u \cup \Pi_\sigma$, $\partial G = \Pi_\eta \cup \Pi_j$):

$$u_i|_{\Pi_u} = U_i, \quad \sigma_{ij}n_j|_{\Pi_\sigma} = P_i, \quad \eta^{(q)}|_{\Pi_\eta} = N^{(q)}, \quad J_i^{(q)}|_{\Pi_j} = I_i^{(q)} \quad (\tau > 0, q = \overline{1, N}). \quad (5)$$

Величины, стоящие в правых частях граничных условий, – поверхностные кинематические U_i , $N^{(q)}$ и динамические P_i , $I_i^{(q)}$ возмущения.

Для построения уравнений изгиба балки переходим к вариационной формулировке задачи (1)–(5). Согласно вариационному принципу Гамильтона соотношения (1)–(5) можно рассматривать как условие стационарности некоторого функционала $H(u_i, \eta^{(q)})$, вариация которого имеет вид

$$\delta H = \int_{t_1}^{t_2} (\delta L - \delta E) d\tau, \quad (6)$$

где $L(u_i, \eta^{(q)})$ – функционал Лагранжа, $E(\dot{u}_i, \dot{\eta}^{(q)})$ – кинетическая энергия системы.

Применительно к задаче (1)–(5) вариация (6) записывается так:

$$\begin{aligned} \delta H = & \int_{t_1}^{t_2} d\tau \int_G \left(\ddot{u}_i - \frac{\partial \sigma_{ij}}{\partial x_j} - F_i \right) \delta u_i dG + \sum_{q=1}^N \int_{t_1}^{t_2} d\tau \int_G \left(\dot{\eta}^{(q)} + \frac{\partial J_i^{(q)}}{\partial x_i} - Y^{(q)} \right) \delta \eta^{(q)} dG + \\ & + \int_{t_1}^{t_2} \iint_{\Pi_\sigma} (\sigma_{ij}n_j - P_i) \delta u_i dS d\tau + \sum_{q=1}^N \int_{t_1}^{t_2} \iint_{\Pi_j} (J_i^{(q)} - I_i^{(q)}) n_i \delta \eta^{(q)} dS d\tau. \end{aligned}$$

Далее, для построения уравнений изгиба балки принимаются, что:

- поперечные прогибы балки малы;
- сечения, перпендикулярные к оси балки до деформации, остаются плоскими и после деформации (гипотеза плоских сечений).

Используя необходимое условие стационарности функционала Гамильтона, получаем модель нестационарного плоского изгиба упругодиффузионной балки Тимошенко. Для решения полученной задачи применяется интегральное преобразование Лапласа по времени и разложение в ряды Фурье.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект 17-08-00663 А).

Список литературы

- 1 Князева, А. Г. Задачи теории термоупругой диффузии в процессах поверхностной обработки материалов / А. Г. Князева, Е. С. Ильина, В. Н. Демидов // XI Всероссийский съезд по фундаментальным проблемам теоретической и прикладной механики, Казань, 20–24 августа 2015 г. – С. 1818–1820.
- 2 Земсков, А. В. Постановка задачи о нестационарных упругодиффузионных колебаниях балки Эйлера-Бернулли / А. В. Земсков, Д. В. Тарлаковский // Динамические и технологические проблемы механики конструкций и сплошных сред : материалы XXIV Междунар. симпозиума, посвящ. А. Г. Горшкову. – Т. 2. – М. : ООО «ТРИ», 2018. – С. 152–157.

УДК 539.3

ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ ЭПОКСИДНО-ПОЛИЭФИРНЫХ ПОКРЫТИЙ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТОНКИХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПЛАСТИН

А. Г. ГЕТМАНОВ

Московский авиационный институт (НИУ), Российская Федерация

В работе исследовались объемные значения механических свойства органических покрытий на основе эпоксидной смолы (DGEBA DER 332) и двух диаминов сомономеров (IPD и 3DCM). Покрытия наносились на подложки из алюминиевых и титановых сплавов. Для изучения влияния толщины покрытия на степень реакции подложки из обоих сплавов и сравнения с объемными значениями использовался метод дифференциальной сканирующей калометрии и около инфракрасной спектроскопии. Остаточное напряжение и модуль Юнга покрытий были рассчитаны с использованием одномерного анализа, основанного на теории пучка с введением биаксиального модуля для изотроп-

ного напряжения (теория тонких пластин). Был введен коэффициент жесткости, так как деформации в покрытии приводят к деформациям в подложке. Было доказано, что модуль Юнга и внутреннее остаточное напряжение покрытий зависит от толщины покрытия, степени реакции и материала подложки. Во время цикла термической полимеризации наблюдалась потеря отверждающего агента и, таким образом, изменение степени реакции покрытия. Результаты показали, что модуль Юнга и напряжение тонких покрытий сильно отличаются от объемных значений.

УДК 539.4:621.6

ИССЛЕДОВАНИЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ВЯЗКОУПРУГОСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ

Е. А. ГОЛУБЕВА, М. Ю. БОКИЙ, Р. А. АЛЬ-АБСИ

Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины, Республика Беларусь

Широкое применение композиционных материалов в строительстве и других отраслях машиностроения привело к необходимости изучения задач оптимального проектирования конструкций из композиционных материалов, обладающих вязкоупругими свойствами. В связи с этим наследственная теория вязкоупругости привлекает к себе всё большее внимание исследователей.

Интегральные преобразования, такие как преобразования Лапласа и другие, помогают значительно упростить решение различных дифференциальных и интегральных уравнений, которые возникают в прикладных задачах разных областей математики и механики. В данной работе применение преобразования Лапласа и методов его обращения рассматриваются на примере решения задачи вязкоупругости – нахождения напряжения и деформации вязкоупругих материалов. Важнейшими характеристиками вязкоупругих тел являются ползучесть и релаксация. Так, под ползучестью понимается свойство материалов деформироваться во времени в зависимости от постоянного напряжения. Релаксация – перераспределение напряжения в теле в зависимости от деформации. Связь ползучести и релаксации принято описывать соотношением Больцмана – Вольтерра, которое является обобщением закона Гука.

Наиболее часто для предварительных расчетов используется экспоненциальное ядро релаксации

$$R(t) = \frac{\lambda}{\tau} \exp(-t / \tau)$$

и ползучести

$$K(t) = \frac{\lambda}{\tau} \exp\left(-\frac{1-\lambda}{\tau} t\right).$$

Описание процессов деформирования, релаксации и ползучести получены в источнике [1]:

$$\tilde{R}(\tau) = \int_0^{\tau} R(s) ds = \frac{A^*}{\beta^*} \sum_{n=1}^{\infty} \left(\frac{\beta^*}{\lambda^{\alpha}}\right)^n \frac{\gamma(\alpha n, \lambda \tau)}{\tilde{A}(\alpha n)};$$

$$\tilde{K}(\tau) = \int_0^{\tau} K(s) ds = \frac{A^*}{\beta} \sum_{n=1}^{\infty} \left(\frac{\beta}{\lambda^{\alpha}}\right)^n \frac{\gamma(\alpha n, \lambda \tau)}{\Gamma(\alpha n)}.$$

В данной работе использовали обобщенные ядра вида [1]

$$R(\tau) = A^* \tau^{\alpha-1} e^{-\lambda \tau} E_{\frac{1}{\alpha}}(\beta^* \tau^{\alpha}; \alpha);$$

$$K(\tau) = A^* \tau^{\alpha-1} e^{-\lambda \tau} E_{\frac{1}{\alpha}}(\beta \tau^{\alpha}; \alpha),$$

в которые входит функция типа Миттаг-Леффлера $E_{\rho}(x, \mu) = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{x^k}{\Gamma(\mu + k\rho^{-1})}$, где $\Gamma(x)$ – гамма-функция; μ – произвольный параметр A^* , β , λ , α – реологические параметры.

Значения этих ядер определяются из эксперимента и задаются таблицей чисел, которые соответствуют фиксированным значениям времени. При проведении эксперимента определяются данные для построения кривых ползучести или релаксации. Таблица экспериментальных данных может содержать погрешности измерений [2] (таблица 1).

Таблица 1 – Значения вязкоупругих компонентов, входящих в формулы для описания явлений ползучести и релаксации построенных на основе экспериментальных данных

t	$K(t)$	$\int_0^t K(t)dt$	$\Gamma(t)$	$\int_0^t \Gamma(t)dt$	$1 + \int_0^t K(t)dt$	$1 - \int_0^t \Gamma(t)dt$
0,001	20,867	0,2272	3,911	0,1855	1,2272	0,8145
0,01	2,7021	0,2819	1,6526	0,2204	1,2819	0,7796
0,1	0,3559	0,3535	0,1955	0,2619	1,3535	0,7381
1,0	0,0463	0,4478	0,0222	0,3103	1,4478	0,6897
5,0	$0,96 \cdot 10^{-2}$	0,5255	$0,41 \cdot 10^{-2}$	0,3456	1,5255	0,6544
10,0	$0,42 \cdot 10^{-2}$	0,5570	$0,17 \cdot 10^{-2}$	0,3587	1,5570	0,6413
18,0	$0,17 \cdot 10^{-2}$	0,5786	$0,65 \cdot 10^{-3}$	0,3672	1,5786	0,6328
30,0	$0,61 \cdot 10^{-3}$	0,5912	$0,22 \cdot 10^{-3}$	0,3719	1,5912	0,6281
70,0	$0,41 \cdot 10^{-4}$	0,5993	$0,14 \cdot 10^{-4}$	0,3748	1,5993	0,6252
100,0	$0,69 \cdot 10^{-5}$	0,5959	$0,22 \cdot 10^{-5}$	0,3750	1,5999	0,6250
200,0	$0,27 \cdot 10^{-7}$	0,6000	$0,79 \cdot 10^{-8}$	0,3750	1,6000	0,6250
300,0	$0,13 \cdot 10^{-9}$	0,6000	$0,36 \cdot 10^{-10}$	0,3750	1,6000	0,6250

На основе свойств резольвентных операторов для ядер интегральных уравнений предложен метод построения решения задач вязкоупругости путем прямого использования экспериментальных данных, заданных таблично. Приведена таблица значений ядер и резольвент, а также интегралов о них, необходимых для построения численных значений решений краевых задач теории вязкоупругости. Также был разработан алгоритм и создана программа в среде Delphi, используя метод минимизации функции без ограничений прямым поиском по Хуку и Дживсу для экспоненциальной функции (рисунок 1). Значения, полученные в программе, сравнивались со значениями таблицы 1. Тестирование программы осуществлялось в сравнении с результатами других исследователей. Предлагаемые подходы могут быть использованы в строительстве, а также машиностроении и других отраслях промышленности.



Рисунок 1 – График экспоненциальной функции

Значения, полученные в программе, сравнивались со значениями таблицы 1. Тестирование программы осуществлялось в сравнении с результатами других исследователей. Предлагаемые подходы могут быть использованы в строительстве, а также машиностроении и других отраслях промышленности.

Список литературы

- 1 **Можаровский, В. В.** Прикладная механика слоистых тел из композитов / В. В. Можаровский, В. Е. Старжинский. – Минск, 1988. – 271 с.
- 2 **Кристенсен, Р.** Введение в теорию вязкоупругости / Р. Кристенсен – М. : Мир, 1974. – 338 с.

УДК 539.3

АЛГОРИТМ РЕШЕНИЯ НЕСТАЦИОНАРНОЙ ЗАДАЧИ ТЕРМОУПРУГОСТИ С УЧЁТОМ ПЕРЕКРЁСТНОЙ ДИФФУЗИИ ДЛЯ ДВУХКОМПОНЕНТНОГО ПОЛУПРОСТРАНСТВА

С. А. ДАВЫДОВ, А. В. ЗЕМСКОВ, А. Д. ФЕДОРОВА
 Московский авиационный институт (НИИ), Российская Федерация

Существует ряд подходов к созданию математических моделей механики сплошных сред. Одним из перспективных направлений, дающих возможность наиболее точно описать поведение среды, является моделирование связанных полей различной природы. Примером такой связанности является модель термоупругости с учётом поперечной диффузии. Она позволяет описать взаимное влияние поля перемещений и поля температур, учитывая при этом изменение поля концентраций вещества в упругом теле. Большинство имеющихся моделей термоупругости с учётом диффу-

зии представлены в стационарной или квазистационарной постановке и не учитывают перекрестных диффузионных эффектов. Для решения же нестационарных задач используются в основном численные алгоритмы. Однако для моделирования и анализа реальных связанных процессов крайне желателен численно-аналитический подход, использующий простые апробированные и известные численные методы.

В данной работе рассматривается связанная одномерная нестационарная задача термоупругости с учётом перекрёстного массопереноса для изотропного двухкомпонентного полупространства. Математическая постановка задачи в прямоугольной декартовой системе координат $Ox_1x_2x_3$ вдоль оси x_1 представляет собой связанную систему уравнений в частных производных, состоящую из уравнений движения, теплопереноса и двух уравнений перекрёстного массопереноса (штрихи обозначают производные по безразмерной пространственной переменной x , а точки – производные по безразмерному времени τ):

$$\begin{aligned} \ddot{u} &= u'' - b_u \mathcal{G}' - \alpha_1 \eta_1' - \alpha_2 \eta_2'; \\ \dot{\mathcal{G}} + \tau_T \ddot{\mathcal{G}} &= k \mathcal{G}'' - b_T (\dot{u}' + \tau_T \ddot{u}') - \beta_1 (\dot{\eta}_1 + \tau_T \ddot{\eta}_1) - \beta_2 (\dot{\eta}_2 + \tau_T \ddot{\eta}_2); \\ \dot{\eta}_1 + \tau_{\eta_1} \ddot{\eta}_1 &= D_{11} \eta_1'' + D_{12} \eta_2'' - \Lambda_1 u''' - M_1 \mathcal{G}''; \\ \dot{\eta}_2 + \tau_{\eta_2} \ddot{\eta}_2 &= D_{22} \eta_2'' + D_{21} \eta_1'' - \Lambda_2 u''' - M_2 \mathcal{G}'' \end{aligned} \quad (1)$$

На границе полупространства задаётся перемещение, тепловой и диффузионные потоки:

$$\begin{aligned} u|_{x=0} &= f_1(\tau), \quad \mathcal{G}'|_{x=0} = f_2(\tau), \quad (\Lambda_1 u'' - D_{11} \eta_1' - D_{12} \eta_2' + M_1 \mathcal{G}')|_{x=0} = f_3(\tau); \\ (\Lambda_2 u'' - D_{21} \eta_1' - D_{22} \eta_2' + M_2 \mathcal{G}')|_{x=0} &= f_4(\tau). \end{aligned} \quad (2)$$

На бесконечности же принимаются условия ограниченности:

$$\begin{aligned} u &= O(1), \quad \mathcal{G}' = O(1), \quad (\Lambda_1 u'' - D_{11} \eta_1' - D_{12} \eta_2' + M_1 \mathcal{G}') = O(1); \\ (\Lambda_2 u'' - D_{21} \eta_1' - D_{22} \eta_2' + M_2 \mathcal{G}') &= O(1), \quad x \rightarrow \infty. \end{aligned} \quad (3)$$

Начальные условия приняты нулевыми:

$$u|_{\tau=0} = \dot{u}|_{\tau=0} = \mathcal{G}|_{\tau=0} = \dot{\mathcal{G}}|_{\tau=0} = \eta_1|_{\tau=0} = \dot{\eta}_1|_{\tau=0} = \eta_2|_{\tau=0} = \dot{\eta}_2|_{\tau=0} \equiv 0. \quad (4)$$

В (1)–(4) и далее используются безразмерные величины (при одинаковом начертании размерные величины обозначены звёздочкой):

$$\begin{aligned} x &= \frac{x_1}{L}, \quad u = \frac{u_1}{L}, \quad \tau = \frac{Ct}{L}, \quad C^2 = \frac{C_{1111}}{\rho}, \quad \alpha_q = \frac{\alpha_{11}^{(q)}}{C_{1111}}, \quad D_{ij} = \frac{D_{11}^{(ij)}}{CL}, \quad \tau_T = \frac{Ct_T}{L}, \quad \tau_{\eta_q} = \frac{Ct_{\eta}^{(q)}}{L}, \\ \Lambda_q &= \frac{m^{(q)} n_0^{(q)} D_{11}^{(qq)} \alpha_{11}^{(q)}}{\rho R T_0 C L}, \quad M_q = \frac{n_0^{(q)} D_{11}^{(qq)} \ln[n_0^{(q)} \gamma^{(q)}]}{CL}, \quad \kappa = \frac{\kappa_{11}}{\rho c_0 L C}, \quad \beta_q = \frac{n_0^{(q)} R \ln[n_0^{(q)} \gamma^{(q)}]}{m^{(q)} c_0}, \\ \mathcal{G} &= \frac{\mathcal{G}^*}{T_0}, \quad b_u = \frac{b_{11} T_0}{C_{1111}}, \quad b_T = \frac{b_{11}}{\rho c_0}, \quad f_1(\tau) = \frac{f_1^*(t)}{L}, \quad f_2(\tau) = \frac{L f_2^*(t)}{T_0}, \quad f_{q+2}(\tau) = \frac{f_{q+2}^*(t)}{n_0^{(q)} C}, \end{aligned}$$

где t – время; u_1 – компонента вектора перемещений; L – характерный размер; $q = \overline{1, 2}$ – номер компоненты вещества; $\eta^{(q)} = n^{(q)} - n_0^{(q)}$ – приращение концентрации; $n_0^{(q)}$ и $n^{(q)}$ – начальная и актуальная концентрации (массовые доли); t_T – время тепловой релаксации; $t_{\eta}^{(q)}$ – время диффузионной релаксации; C_{1111} – упругая постоянная; ρ – плотность; b_{11} – температурная постоянная, характеризующая тепловые деформации; $\alpha_{11}^{(q)}$ – коэффициенты, характеризующие объёмное изменение среды за счёт диффузии; $D_{11}^{(ij)}$ – коэффициенты диффузии; $m^{(q)}$ – молярная масса; R – универсальная газовая постоянная; $\mathcal{G}^* = T - T_0$ – приращение температуры; T и T_0 – актуальная и начальная температуры; κ_{11} – коэффициент теплопроводности; $\gamma^{(q)}$ – коэффициент активности; c_0 – удельная теплоёмкость при постоянных концентрации и деформации.

Решение задачи (1)–(4) ищется в интегральной форме, которая представляет собой свёртку по времени функций Грина с правыми частями граничных условий (звёздочка обозначает свёртку по времени):

$$u = \sum_{k=1}^4 G_{1k} * f_k, \quad \vartheta = \sum_{k=1}^4 G_{2k} * f_k, \quad \eta_1 = \sum_{k=1}^4 G_{3k} * f_k, \quad \eta_2 = \sum_{k=1}^4 G_{4k} * f_k.$$

Для нахождения функций Грина используется преобразование Лапласа по времени и синус-, косинус-преобразование Фурье по координате, что сводит задачу в изображениях Фурье-Лапласа к системе линейных алгебраических уравнений. При таком подходе трансформанты искомых функций являются рациональными функциями параметра преобразования Лапласа. Обращение преобразования Лапласа производится с помощью известных теорем операционного исчисления. Обращение преобразований Фурье производится численно с помощью известных методов численного интегрирования.

Представленный алгоритм решения позволяет свести к минимуму использование численных методов и может быть обобщён на случай N – компонентной среды.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проекты №17-08-00663 и №18-31-00437).

Список литературы

- 1 **Князева, А. Г.** Введение в термодинамику необратимых процессов. Лекции о моделях / А. Г. Князева. – Томск : Иван Федоров, 2014. – 172 с.
- 2 **Давыдов, С. А.** Двухкомпонентное упруго диффузионное полупространство под действием нестационарных возмущений / С. А. Давыдов, А. В. Земсков, Д. В. Тарлаковский // Экологический вестник научных центров Черноморского экономического сотрудничества. – 2014. – № 2. – С. 31–38.
- 3 **Давыдов, С. А.** Поверхностные функции Грина в нестационарных задачах термомехано диффузии / С. А. Давыдов, А. В. Земсков, Д. В. Тарлаковский // Проблемы прочности и пластичности. – 2017. – Т. 79. – № 1. – С. 38–47.
- 4 **Давыдов, С. А.** Распространение одномерных связанных термоупругодиффузионных возмущений в изотропном полупространстве с учетом ненулевых времен релаксации / С. А. Давыдов, А. В. Земсков // Труды Крыловского государственного научного центра. – 2018. – Спец. вып. 2. – С. 144–150.
- 5 **Davydov, S. A.** An Elastic Half-Space under the Action of One-Dimensional Time-Dependent Diffusion Perturbations / S. A. Davydov, A. V. Zemskov, D. V. Tarlakovskii // Lobachevskii Journal of Mathematics. – 2015. – Vol. 36. – No. 4. – P. 503–509.
- 6 **Sherief, H. H.** The theory of generalized thermoelastic diffusion / H. H. Sherief, F. A. Hamza, H. A. Saleh // International Journal of Engineering Science. – 2004. – Vol. 42. – P. 591–608.

УДК 539.3

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКОГО ПОВЕДЕНИЯ НЕОДНОРОДНОЙ МНОГОСВЯЗНОЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ОБОЛОЧКИ С ЦЕЛЬЮ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЧНОСТИ НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ АВИАКОСМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

О. В. ЕГОРОВА

Московский авиационный институт (НИИ), Российская Федерация

Рассматривается краевая задача для описания нелинейными дифференциальными уравнениями десятого порядка (модель Тимошенко) при различных вариантах граничных и начальных условий. Рассматриваемые элементы конструкции выполняются как из традиционных конструкционных материалов, так и из современных и перспективных материалов: волокнистые композиты и пластики, многослойные композиционные материалы и т.д. Для решения поставленных задач используется вариационно-разностная формулировка в виде метода конечных разностей, которая позволяет строить модифицированные разностные схемы для случаев многосвязных областей со сложной формой границ. В качестве модельных задач рассматриваются математические модели в виде пластин и оболочек различной формы, составных и подкрепленных аэрокосмических конструкций каркасного и панельного типа на основе моделей типа Тимошенко в интегро-дифференциальной форме.

По результатам исследования ожидаются следующие научные результаты:

- отладка и тестирование прикладных программ для ЭВМ основанных на фундаментальных методах математического моделирования процессов нелинейного деформирования типовых несущих конструкций авиакосмических систем и структур;

- проведение исследования влияния различных физико-механических параметров на особенности деформирования таких типовых элементов авиакосмических систем, как многослойные арки и

панели из композиционных материалов, работающих в области больших перемещений и углов поворота нормали и связанной с этим существенной перестройкой исходной геометрии конструкции;

– исследование влияние граничных условий на особенности критического и закритического деформирования арочных и панельных конструкций из многослойных композитов в рамках разработанных математических моделей;

– исследование возможности снижения максимальных значений ускорений в заданных точках каркасных конструкций стартовых установок авиакосмических систем, а также возможности повышения трещиностойкости и несущей способности элементов каркасных конструкций, выполненных как из традиционного железобетона, так и из перспективных многослойных композитов, при действии статических и динамических нагрузок различного вида и природы (включая сейсмические), путем использования амортизирующих систем.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 16-01-00641).

УДК 62.752, 621:534.833; 888.6

ДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЛОКАЛЬНЫХ СТРУКТУРНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ В МЕХАНИЧЕСКИХ КОЛЕБАТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ

А. В. ЕЛИСЕЕВ

Иркутский государственный университет путей сообщения, Российская Федерация

Введение. Механические колебательные системы с одной и двумя степенями свободы являются наиболее часто используемой платформой для оценки динамических свойств технических объектов, работающих в условиях динамических нагрузений [1–3]. Внимание к особенностям динамических состояний определяется интересом к таким факторам, как возникновение динамических реакций, связность колебаний по отдельным степеням свободы, эффекты одновременного действия внешних факторов [4–7]. Развитие измерительной базы для оценки и анализа колебательных процессов предопределяет внимание к ряду особенностей динамических колебательных систем, что инициирует более детализированные подходы к исследованию динамических взаимодействий.

В докладе предлагается возможность построения новых методологических позиций, в рамках которых развивается, детализируется, анализируется концепция взаимодействия механических систем, опирающаяся на представления о существовании неких структурных образований, обладающих фундаментальными свойствами.

Некоторые основные положения. Определение динамических свойств диады. Основным свойством диады предполагается возможность при задании начальных условий реализовать движение в свободной форме. Можно рассматривать не только упругую, но и упруго-диссипативную связь. Принципиальная схема диады с упруго-диссипативной связью представлена на рисунке 1. Возможно включение устройства преобразования движения в структуру диады. Свойства диад отражены в ряде публикаций [7–10].

Интерес к диаде не является самоцелью развиваемого подхода. В работе детально изложены особенности динамических взаимодействий, которые привносит диада в движение механической системы, связанной с опорными поверхностями. Исследования показали, что динамические свойства диады определяют частотные свойства системы с двумя степенями свободы.

Разработан и предлагается метод оценки и определения частот собственных колебаний, основанный на использовании особой функции, которая может быть построена на тех же принципах, на которых построена энергетическая функция Релея. Такая частотная функция предполагает введение в структуру кинетической и потенциальной энергии коэффициента связности колебаний, что достаточно легко определяется для механических колебательных систем с двумя и тремя степенями свободы (к примеру, для цепных систем). Частотная энергетическая функция обладает тем свойством, что её экстремальные значения при изменении коэффициента связности

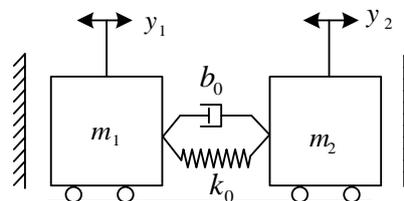


Рисунок 1 – Диада с упруго-диссипативной связью, не взаимодействующая с опорными поверхностями

определяют собственные частоты колебаний механической системы. Детальная информация приводится в работах [11–13].

Проведен широкий круг исследований, в которых изучены и детализированы свойства динамического взаимодействия диады с элементами механических колебательных систем, в том числе обладающими и дополнительными связями. На основе

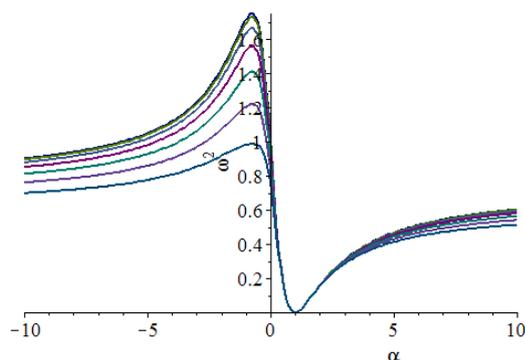


Рисунок 2 – Семейство частотных функций для диады с упруго-диссипативной связью $k_0 = 3 \text{ кг/с}^2$, $m_1 = 3 \text{ кг}$, $m_2 = 4 \text{ кг}$, $b_0 = 0 \dots 3 \text{ кг/с}$, шаг $h = 0,5 \text{ кг/с}$

развитого подхода сформированы и разработаны оценки динамических свойств диады с учетом сил сопротивления, что существенным образом расширяет представления о возможных формах влияния сил сопротивления в структуре колебательных систем. Рассмотрены эффекты влияния сил сопротивления, линейно зависящих от скорости, на частоты собственных колебаний. В качестве иллюстрации на рисунке 2 приведены графики семейства характерных частотных функций, зависящих от коэффициента связности колебаний при варьировании параметра вязкого трения.

В предположении, что частотная энергетическая функция может быть модифицирована с учетом диссипации, рассмотрены возможности расширения исследования при моделировании особенностей динамических взаимодействий.

Заключение. Механические колебательные системы, образующие структуры, связанные с опорными поверхностями, могут быть структурированы введением в качестве фундаментальных структурных образований, рассматриваемых как диады. В физическом смысле диада представляет собой два массоинерционных элемента связанных между собой одним из типовых элементов механических колебательных систем. Динамические параметры диады предопределяют динамические особенности технологических колебательных систем, в которые они входят в качестве структурных образований.

Системы более сложные также могут быть построены на предопределяющих свойствах формируемых такими структурными образованиями как диада.

Список литературы

- 1 Динамический синтез в обобщенных задачах виброзащиты и виброизоляции технических объектов / С. В. Елисеев [и др.]. – Иркутск : Иркутский гос. ун-т, 2008. – 523 с.
- 2 Елисеев, С. В. Прикладная теория колебаний в задачах динамики линейных механических систем / С. В. Елисеев, А. И. Артюнин. – ИрГУПС. – Новосибирск : Наука, 2016. – 459 с.
- 3 Елисеев, С. В. Прикладные задачи структурной теории виброзащитных систем : [монография] / С. В. Белокобыльский, С. В. Елисеев, В. Б. Кашуба. – СПб. : Политехника, 2013. – 362 с.
- 4 Кашуба, В. Б. Динамические реакции в соединениях элементов механических колебательных систем / В. Б. Кашуба, С. В. Елисеев, Р. С. Большаков. – Новосибирск : Наука, 2016. – 331 с.
- 5 Елисеев, А. В. Динамика вибрационных взаимодействий элементов технологических систем с учетом неустойчивых связей : [монография] / А. В. Елисеев, В. В. Сельвинский, С. В. Елисеев ; М-во трансп. Российской Федерации, ИрГУПС. – Новосибирск : Наука, 2015. – 331 с.
- 6 Елисеев, С. В. Кинематическое возмущение в механических колебательных системах: связность воздействий и ее влияние на динамические свойства / С. В. Елисеев, А. И. Артюнин, К. Ч. Вьонг // Вестник СамГУПС. – 2017. – № 1 (35). – С. 12–21.
- 7 Взаимодействие внешних возмущений – возможности изменения динамических свойств механических колебательных систем / С. В. Елисеев [и др.] // Системы. Методы. Технологии. – 2017. – № 4 (36). – С. 7–17.
- 8 Елисеев, А. В. Динамические свойства диады с разнородными парциальными системами / А. В. Елисеев // Вестник ИрГТУ. – 2017. – Т. 21. – № 5 (124). – С. 32–53.
- 9 Елисеев, С. В. Структурные образования в механических колебательных системах: диады, их свойства, возможности изменения динамических состояний / С. В. Елисеев, А. И. Орленко, А. В. Елисеев // Транспорт Урала. – 2017. – № 3 (54). – С. 56–63.
- 10 Елисеев, С. В. Устройства для преобразования движения в структуре диады механической колебательной системы / С. В. Елисеев, А. И. Орленко, Д. Х. Нгуен // Вестник ДГТУ. – 2017. – Т. 17. – № 3 (90). – С. 46–59.
- 11 Елисеев, А. В. Диада как основа формирования механических колебательных систем / А. В. Елисеев, С. В. Елисеев // Системы. Методы. Технологии. – 2017. – № 4 (36). – С. 25–38.
- 12 Елисеев, А. В. Диады в механических системах: особенности динамических свойств. Ч. I / А. В. Елисеев // Вестник ИрГТУ. – 2017. – Т. 21. – № 7 (126). – С. 26–38.
- 13 Елисеев, А. В. Диады в механических системах: особенности динамических свойств. Ч. II / А. В. Елисеев // Вестник ИрГТУ. – 2017. – Т. 21. – № 8 (127). – С. 22–37.

ЧАСТОТНАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ФУНКЦИЯ СИСТЕМЫ КАК ОСНОВА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЧАСТОТ СОБСТВЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ

С. В. ЕЛИСЕЕВ, НГУЕН ДЫК ХУИНЬ

Иркутский государственный университет путей сообщения, Российская Федерация

Обеспечение надежной работы многих технологических и транспортных машин является комплексной технической проблемой, которая возникает в различных формах на всех стадиях жизненного цикла машин. Большое значение в процессах обоснования принципов работы и определения динамического качества создаваемых машин имеют методы математического моделирования [1], на основе которых развиваются способы и средства оценки, анализа и контроля динамических состояний. Одним из основных подходов в этом плане является частотный анализ. Особое внимание при этом уделяется оценке спектров собственных частот колебаний. В настоящее время известны и развиты многие методы определения частот собственных колебаний, что нашло отражение в работах [2, 3].

В последние годы заметное развитие получили структурные математические методы в форме теории цепей, теории графов, теории автоматического управления, что инициирует интерес к разделам теории колебаний, связанным с определением частот собственных колебаний.

В предлагаемой работе развивается метод определения частот собственных колебаний механических колебательных систем с сосредоточенными параметрами на основе использования частотной энергетической функции.

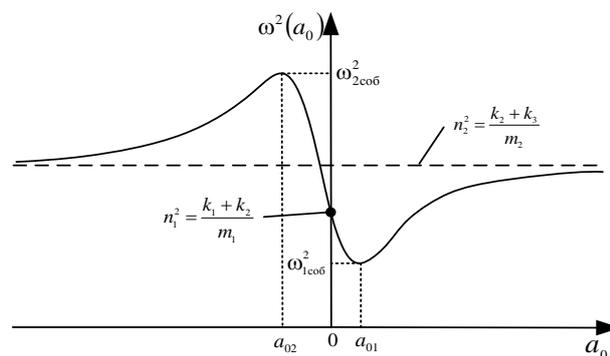
1 Некоторые общие положения. На предварительном этапе собственных колебаний в системе с несколькими степенями свободы в линейных предположениях возможно использование частотной энергетической функции на основе отношения потенциальной и кинетической энергий, что при учете коэффициента связности колебаний амплитуд (например, в системе с двумя степенями свободы) позволяет построить некоторый теоретический базис в изучении связи между значениями частот собственных колебаний и коэффициентом связности колебаний в формах свободных движений. Ряд деталей приводится в работе [1]. Если рассмотреть в качестве примера линейную механическую систему (горизонтальные положения) с массами m_1 и m_2 при жесткостях пружин k_1, k_2, k_3 , то частотная энергетическая функция принимает вид

$$\omega^2(i) = \frac{k_1 + k_2 + i^2(k_2 + k_3) - 2k_2i}{m_1 + m_2i^2}, \quad (1)$$

где i – коэффициент связности амплитуд в свободных формах колебаний системы.

Частотная энергетическая функция определяется из отношения потенциальной энергии к кинетической энергии колебаний системы. При экстремальных значениях функции, дифференцируемой по коэффициенту i , могут быть найдены соответствующие значения частот собственных колебаний и соответственно коэффициент связности. График частотной энергетической функции показан на рисунке 1.

Рисунок 1 – График частотной энергетической функции в зависимости от коэффициента распределения амплитуд i в формах колебаний



2 Особенности динамических свойств. В работах [4, 5] приведены аналитические решения и соответствующие численные эксперименты. График зависимостей частот приведен на рисунке 2 в качестве примера влияния различных параметров элементов системы.

Для системы с твердым телом аналогичная частотная энергетическая функция принимает вид

$$\omega^2(i) = \frac{k_1 + k_2i^2}{Ma^2 + Jc^2 + i^2(Mb^2 + Jc^2) + 2(Mab - Jc^2)i}. \quad (2)$$

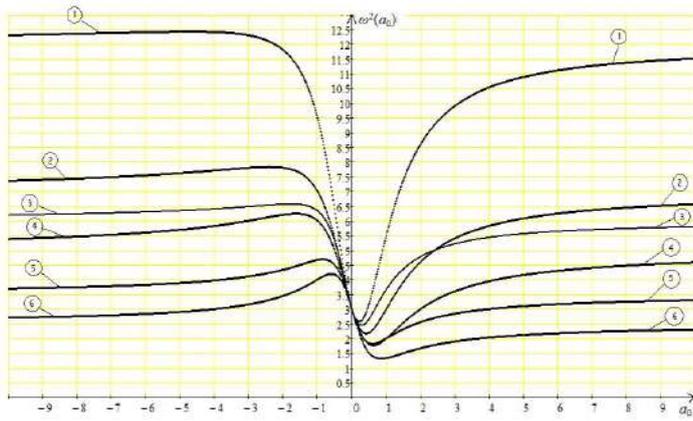
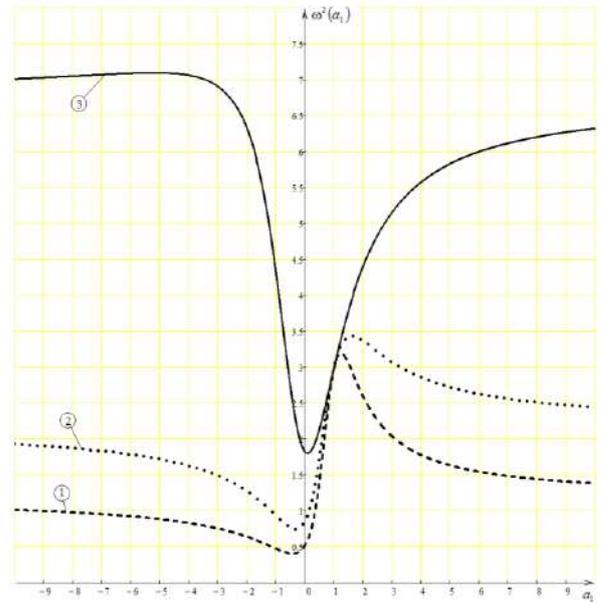


Рисунок 2 – Графики частотной энергетической функции в зависимости от коэффициента распределения амплитуд при разных значениях масс и жесткостей ($m_1 = m, k_1 = k, k_2 = 2k$):
 1 – при $m_2 = m, k_3 = 10k$; 2 – при $m_2 = m, k_3 = 5k$;
 3 – при $m_2 = m, k_3 = 3k$;
 4 – при $m_2 = 2m, k_3 = 10k$; 5 – при $m_2 = 2m, k_3 = 5k$; 6 – при $m_2 = 2m, k_3 = 3k$

Семейство графиков при различных параметрах системы приведено на рисунке 3.

Рисунок 3 – Семейство графиков $\omega^2(a_1)$ при различных значениях параметров системы
 $k_1 = k, k_2 = 2k, l_1 = 0,3 \text{ м}, l_2 = 0,5 \text{ м}$:
 1 – при $J = 1M$; 2 – при $J = 0,5M$;
 3 – при $J = 0,1M$



3 Введение дополнительных связей. Введение устройств для преобразования движения приведено на рисунке 4, а, б, в.

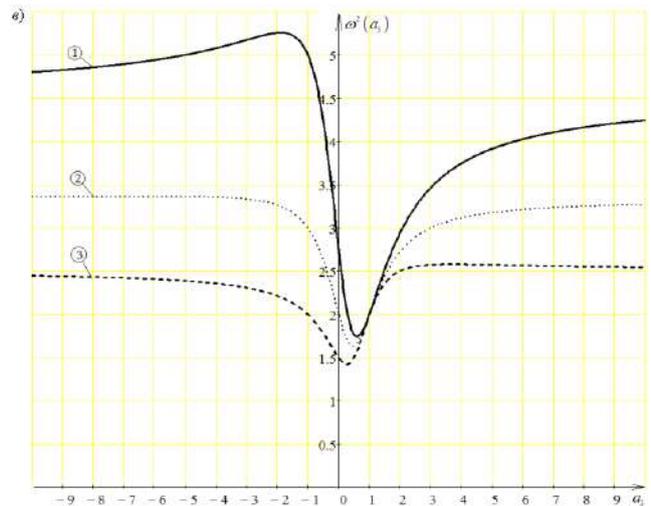
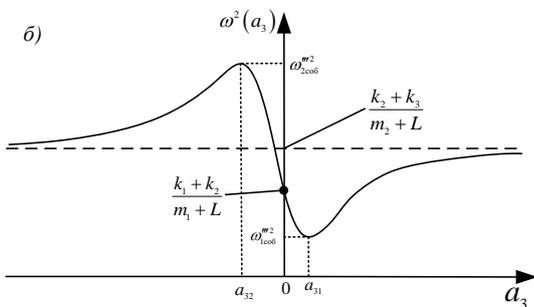
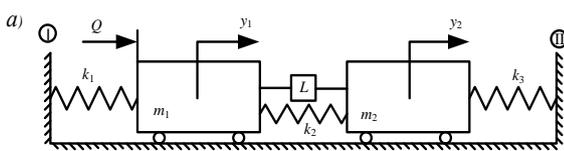


Рисунок 4 – Введение устройств для преобразования движения:

а – расчетная схема линейной механической колебательной системы с двумя степенями свободы с устройством для преобразования движения; б – график зависимости частота от передаточного отношения \bar{y}_2 / \bar{y}_1 в системе с устройством для преобразования движения;

в – семейство графиков $\omega^2(a_3)$ при различных значениях параметров системы $k_1 = k, k_2 = 2k, k_3 = 3k, l_1 = 0,3 \text{ м}, l_2 = 0,5 \text{ м}$:
 1 – при $L = 0,1m_2$; 2 – при $L = 0,5m_2$; 3 – при $L = m_2$

Выражение для частотной передаточной функции с устройством для преобразования движения имеет вид

$$\omega^2(i) = \frac{k_1 + k_2 + k_2 i^2 + k_3 i^2 - 2k_2 i}{m_1 + L + m_2 i^2 + Li^2 - 2Li} \quad (3)$$

Таким образом, определение частот собственных колебаний с учетом особенностей связности движений по отдельным координатам может стать направлением исследований, полезным для технических приложений.

Список литературы

- 1 **Елисеев, С. В.** Прикладная теория колебаний в задачах динамики линейных механических систем / С. В. Елисеев, А. И. Артюнин. – Новосибирск : Наука, 2016. – 459 с.
- 2 Определение частот собственных колебаний механических колебательных систем: особенности использования частотной энергетической функции. Ч. I / С. В. Елисеев [и др.] // Вестник Иркутского гос. технич. ун-та. – 2016. – № 6 (113). – С. 26–33.
- 3 Определение частот собственных колебаний механических колебательных систем: особенности использования частотной энергетической функции. Ч. II / С. В. Елисеев [и др.] // Вестник Иркутского гос. технич. ун-та. – 2016. – № 7 (114). – С. 10–23.
- 4 Возможности развития метода преобразования структурных схем в задачах динамики виброзащитных систем. Ч. I / А. П. Хоменко [и др.] // Вестник ВСГУТУ. – Улан-Удэ, 2016. – № 3. – С. 5–12.
- 5 **Хоменко, А. П.** Возможности развития метода преобразования структурных схем в задачах динамики виброзащитных систем. Ч. II / А. П. Хоменко [и др.] // Вестник ВСГУТУ. – Улан-Удэ, 2016. – № 4(61). – С. 53–63.

УДК 621.534; 62.752, 629.4.015

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ СВЯЗИ В ЗАДАЧАХ ДИНАМИКИ ТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ: ДИНАМИЧЕСКОЕ ГАШЕНИЕ КОЛЕБАНИЙ

С. В. ЕЛИСЕЕВ, А. Н. ТРОФИМОВ

Иркутский государственный университет путей сообщения, Российская Федерация

А. Г. ПНЁВ

Улан-Удэнский лопастной завод, Российская Федерация

Многие технические объекты, работающие в условиях вибрационного нагружения, подвержены ситуациям, создаваемым неожиданными выбросами колебаний, развитием вибрационных отклонений в узких частотных диапазонах, что требует разработки и применения различных устройств, используемых в защищаемых структурах как дополнительные связи [1, 2]. Введение дополнительных связей приводит к изменению динамических состояний, однако такие подходы требуют предварительных расчетов, выбора управляющих или настроечных факторов. Определенными преимуществами в таких задачах обладают методы структурного математического моделирования. Использование структурных моделей [1, 2] позволяет применять передаточные функции и частотные методы анализа, характерные для теории автоматического управления [2].

В предлагаемом докладе развивается метод построения математических моделей для динамического синтеза гасителей колебаний.

1 Построение структурных математических моделей. По существу, задача оценки динамических свойств технического объекта начинается с формирования расчетной схемы, которая интерпретируется как механическая колебательная система с несколькими степенями свободы. Структурное математическое моделирование предполагает переход к математическим моделям в виде структурных схем эквивалентных в динамическом отношении систем автоматического управления, что требует определенных технологий [1, 2] и использования аналитического аппарата [3].

Автором рассмотрен подход в формировании структуры и особенностей вибрационного поля твердого тела на упругих опорах с использованием динамического гасителя (или корректора), точка приложения которого может менять свое положение. Расчетная схема рабочего органа и динамического гасителя приводятся на рисунке 1.

Структурная математическая модель системы в координатах \bar{y}_1 , \bar{y}_2 и \bar{y}_3 приведена на рисунке 2.

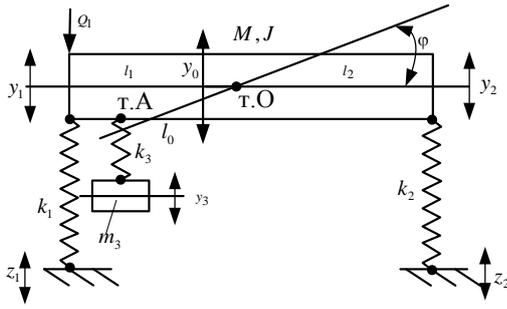


Рисунок 1 – Расчетная схема технологической вибродвижной машины с динамическим гасителем (или корректором) колебаний

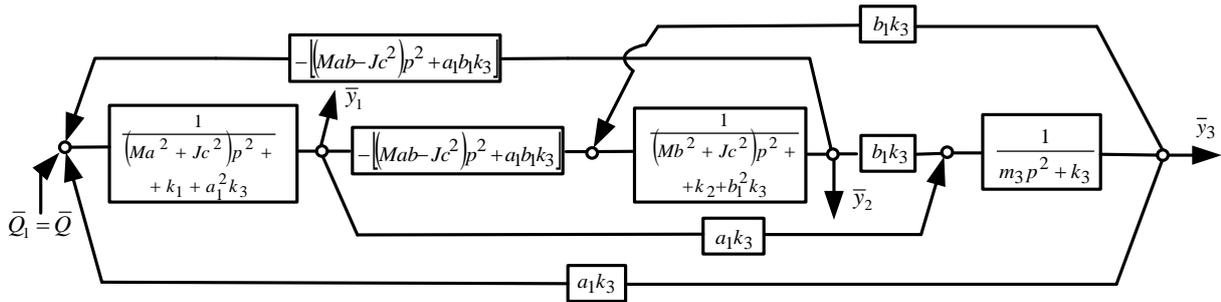


Рисунок 2 – Структурная математическая модель

Система обладает двумя режимами динамического гашения колебаний, что определяется выражениями:

$$\omega_{1\text{д\ddot{e}f}}^2 = \frac{k_3}{m_3}, \quad (1)$$

$$\omega_{2\text{д\ddot{e}f}}^2 = \frac{a_1 k_2}{a_1 (Mb^2 + Jc^2) - b_1 (Mab - Jc^2)}. \quad (2)$$

В частности, для равномерного поля для решения задач выбора параметров автором предложена технология построения частотных диаграмм (рисунок 3).

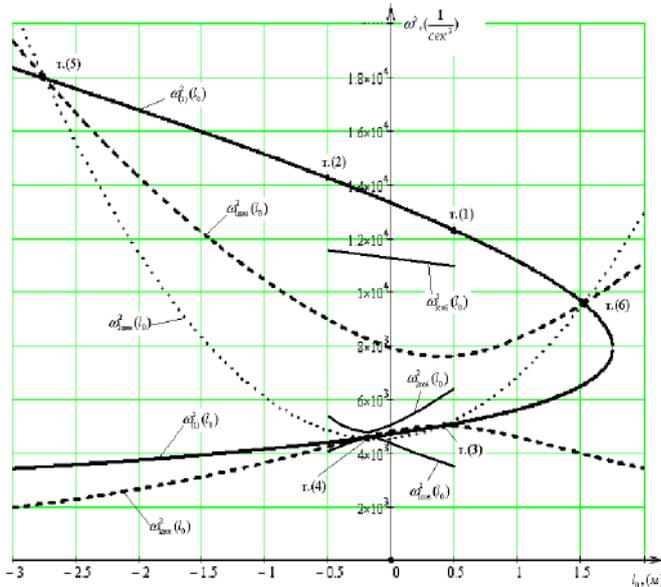


Рисунок 3 – Частотная диаграмма для определения параметров структуры вибродвижного поля:

$\omega_{(1)}^2(l_0)$ – частота возбуждения при $\bar{y}_2 / \bar{y}_1 = 1$;
 $\omega_{1\text{д\ddot{e}f}}^2(l_0)$ – частота динамического гашения по координате \bar{y}_1 ; $\omega_{2\text{д\ddot{e}f}}^2(l_0)$ – частота динамического гашения по координате \bar{y}_2 ; $\omega_{1\text{н\ddot{e}д}}^2(l_0)$ – нижняя частота собственных колебаний; $\omega_{2\text{н\ddot{e}д}}^2(l_0)$ – средняя частота собственных колебаний; $\omega_{3\text{н\ddot{e}д}}^2(l_0)$ – высшая частота собственных колебаний

2 Возможности развития подходов. Для решения задач формирования структуры вибродвижного поля могут использоваться дополнительные связи в виде механизмов и устройств для преобразования движения, вводимых в контур механических колебательных систем, как показано в качестве примера на рисунок 4 [4, 5].

Предложена технология оценки аналитических свойств системы и влияния настроечных параметров на возможности изменения структуры вибрационного поля.

Исследованы особенности динамических свойств механических колебательных систем с несколькими степенями свободы, включающих в свой состав, кроме обычных элементарных типовых звеньев, устройства для преобразования движения и рычажные механизмы, при учете особенностей, проявления свойств в различных системах координат при одновременном действии нескольких внешних воздействий.

Разработаны методологические основы для решения задач изменения динамических состояний технических систем с расчетными схемами в виде линейных механических колебательных структур, с использованием дополнительных связей, реализуемых с помощью устройств для преобразования движения и рычажных механизмов.

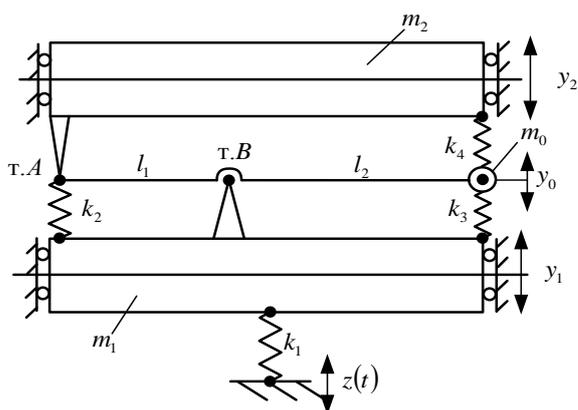


Рисунок 4 – Принципиальная схема виброзащитной системы технического объекта с устройством для преобразования движения

Список литературы

- 1 Dynamics of mechanical systems with additional ties / S. V. Eliseev [et al.]. – Irkutsk : Publishing of Irkutsk State University. – 2006. – 315 p.
- 2 **Елисеев, С. В.** Динамическое гашение колебаний: концепция обратной связи и структурные методы математического моделирования / С. В. Елисеев, А. П. Хоменко. – Новосибирск : Наука, 2014. – 357 с.
- 3 **Елисеев, С. В.** Мехатронные подходы в динамике механических колебательных систем / С. В. Елисеев, Ю. Н. Резник, А. П. Хоменко. – Новосибирск : Наука, 2011. – 384 с.
- 4 Патент RU 157103 U1, МПК F16F 15/00. Динамический гаситель колебаний / А. П. Хоменко, С. В. Елисеев, Е. В. Каимов, Р. С. Большаков, Д. Х. Нгуен. – № 2015110669/05 ; заявл. 25.03.2015 ; опубл. 20.11.2015. Бюл. № 32.
- 5 Патент RU 2624757 C1, МПК F16F 15/00. Способ управления структурой вибрационного поля вибрационной технологической машины на основе использования эффектов динамического гашения и устройство для его осуществления / С. В. Елисеев, А. В. Елисеев, Е. В. Каимов, Д. Х. Нгуен, К. Ч. Выонг. – № 2016102236 ; заявл. 25.01.2016 ; опубл. 06.07.2017. Бюл. № 19.

УДК 539.3

ПЕРЕМЕЩЕНИЯ В УПРУГОПЛАСТИЧЕСКОЙ КРУГОВОЙ ТРЕХСЛОЙНОЙ ПЛАСТИНЕ СО СЖИМАЕМЫМ ЗАПОЛНИТЕЛЕМ

Ю. В. ЗАХАРЧУК

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Широкое применение в интенсивно развивающихся отраслях строительства и промышленности в наше время находят трехслойные элементы конструкций. Разработке математических моделей и методов их расчета на различные виды и типы нагрузок уделяется большое внимание, так как во многих случаях слоистые, в том числе трехслойные, элементы конструкций являются составляющими сложных и ответственных сооружений.

Следует отметить, что исследования, посвященные изучению деформирования и колебаний трехслойных элементов конструкций, ранее проводились только в случаях несжимаемого заполнителя. Это не позволяет адекватно описать деформирование трехслойных элементов и объективно оценить их поведение под действием нагрузки.

Поэтому здесь рассматривается упругая круговая трехслойная пластина со сжимаемым жестким заполнителем. Ранее была решена задача в случае легкого сжимаемого заполнителя.

Постановку задачи и ее решение проведем в цилиндрической системе координат r, φ, z . Системе координат свяжем со срединной плоскостью заполнителя. В тонких несущих слоях с толщинами $h_1 \neq h_2$ справедливы гипотезы Кирхгофа: нормаль остается несжимаемой, прямолинейной и перпендикулярной к деформированной срединной поверхности. В жестком заполнителе, воспринимающем нагрузку в тангенциальном и вертикальном направлениях, нормаль остается прямолинейной, поворачивается на некоторый дополнительный угол $\psi(r)$, обжатие по толщине принимается линейным. Деформации считаем малыми.

На внешний слой стержня действует осесимметричная распределенная изгибающая нагрузка $q = q(r)$. На контуре пластинки предполагается наличие жесткой диафрагмы, препятствующей относительному сдвигу слоев и обжатию заполнителя ($w = 0$, $v = 0$ при $r = r_0$). Через $w(r)$ и $u(r)$ обозначены прогиб и продольное перемещение срединной плоскости заполнителя, $v(r)$ – функция, характеризующая сжимаемость заполнителя. Обозначим через h_k толщину k -го слоя ($k = 1, 2, 3$ – номер слоя), при этом $h_3 = 2c$.

Продольные и поперечные перемещения в слоях $u^{(k)}(r, z)$ и $w^{(k)}(r, z)$ можно выразить через четыре искомые функции: $w(r)$, $u(r)$, $\psi(r)$ и $v(r)$. Используя вариационный принцип Лагранжа, получим следующую систему обыкновенных дифференциальных уравнений для определения искомых функций:

$$\begin{aligned} L_2(a_1u + a_2\psi - a_3w_{,r} - a_4v_{,r}) + K_3^- v_{,r} &= 0; \\ L_2(a_2u + a_5\psi - a_6w_{,r} - a_7v_{,r}) - 2cG_3\psi &= 0; \\ L_3(a_3u + a_6\psi - a_8w_{,r} - a_9v_{,r}) &= -q; \end{aligned} \quad (1)$$

$$L_3(a_4u + a_7\psi - a_9w_{,r} - a_{10}v_{,r}) + \frac{c}{6} \left(2K_3 - \frac{1}{3}G_3 \right) \left(v_{,rr} + \frac{v_{,r}}{r} \right) - K_3^- \left(u_{,r} + \frac{u}{r} \right) - \frac{1}{2c} K_3^+ v = -q.$$

Здесь коэффициенты a_i выражаются через геометрические и упругие параметры материалов слоев:

$$\begin{aligned} a_1 &= \sum_{k=1}^3 h_k K_k^+, \quad a_2 = c(h_1 K_1^+ - h_2 K_2^+), \quad a_3 = h_1 \left(c + \frac{h_1}{2} \right) K_1^+ - h_2 \left(c + \frac{h_2}{2} \right) K_2^+, \quad a_4 = h_1 \left(c + \frac{h_1}{2} \right) K_1^+ + \frac{c^2}{3} K_3^+; \\ a_5 &= c^2 (h_1 K_1^+ + h_2 K_2^+) + \frac{2}{3} c^3 K_3^+, \quad a_6 = c \left[h_1 \left(c + \frac{h_1}{2} \right) K_1^+ + h_2 \left(c + \frac{h_2}{2} \right) K_2^+ + \frac{2}{3} c^2 K_3^+ \right]; \\ a_7 &= c \left[h_1 \left(c + \frac{h_1}{2} \right) K_1^+ + \frac{c^2}{3} K_3^+ \right], \quad a_8 = h_1 \left(c^2 + ch_1 + \frac{h_1^2}{3} \right) K_1^+ + h_2 \left(c^2 + ch_2 + \frac{h_2^2}{3} \right) K_2^+ + \frac{2}{3} c^3 K_3^+; \\ a_9 &= h_1 \left(c^2 + ch_1 + \frac{h_1^2}{3} \right) K_1^+ + \frac{c^3}{3} K_3^+, \quad a_{10} = h_1 \left(c^2 + ch_1 + \frac{h_1^2}{3} \right) K_1^+ + \frac{4}{15} c^3 K_3^+, \end{aligned}$$

где введены обозначения

$$K_k^+ = K_k + \frac{4}{3} G_k, \quad K_k^- = K_k - \frac{2}{3} G_k.$$

Дифференциальные операторы L_2 (оператор Бесселя), L_3 определены соотношениями

$$L_2(g) \equiv \left(\frac{1}{r} (rg)_{,r} \right)_{,r} \equiv g_{,rr} + \frac{g_{,r}}{r} - \frac{g}{r^2}, \quad L_3(g) \equiv \frac{1}{r} (rL_2(g))_{,r} \equiv g_{,rrr} + \frac{2g_{,rr}}{r} - \frac{g_{,r}}{r^2} + \frac{g}{r^3}.$$

Следует отметить, что если в полученной системе (1) положить функцию сжимаемости $v(r) \equiv 0$, то первые три уравнения совпадут с известной системой уравнений равновесия для круговой пластины с жестким несжимаемым заполнителем.

Краевая задача замыкается добавлением к (1) кинематических граничных условий. При жесткой заделке контура пластины должны выполняться условия

$$u = \psi = w = v = w_{,r} = 0 \quad \text{при } r = r_0.$$

При шарнирном опирании контура пластины

$$u = \psi = w = v = M_r = 0 \quad \text{при } r = r_0.$$

Точное решение системы дифференциальных уравнений равновесия несимметричной по толщине трехслойной пластины со сжимаемым жестким заполнителем получить не удалось, поэтому рассмотрим один из методов последовательных приближений, основанный на методе малого параметра. Для этого перепишем систему в следующем итерационном виде:

$$\begin{aligned} L_2(a_1 u^{(n)} + a_2 \psi^{(n)} - a_3 w^{(n)}_{,r}) &= a_4 L_2(v^{(n-1)}_{,r}) - K_3^- v^{(n-1)}_{,r}; \\ L_2(a_2 u^{(n)} + a_5 \psi^{(n)} - a_6 w^{(n)}_{,r}) - 2cG_3\psi^{(n)} &= a_7 L_2(v^{(n-1)}_{,r}); \\ L_3(a_3 u^{(n)} + a_6 \psi^{(n)} - a_8 w^{(n)}_{,r}) &= -q + a_9 L_3(v^{(n-1)}_{,r}); \\ -a_{10} L_3(v^{(n)}_{,r}) + \frac{c}{6} \left(2K_3 - \frac{1}{3}G_3 \right) \left(v^{(n)}_{,rr} + \frac{v^{(n)}_{,r}}{r} \right) - \frac{1}{2c} K_3^+ v^{(n)} &= \\ = -q - L_3(a_4 u^{(n)} + a_7 \psi^{(n)} - a_9 w^{(n)}_{,r}) + K_3^- \left(u^{(n)}_{,r} + \frac{u^{(n)}}{r} \right). \end{aligned} \quad (2)$$

Четвертое уравнение в (2) разделим на коэффициент $-a_{10}$ и в правых частях уравнений этой системы введем обозначения

$$p^{(n-1)} = a_4 L_2(v^{(n-1)}, r) - K_3^- v, r; \quad h^{(n-1)} = a_7 L_2(v^{(n-1)}, r); \quad q^{(n-1)} = a_9 L_3(v^{(n-1)}, r);$$

$$g^{(n)} = \frac{1}{a_{10}} \left[q + L_3(a_4 u^{(n)} + a_7 \psi^{(n)} - a_9 w^{(n)}, r) - K_3^- \left(u^{(n)}, r + \frac{u^{(n)}}{r} \right) \right]. \quad (3)$$

Итерационная система (2) с учетом обозначений (3) принимает вид

$$L_2(a_1 u^{(n)} + a_2 \psi^{(n)} - a_3 w^{(n)}, r) = p^{(n-1)},$$

$$L_2(a_2 u^{(n)} + a_5 \psi^{(n)} - a_6 w^{(n)}, r) - 2c G_3 \psi^{(n)} = h^{(n-1)},$$

$$L_3(a_3 u^{(n)} + a_6 \psi^{(n)} - a_8 w^{(n)}, r) = -q + q^{(n-1)},$$

$$L_3(v^{(n)}, r) - \frac{c}{6a_{10}} \left(2K_3 - \frac{1}{3} G_3 \right) \left(v^{(n)}, r + \frac{v^{(n)}, r}{r} \right) + \frac{1}{2ca_{10}} K_3^+ v^{(n)} = g^{(n)}.$$

Дальнейшее решение предполагается получать методом последовательных приближений.

УДК 539.3

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ОБ ИЗГИБЕ ТЕРМОУПРУГОЙ ТРЕХСЛОЙНОЙ ПРЯМОУГОЛЬНОЙ ПЛАСТИНЫ СО СЖИМАЕМЫМ ЗАПОЛНИТЕЛЕМ

А. С. ЗЕЛЕНАЯ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Трехслойные конструкции имеют достаточно широкое распространение в различных отраслях промышленности, строительства, поэтому существует необходимость разработки математических моделей и уточнения методов их расчета.

В монографии [1] рассмотрены постановки и методы решения краевых задач трехслойных стержней в терморadiационных полях. В статье [2] рассмотрен цилиндрический изгиб трехслойных пластин в температурном поле. Ранее в работе [3] уже было получено решение задачи об изгибе упругой трехслойной прямоугольной пластины со сжимаемым наполнителем.

Здесь выполнена постановка задачи о статическом деформировании термоупругой трехслойной прямоугольной пластины со сжимаемым наполнителем. Рассматривается несимметричная по толщине упругая трехслойная прямоугольная пластина. Трехслойная конструкция представляет собой систему, состоящую из двух несущих слоев и сжимаемого наполнителя. Несущие слои сравнительно тонкие, поэтому они выполняются из материалов высокой прочности и жесткости. Они предназначены для восприятия основной части механической нагрузки. Наполнитель служит для образования монолитной конструкции, обеспечивает перераспределение усилий между несущими слоями, гарантируя тем самым совместную работу слоев пластины.

Для изотропных несущих слоев приняты гипотезы Кирхгофа. В жестком наполнителе справедливы точные соотношения теории упругости с линейной аппроксимацией перемещений его точек от поперечной координаты z . На границах контакта перемещения непрерывны. Материалы несущих слоев несжимаемы в поперечном и продольном направлениях, в наполнителе учитывается обжатие. Деформации малые. Система координат x, y, z связывается со срединной плоскостью наполнителя. На контуре пластины предполагается наличие жесткой диафрагмы, препятствующей относительному сдвигу слоев.

Предположим, что в начальный момент времени на трехслойную пластину со сжимаемым наполнителем, находящуюся в естественном состоянии, начинают действовать внешняя распределенная нагрузка q и тепловой поток с интенсивностью q_t .

Используем соотношения закона Гука в девиаторно-сферической форме, которые в температурном поле принимают вид

$$s_{ij}^{(k)} = 2G_k(T_k)\varepsilon_{ij}^{(k)}; \quad (1)$$

$$\sigma^{(k)} = 3K_k(T_k)(\varepsilon^{(k)} - \alpha_{0k}\Delta T_k) \quad (i, j = x, y, z, k = 1, 2, 3),$$

где $G_k(T_k)$, $K_k(T_k)$ – температурно-зависимые модули упругости материала k -го слоя; α_{0k} – коэффициент линейного температурного удлинения; ΔT_k – приращение температуры, отсчитываемое от некоторого начального значения T_0 .

С учетом (1) компоненты тензора напряжений в слоях пластины выражаем через линейные (с индексом «0») и температурные (с индексом «t») составляющие:

$$\sigma_{ij}^{(k)} = \sigma_{ij}^{(k)0} - \sigma_{ij}^{(k)t}; \quad \sigma_{ij}^{(k)0} = 2G_k(T_k)\varepsilon_{ij}^{(k)} + 3K_k(T_k)\varepsilon^{(k)}\delta_{ij}; \quad \sigma_{ij}^{(k)t} = 3K_k\alpha_{0k}\Delta T_k. \quad (2)$$

Аналогичную (2) операцию проводим с внутренними усилиями ($k = 1, 2, 3$):

$$\begin{aligned} N_{xx}^{(k)} &= N_{xx}^{(k)0} - N_{xx}^{(k)t}; & N_{yy}^{(k)} &= N_{yy}^{(k)0} - N_{yy}^{(k)t}; & M_{xx}^{(k)} &= M_{xx}^{(k)0} - M_{xx}^{(k)t}; \\ M_{yy}^{(k)} &= M_{yy}^{(k)0} - M_{yy}^{(k)t}; & N_{zz}^{(3)} &= N_{zz}^{(3)0} - N_{zz}^{(3)t}; \\ M_{xy}^{(k)} &= M_{xy}^{(k)0}; & Q_{xy}^{(k)} &= Q_{xy}^{(k)0}; & M_{xz}^{(3)} &= M_{xz}^{(3)0}, & M_{yz}^{(3)} &= M_{yz}^{(3)0}; \\ Q_{xz}^{(3)} &= Q_{xz}^{(3)0}, & Q_{yz}^{(3)} &= Q_{yz}^{(3)0}. \end{aligned} \quad (3)$$

Приведенные обобщенные усилия также разбиваем на линейные и температурные составляющие, после чего подставляем в уравнение равновесия Лагранжа, при этом учитываем, что температура изменяется только по толщине пластины $T_k = T_k(z)$ и поле стационарно.

Система уравнений равновесия термоупругой трехслойной пластины примет вид:

$$\begin{aligned} H_{1x}^0 - V_{1,y}^0 - P_{1x,x}^0 &= p_x; & H_{1x}^0 + V_{2,y}^0 + P_{2x,x}^0 &= 0; \\ H_{1y}^0 - V_{1,x}^0 - P_{1y,y}^0 &= p_y; & H_{1y}^0 + V_{2,x}^0 + P_{2y,y}^0 &= 0; \\ S_{1x,xx}^0 + H_2^0 - T_{1x,x}^0 - U_{1,xy}^0 + S_{1y,yy}^0 - T_{1y,y}^0 &= q + \frac{p_{x,x}h_1}{2} + \frac{p_{y,y}h_1}{2} + H_2^t; \\ S_{2x,xx}^0 - H_2^0 - T_{2x,x}^0 - U_{2,xy}^0 + S_{2y,yy}^0 - T_{2y,y}^0 &= -H_2^t, \end{aligned} \quad (4)$$

где H_{kx}^0 , H_{ky}^0 , V_k^0 , P_{kx}^0 , P_{ky}^0 , S_{kx}^0 , S_{ky}^0 , H_2^0 , T_{kx}^0 , T_{ky}^0 , U_k^0 – линейные обобщенные усилия. Слагаемое $H_2^t = \frac{N_{zz}^{(3)t}}{2c}$ соответствует температурному составляющему и представлено в виде внешней нагрузки.

С силовыми граничными условиями поступим аналогично, т.е. при $x = 0, l_x$ должны выполняться требования:

$$\begin{aligned} P_{1x}^0 &= N_{rx}^{(1)} + P_{1x}^t; & P_{2x}^0 &= N_{rx}^{(2)} + P_{2x}^t; & V_1^0 &= Q_{rxy}^{(1)}, & V_2^0 &= Q_{rxy}^{(2)}; \\ T_{1x}^0 - S_{1x,xx}^0 - U_{1,y}^0 &= Q_{rx}^{(1)}; & T_{2x}^0 - S_{2x,xx}^0 - U_{2,y}^0 &= Q_{rx}^{(1)}, & S_{1x}^0 &= M_{rx}^{(1)} + S_{1x}^t, & S_{2x}^0 &= M_{rx}^{(2)} + S_{2x}^t. \end{aligned}$$

При $y = 0, l_y$

$$\begin{aligned} P_{1y}^0 &= N_{sy}^{(1)} + P_{1y}^t; & P_{2y}^0 &= N_{sy}^{(2)} + P_{2y}^t; & V_1^0 &= Q_{sxy}^{(1)}; & V_2^0 &= Q_{sxy}^{(2)}; & T_{1y}^0 - S_{1y,yy}^0 &= Q_{sy}^{(1)}, & T_{2y}^0 - S_{2y,yy}^0 &= Q_{sy}^{(2)}; \\ S_{1y}^0 &= M_{sy}^{(1)} + S_{1y}^t, & S_{2y}^0 &= M_{sy}^{(2)} + S_{2y}^t; & U_1^0 &= Q_{sxy}^{(1)}, & U_2^0 &= Q_{sxy}^{(2)}, \end{aligned} \quad (5)$$

где $N_{rx}^{(p)}$, $Q_{rxy}^{(p)}$, $Q_{rx}^{(p)}$, $M_{rx}^{(p)}$, $N_{sy}^{(p)}$, $Q_{sxy}^{(p)}$, $Q_{sy}^{(p)}$, $M_{sy}^{(p)}$ – заданные усилия на торцах пластины, где индекс p соответствует номеру несущего слоя. Индекс r принимает значения $0, l_x$, индекс $s = 0, l_y$, указывая, на каком конце пластины задано усилие.

В граничные условия (5) и уравнения равновесия (4) температура $T(z, t)$ входит в явном виде.

Работа выполнена в рамках ГПНИ «Механика, металлургия диагностика в машиностроении» (задание № 1.40).

Список литературы

- 1 Старовойтов, Э. И. Трехслойные стержни в терморadiационных полях / Э. И. Старовойтов, М. А. Журавков, Д. В. Леоненко. – Минск : Беларуская навука, 2017. – 275 с.
- 2 Старовойтов, Э. И. Цилиндрический изгиб прямоугольной трехслойной пластины в температурном поле / Э. И. Старовойтов, Д. В. Леоненко // Механика. Научные исследования и учебно-методические разработки : междунар. сб. науч. тр. – Гомель, 2014. – Вып. 8. – С. 179–185.
- 3 Зеленая, А. С. Деформирование упругой трехслойной прямоугольной пластины со сжимаемым заполнителем / А. С. Зеленая // Известия Гомельского гос. ун-та им. Ф. Скорины. – Сер. Естественные науки. – 2017. – № 6 (105). – С. 89–95.

УДК 629.423.33

КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ ЯВЛЕНИЙ В КОНТАКТНОЙ ПАРЕ «ТОКОСЪЕМНИК ЛОКОМОТИВА – КОНТАКТНЫЙ ПРОВОД ЭЛЕКТРОСЕТИ»

И. И. КАПЛЮК

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Токосъем на электрическом подвижном составе сопровождается большим выделением тепла, из-за которого имеется опасность повреждения контактного провода вследствие пережога или отжига, что может привести к сбоям в движении поездов. Также чрезмерный нагрев ведет к повышенному износу токоведущих элементов полозов. При сравнительном анализе различных по форме и материалу токосъемных вставок обнаруживаются большие различия в их долговечности, что напрямую зависит от характеристик их взаимодействия с контактным проводом. Наличие трения в области контакта ведет к изменению температур как провода электросети, так и токосъемников, что приводит к дополнительным температурным деформациям.

Ранее было проведено большое количество экспериментальных исследований взаимодействий в системе «пантограф – контактный провод электросети». На их основе установлено, что к основным причинам нагрева провода и токосъемной вставки относятся:

- действие электрического тока, обусловленное «джоулевым» выделением тепла непосредственно в материале провода и перенос его посредством конвективного обмена в зоне контакта на токосъемную вставку;
- выделение тепла вследствие трения в зоне контакта в процессе скольжения токосъемника вдоль провода контактной сети;
- тепловое действие электродуговых и искровых явлений, сопровождающих токосъем при нарушении контакта между проводом и токосъемником или из-за наличия повреждений в области контакта.

Таким образом, износ токосъемной вставки и провода определяются механической и электрической составляющими, которые сопровождаются выделением тепла.

Ранее практически не рассматривались эффекты, связанные с сухим фрикционным нагревом контактных парных элементов токосъемных устройств. В то же время такой теоретический анализ может предшествовать комплексному изучению процессов съема тока с учетом механического (от контактного давления) и электрического (от токовой нагрузки) износов.

Современным эффективным инструментом в рассмотрении явлений, связанных с деформацией контактирующих тел с учетом тепловых явлений, является численное моделирование их взаимодействия. В данной работе поставлена задача по разработке и анализу конечноэлементных моделей контактирующих элементов кинематической пары «провод – токосъемная вставка» в среде пакета инженерного анализа ANSYS.

Используемый на практике провод имеет сложную форму поперечного сечения, связанную с особенностями его крепления. Однако в зоне контакта с угольной вставкой поверхность провода цилиндрическая. Поэтому с целью упрощения модели предполагалось, что провод электросети имеет круглое сечение. Длина участка провода принята равной 20 см, его радиус сечения 65 мм. Считалось, что начальный износ у моделируемого провода отсутствует. Модель токосъемной вставки представляла собой прямоугольный параллелепипед размерами 1040,743 см.

Физические характеристики элементов модели приняты следующими: провод из меди с модулем Юнга равным 100 ГПа и коэффициентом Пуассона 0,2; угольная вставка с модулем Юнга 10 ГПа, коэффициентом Пуассона – 0,24. Плотности материалов провода и вставки – 5529 и 1760 кг/м³ соответственно. Коэффициент трения в контакте принят равным 0,06, коэффициент теплопередачи – 70 Вт/(м²·К).

Задача динамического контактного взаимодействия тел представляет собой проблему значительной сложности даже без учета температурных явлений, так как площадка контакта при движении пантографа постоянно меняется. Этот факт также приводит к большой продолжительности расчетов. Поэтому были разработаны несколько вариантов моделей взаимодействия токоприемной вставки и контактного провода.

При постановке стационарной нелинейной задачи теплообмена в ANSYS Mechanical для упорядоченного конечно-элементного разбиения приняты следующие типы элементов: 20-узловой тепловой элемент SOLID90, а также TARGE170, CONTA174. Для сокращения расчетов рассматривалась половина объемной модели относительно ее оси симметрии. В области контакта принято сгущение конечно-элементной сетки. Общее количество элементов модели составило примерно 33000.

Была задана температура поверхности угольной вставки 70 °С и начальная температура контактирующих элементов, равная температуре окружающей среды 15 °С. В модели учитывался конвективный обмен с окружающей средой (воздух). Получено распределение температур в зоне контакта при нагревании поверхности угольной вставки с учетом температуры окружающей среды в установившемся режиме. Тестирование модели показало, что результаты конечно-элементного моделирования достаточно адекватно отображают распределение температур в элементах модели.

В ходе вычислений установлено, что тепловой поток быстро распространяется по контактному проводу вследствие его высокого коэффициента теплопередачи. Градиент температуры по длине провода через 0,1 с после начала контакта составляет около 20 °С/м.

Дальнейшее исследование проводилось в среде пакета ANSYS Workbench с помощью решателя Mechanical APDL. В результате разработана конечно-элементная модель, позволяющая осуществить совместный анализ полей напряжений и температур при влиянии сухого трения в процессе скольжения токосъемной вставки электровоза вдоль провода электросети.

Для анализа выбран тип анализа Transient Structural. При этом использовались ранее принятые характеристики и свойства модели. В качестве конечного элемента выбран линейный элемент связанных полей SOLID5, позволяющий производить учет прочностных степеней свободы совместно с температурой. Сетка создавалась линейным генератором сетки с размером конечного элемента 0,4 мм. Число конечных элементов модели составило около 85 000. В данной модели в дополнение к ранее описанным параметрам учитывались следующие характеристики материалов провода и токосъемной вставки: коэффициент теплового расширения – $16,7 \cdot 10^{-6}$ и $7,9 \cdot 10^{-6}$ 1/К, коэффициент теплопроводности – 380 и 150 Вт/м·К, коэффициент удельной теплоемкости – 383 и 708 Дж/кг·К. Начальный коэффициент трения в контакте увеличен до 0,2.

Чтобы обеспечить реальные условия работы провода, предполагается, что один из его концов закреплен, а у второго отсутствует вертикальное смещение. Сила натяжения провода принята равной 500 Н, сила прижатия вставки к проводу – 140 Н. Считалось, что токоприемник перемещается вдоль провода со скоростью 1 м/с.

Контактная пара назначена фрикционной, несимметричной с формулировкой «Augmented Lagrange». Было определено обязательное наличие контакта между телами в начальный момент времени. Чтобы обеспечить более устойчивый процесс счета, значение коэффициента нормальной жесткости тел по всей поверхности контакта уменьшено в 10 раз до 0,01 по сравнению со значением по умолчанию.

Для расчета плотности теплового потока, вызванного кулоновым трением, коэффициент рассеивания энергии принят равным 1. Весовой коэффициент распределения тепла, учитывающий особенности обмена тепла между контактной и целевой поверхностями, считался равным 0,5. Предполагалось, что при температуре 22 °С тела не имеют тепловых деформаций. Также данная температура задана в качестве начальной температуры тел.

Полученная модель позволила рассмотреть тепловыделение и его дальнейшее распределение по объему элементов при контактном взаимодействии, сопровождающемся трением. Отметим, что длительность одноразового расчета для интервала времени 0,5 с составила более 70 часов. В результате вычислений было обнаружено, что наибольшей нагрев достигается в зоне контакта, а ме-

сто пятна нагрева изменяется при движении вставки. Расчеты показали, что повышение температуры вставки в зоне контакта в первые 0,5 с от начала скольжения составляет около 14 градусов, что соответствует реализуемым на практике значениям. Заметное увеличение температуры провода наблюдается только вблизи области контакта. Это соответствует полученным ранее результатам теплового анализа. Данная модель позволила также произвести оценку значений напряжений, возникающих в результате скользящего контакта.

Разработанные модели в последующем могут быть использованы для усовершенствования конструкции узла токосъема.

УДК 539.3

СЭНДВИЧ-ПЛАСТИНА НА ОСНОВАНИИ ПАСТЕРНАКА

А. Г. КОЗЕЛ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Требования к применяемым конструкциям в транспортном и строительном комплексах постоянно растут, что приводит к появлению новых технологий или совершенствования старых. Трёхслойные конструкции, имеющие относительно малую массу, способны обеспечить не только заданные показатели прочности и жёсткости, но и хорошие звуко- и теплоизолирующие свойства, а также противостоять многим другим отрицательным факторам. Благодаря этому широкое использование получили сэндвич-пластины. Они могут изготавливаться из материалов с различными физико-механическими свойствами, которые варьируются в зависимости от необходимых характеристик и условий эксплуатации заданного изделия. Конструкции и технология производства сэндвич-пластин постоянно совершенствуются, наделяя данный строительный материал новыми свойствами, что вызывает необходимость уточнения их расчёта, включая температурные и радиационные воздействия, сложность деформируемого основания.

Ранее деформирование сэндвич-пластин было изучено при опирании на одноконстантное основание Винклера. Модель упругого основания Пастернака учитывает не только сжимаемость, но и его связность, поэтому предложенная постановка задачи является новой.

Здесь предложено решение краевой задачи об осесимметричном деформировании упругой круговой сэндвич-пластины с легким наполнителем на сложном основании.

Постановка задачи проводится в цилиндрической системе координат, связанной со срединной плоскостью наполнителя. В тонких несущих слоях принимаются гипотезы Кирхгофа, в несжимаемом по толщине наполнителе нормаль остается прямолинейной, не изменяет своей длины, но поворачивается на некоторый дополнительный угол $\psi(r)$. Наполнитель считается легким, т. е. не учитывается его работа в тангенциальном направлении. На контуре пластины предполагается жесткая диафрагма, которая препятствует относительному сдвигу слоев. Решение задачи сводится к нахождению прогиба пластины, относительного сдвига в наполнителе и радиального перемещения координатной плоскости, т. е. $w(r)$, $\psi(r)$, $u(r)$. Реакция основания описывается моделью Пастернака:

$$q_r(r) = -\kappa_0 w + t_f \Delta w, \quad (1)$$

где κ_0 , t_f – коэффициенты сжатия и сдвига; Δ – оператор Лапласа.

Уравнения равновесия и граничные условия в усилиях выведены из вариационного принципа Лагранжа с учетом (1):

$$L_2(a_1 u) = 0; \quad L_2(a_2 \psi - a_3 w_{,r}) = 0; \quad L_3(a_3 \psi - a_4 w_{,r}) - \kappa_0 w + t_f \Delta w = -q_0, \quad (2)$$

где q_0 – интенсивность внешней распределенной нагрузки; a_i – коэффициенты, учитывающие упругие и геометрические параметры слоев:

$$a_1 = \sum_{k=1}^3 h_k K_k^+; \quad a_2 = c^2 \left(2h_1 K_1^+ + \frac{2}{3} c K_3^+ \right); \quad a_3 = c \left[2h_1 \left(c + \frac{1}{2} h_1 \right) K_1^+ + \frac{2}{3} c^2 K_3^+ \right];$$

$$a_4 = 2h_1 \left(c^2 + c h_1 + \frac{1}{3} h_1^2 \right) K_1^+ + \frac{2}{3} c^3 K_3^+;$$

L_k – линейные дифференциальные операторы:

$$L_3(g) \equiv \frac{1}{r}(rL_2(g))_{,r} \equiv g_{,rrr} + \frac{2g_{,rr}}{r} - \frac{g_{,r}}{r^2} + \frac{g}{r^3}; \quad L_2(g) \equiv \left(\frac{1}{r}(rg)_{,r}\right)_{,r} \equiv g_{,rr} + \frac{g_{,r}}{r} - \frac{g}{r^2}.$$

С помощью первых двух уравнений системы (2) в третьем уравнении обнуляем коэффициенты перед функциями u и ψ . После двукратного интегрирования этих уравнений система приводится к виду

$$u=0; \quad \psi = \frac{a_3}{a_2} w_{,r} + C_1 r + \frac{C_2}{r}; \quad L_3(w_{,r}) - t_f D \Delta w + \kappa_0 D w = q_0 D, \quad (3)$$

где C_1, C_2 – константы интегрирования, $D = \frac{a_2}{a_4 a_2 - a_3^2}$.

Перепишем третье уравнение системы (3) в развернутом виде и получим решение однородного уравнения, приравняв левую часть уравнения нулю и используя замену переменной $x = \kappa r$:

$$w_{,xxxx} + \frac{2}{x} w_{,xxx} - \frac{1}{x^2} w_{,xx} + \frac{1}{x^3} w_{,x} - 2t_0^2 (w_{,xx} + \frac{1}{x} w_{,x}) + w = 0,$$

или

$$\Delta^2 w - 2t_0^2 \Delta w + w = 0, \quad (4)$$

где $\kappa^4 = \kappa_0 D$; $q = q_0 D$; $t_{f1} = t_f D$; $2t_0^2 = t_{f1} / \kappa^2$.

Решение третьего уравнения системы (3), с учётом решения уравнения (4) имеет вид

$$w = C_3 J_0(\sqrt{ax}) + C_4 H_0^{(1)}(\sqrt{ax}) + C_5 J_0(\sqrt{ax}) + C_6 H_0^{(2)}(\sqrt{ax}) + w_p, \quad (5)$$

где w_p – частное решение неоднородного уравнения.

Исходя из условия ограниченности решения в начале координат, для сплошных пластин необходимо положить $C_2 = C_4 = C_6 = 0$.

Решение системы уравнений равновесия (3) с учётом решения (5) для случая равномерно распределённой нагрузки получено в виде

$$u=0; \quad \psi = -\kappa \frac{a_3}{a_2} (\sqrt{a} C_3 J_1(\sqrt{a} \kappa r) + \sqrt{a} C_5 J_1(\sqrt{a} \kappa r)) + C_1 r; \quad w = C_3 J_0(\sqrt{ax}) + C_5 J_0(\sqrt{ax}) + \frac{q_0}{\kappa_0},$$

где $J_0(\sqrt{ax})$ и $J_0(\sqrt{ax})$ – функции Бесселя; C_1, C_3, C_5 – константы интегрирования, определяемые из условий закрепления пластины.

Краевая задача по определению перемещений в круглой пластине на основании Пастернака замыкается присоединением к (3) кинематических граничных условий. В частности, при жёсткой заделке контура пластины должны выполняться требования ($r=R$) $u=\psi=w=w_{,r}=0$.

При шарнирном опирании контура пластины $u=\psi=w=0$, $M_r=0$.

В случае свободного контура пластины $\psi=0$, $T_r = M_r = M_{r,r} = 0$, где T_r, M_r – внутренние усилия.

Численные результаты получены для пластины, слою которой набраны из материалов Д16Т-фторопласт-Д16Т. Следует отметить, что при применении модели основания Винклера решение аналогичной краевой задачи получено в функциях Кельвина. При использовании модели Пастернака этот случай соответствует решению в функциях Бесселя с коэффициентом сдвига основания $t_f=0$. Были проведены соответствующие сравнительные расчеты по этим обоим решениям: в функциях Кельвина и в функциях Бесселя при $t_f=0$. Полученные численные результаты в обоих случаях совпали с точностью до 12-го знака при различных значениях коэффициента сжатия κ_0 . Следовательно, несмотря на то, что аналитические решения для перемещений в пластине на основаниях Винклера и Пастернака имеют различный вид и получены в функциях Кельвина и Бесселя соответственно, совпадение численных результатов при $t_f=0$ подтверждают преимущество моделей.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МЕЛКОДИСПЕРСНЫХ КВАРЦЕВЫХ НАПОЛНИТЕЛЕЙ НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЭПОКСИДНЫХ МАТРИЦ

В. С. КОЛМОГОРОВ, А. В. БАБАЙЦЕВ, Л. Н. РАБИНСКИЙ
Московский авиационный институт (НИУ), Российская Федерация

В работе исследовалось влияние различных мелкодисперсных кварцевых наполнителей на физико-механические свойства эпоксидных матриц. Рассматривались два варианта эпоксидной смолы и четыре варианта наполнителя. Для каждого из вариантов был произведен структурный анализ для определения характерного размера включения и состава наполнителя, а также для определения характера распределения включений по всей площади образца. Для подтверждения характера распределения наполнителя по всему объему образца были произведены томографические исследование сечений образцов. Все рассматриваемые наполнители представляли собой полые и неполые сферы размером порядка 50–100 мкм с покрытием и без. Порошок с полыми сферами из стеклянного боросиликатного материала брался марки ПБС-50 с наличием крупных фракций не более 5 %. Порошок с неплыми сферами также был произведен из стеклянного боросиликатного материала. Указанные выше наполнители покрывались тонким покрытием на основе каучуков СКТН, обладающей значительной эластичностью, упругостью и прочностью, а также высокой гидрофобностью. В качестве эпоксидной смолы рассматривались смола ЭД-20 с отвердителем ТЭТА и смола эпоху 520 с отвердителем 620.

Механические испытания проводились на изгиб с использованием универсальной испытательной машины INSTRON 5980 при комнатной температуре. Испытания показали, что использование полых сфер на механические свойства действует отрицательно, в отличие от непрых сфер. Однако использование полых сфер необходимо для повышения коэффициента теплопроводности подобной структуры. Влияние покрытия на физико-механические свойства для подобных испытаний незначительно вследствие малой толщины покрытия относительно размера фракции наполнителя. Для дальнейшего исследования влияние покрытия в наполнителях на физико-механические свойства эпоксидных матриц следует значительно увеличить толщину покрытия относительно характерного размера включения.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 17-01-00837).

СИММЕТРИЧНАЯ ПЛОСКАЯ КОНТАКТНАЯ ЗАДАЧА О ВЗАИМОДЕЙСТВИИ АБСОЛЮТНО ТВЕРДОГО УДАРНИКА И ВЯЗКОУПРУГОЙ ПОЛУПЛОСКОСТИ

Е. А. КОРОВАЙЦЕВА
НИИ механики МГУ им. М. В. Ломоносова, г. Москва
Д. В. ТАРЛАКОВСКИЙ
Московский авиационный институт (НИУ), Российская Федерация

В декартовой прямоугольной системе координат Ox_1x_3 рассматривается вязкоупругая полуплоскость $x_3 \geq 0$, коэффициент Пуассона материала которой не зависит от времени. С ней взаимодействует движущийся вдоль оси Ox_3 ограниченный гладкой выпуклой цилиндрической поверхностью абсолютно твердый ударник. В начальный момент времени $t = 0$ он касается лобовой точкой границы полуплоскости.

Используется следующая система безразмерных величин (при одинаковом начертании они обозначены штрихом, который в последующем изложении опущен):

$$x'_k = \frac{x_k}{L}, \quad \tau = \frac{c_1 t}{L}, \quad u'_k = \frac{u_k}{L}, \quad \sigma'_{kl} = \frac{\sigma_{kl}}{\lambda + 2\mu} \quad (k, l = 1, 3), \quad M'(\tau) = \frac{4L}{3\rho c_1^3} M(t), \quad m' = \frac{m}{\rho L^2},$$

$$R'_3 = \frac{R_3}{(\lambda + 2\mu)L}; R'_e = \frac{R_e}{(\lambda + 2\mu)L}; \eta = \frac{c_1}{c_2} = \frac{1}{\gamma}; c_1^2 = \frac{\lambda + 2\mu}{\rho}, c_2^2 = \frac{\mu}{\rho}; \kappa = 1 - 2\gamma^2; \beta^2 = 1 - \gamma^2,$$

где L – некоторый характерный линейный размер; u_k – координаты вектора перемещений; σ_{kl} – напряжения; $M(t)$ – ядро релаксации; m – погонная масса ударника; ρ – плотность материала полуплоскости; R_3 и R_e – контактная и внешняя силы; c_1 и c_2 – скорости распространения волн расширения-сжатия и сдвига в упругой среде соответственно; λ, μ – упругие постоянные Ламе.

Безразмерные уравнения движения полуплоскости имеют вид

$$D(\tau) \left(\beta^2 \frac{\partial \theta}{\partial x_1} + \gamma^2 \Delta u_1 \right) = \ddot{u}_1; \quad D(\tau) \left(\beta^2 \frac{\partial \theta}{\partial x_3} + \gamma^2 \Delta u_3 \right) = \ddot{u}_3,$$

где $D(\tau) = \delta(\tau) - M(\tau)$; $\theta = \frac{\partial u_1}{\partial x_1} + \frac{\partial u_3}{\partial x_3}$; $\Delta = \frac{\partial^2}{\partial x_1^2} + \frac{\partial^2}{\partial x_3^2}$.

Здесь $\delta(\tau)$ – дельта-функция Дирака; звездочка соответствует свертке по времени τ .

Соотношения для напряжений имеют вид

$$\begin{aligned} \sigma_{kl} &= D(\tau) * T_{kl}(u_1, u_3); \\ T_{11}(u_1, u_3) &= \frac{\partial u_1}{\partial x_1} + \kappa \frac{\partial u_3}{\partial x_3}, T_{22}(u_1, u_3) = \kappa \theta, T_{33}(u_1, u_3) = \frac{\partial u_3}{\partial x_3} + \kappa \frac{\partial u_1}{\partial x_1}; \\ T_{12}(u_1, u_3) &= T_{23}(u_1, u_3) = 0, T_{13}(u_1, u_3) = \gamma^2 \left(\frac{\partial u_3}{\partial x_1} + \frac{\partial u_1}{\partial x_3} \right). \end{aligned}$$

В начальный момент времени среда находится в покое:

$$u_i|_{\tau=0} = u_3|_{\tau=0} = \dot{u}_i|_{\tau=0} = \dot{u}_3|_{\tau=0} = 0.$$

Граничная поверхность ударника в начальный момент времени $\tau = 0$ задается уравнениями

$$x_3 + l = f(x_1); \quad f(-x_1) = f(x_1); \quad f'(x_1) < 0 \quad (x_1 > 0); \quad f'(0) = 0; \quad f''(x_1) < 0,$$

где l – расстояние между центром масс и лобовой точкой.

Движение ударника описывается следующей начальной задачей:

$$m \ddot{u}_{c3} = R_e + R_3, \quad R_3(\tau) = \int_{-b(\tau)}^{b(\tau)} \sigma_{330}(x_1, \tau) dx_1, \quad \sigma_{330} = \sigma_{33}|_{x_3=0}, \quad (1)$$

$$u_{c3}|_{\tau=0} = u_{c30}, \quad \dot{u}_{c3}|_{\tau=0} = v_0, \quad (2)$$

где u_{c3} – перемещение центра масс ударника; $[-b(\tau), b(\tau)]$ – область контакта. Полагаем, что граница полуплоскости вне области контакта свободная:

$$\sigma_{13}|_{x_3=0} = \sigma_{33}|_{x_3=0} = 0, \quad |x_1| > b(\tau).$$

Взаимодействие ударника и полуплоскости моделируем условием свободного проскальзывания:

$$\sigma_{13}|_{x_3=0} = 0, \quad u_3|_{x_3=0} = w(x_1, \tau); \quad w = f(x_1) + u_{c3} - l, \quad |x_1| \leq b(\tau), \quad (3)$$

где $w(x_1, \tau)$ – перемещение вдоль оси Ox_3 поверхности ударника.

Кроме того, требуем, чтобы компоненты напряженно-деформированного состояния полупространства были ограничены.

Для сверхзвукового этапа контактного взаимодействия на некотором интервале $\tau \leq \tau_*$ справедливо неравенство $\dot{b}(\tau) \geq 1$ ($\tau \leq \tau_*$). В этом случае возмущения не выходят за границу области контакта, т. е. граничное условие (3) можно записать в несмешанном виде [$H(x_1)$ – функция Хевисайда]:

$$\sigma_{13}|_{x_3=0} = 0, \quad u_3|_{x_3=0} = u_{30}(x_1, \tau); \quad u_{30} = w(x_1, \tau) H[b(\tau) - |x_1|]; \quad x_1 \in \mathbb{R},$$

а радиус области контакта определяется из условия равенства нулю нормального перемещения, которое согласно (3) приводит к равенству

$$b(\tau) = f^{-1}[l - u_{c3}(\tau)]. \quad (4)$$

При этом контактная сила в (1) выражается через преобразование Фурье нормальных напряжений (индекс « F » обозначает изображение; q – параметр преобразования):

$$R_3(\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} \sigma_{330}(x_1, \tau) dx_1 = \lim_{q \rightarrow 0} \int_{-\infty}^{\infty} \sigma_{330}(x_1, \tau) e^{iqx_1} dx_1 = \sigma_{330}^F(0, \tau).$$

Нормальное напряжение на границе полуплоскости определяется интегральным соотношением с последующим определением соответствующей функции Грина. Выражение для результирующей силы имеет вид

$$R_3(\tau) = -\chi(\tau) \int_{-\infty}^{\infty} \dot{u}_{30}(x_1, \tau) dx_1 = -2\chi(\tau) [b(\tau) \dot{u}_{c3}(\tau)], \quad (5)$$

где $\chi(\tau)$ – функция, определяемая свойствами вязкости материала полуплоскости.

Таким образом, на сверхзвуковом этапе взаимодействия определение перемещения центра масс ударника сводится к решению вытекающей из (1) и (5) начальной задачи для интегро-дифференциального уравнения при начальных условиях (2).

Для дозвукового этапа контактного взаимодействия нормальные перемещения границы вязкоупругой полуплоскости и контактные напряжения связывает интегральное уравнение вида (дополнительная звездочка соответствует свертке по координате x_1):

$$w(x_1, \tau) = G(x_1, \tau) \sigma_{330}(x_1, \tau), \quad (6)$$

где функция Грина $G(x_1, \tau)$ для вязкоупругой полуплоскости определяется с использованием теоремы об обобщенной свертке.

Следовательно, на дозвуковом этапе взаимодействия замкнутая система разрешающих уравнений определяется соотношениями (1), (3), (4), (6) при начальных условиях (2).

Приведены решения полученных систем уравнений для сверхзвукового и дозвукового этапов контактного взаимодействия, проанализировано влияние свойств вязкости материала полуплоскости на характеристики взаимодействия.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проекты № 16-38-60074 мол_а_дк, 17-08-01146а).

УДК 656.13

ОСОБЕННОСТИ КРЕПЛЕНИЯ СЭНДВИЧ-ПАНЕЛЕЙ ПРИ ПЕРЕВОЗКЕ АВТОТРАНСПОРТОМ

И. Е. КРАКОВА, А. О. ШИМАНОВСКИЙ, О. И. ЯКУБОВИЧ
Белорусский государственный университет транспорта г. Гомель

В настоящее время наблюдается массовое применение автотранспортных средств для перевозки грузов и пассажиров как во внутреннем, так и в международном сообщениях. Грузы, предъявляемые к перевозке автомобильным транспортом, обладают различными свойствами, определяющими технические условия перевозок. От правильности крепления грузов в кузове автомобиля зависит целостность груза в процессе транспортировки и безопасность самой перевозки. Следует отметить, что по статистике два из трех опрокидываний автомобилей с грузом на дороге можно было бы предотвратить, если бы крепление самого груза было выполнено должным образом.

В Беларуси перевозка грузов осуществляется в соответствии с Правилами крепления грузов на автомобильном транспорте, разработанными исходя из того, что перевозимый груз жесткий. В реальности значительное количество транспортируемых объектов обладает высокой деформативностью. К таким грузам относятся, в частности, сэндвич-панели, широко применяемые в строительстве. Они представляют собой трехслойную конструкцию, включающую в себя две обшивки из металлических профилированных листов, между которыми располагается средний слой из минера-

ловатных плит. Пакеты, сформированные из таких панелей, имеют большие размеры при относительно небольшой массе. Производители с целью снижения затрат на перевозку размещают их в два яруса. Поэтому при перевозке центр тяжести груза располагается высоко над полом автоплатформы, что приводит к большим значениям моментов сил инерции. Это, в свою очередь, может стать причиной вынужденных колебаний груза в продольном и поперечном направлениях. Последствия от таких колебаний, которые наблюдались на практике: смещение сэндвич-панелей относительно друг друга внутри пакета, разрушение транспортного пакета и, как следствие, нарушение товарных качеств панелей.

Большинство работ, посвященных вопросам крепления и безопасности транспортировки грузов, не рассматривают возможность их деформации. Существующие исследования напряженно-деформированного состояния трехслойных и многослойных пластин не учитывают возможности их размещения в пакете, сформированном из нескольких аналогичных пластин, который, в свою очередь, совершает колебания относительно подвижной системы отсчета. Перед нами стояла задача проанализировать используемый на практике вариант крепления пакетов с сэндвич-панелями, чтобы выработать рекомендации по креплению, которое позволит обеспечить сохранность груза при перевозке на большие расстояния.

Для анализа достаточности крепления, подбор которого осуществлен из условия недеформируемости груза, разработана упрощенная механико-математическая модель перевозимого на автоплатформе грузового места, которое состоит из двух транспортных пакетов, сформированных из сэндвич-панелей. Рассмотрен случай их расположения в два яруса. Учитывались деформации груза и средств его крепления. Для моделирования минеральной ваты, составляющей средний слой панелей и обладающей большой деформативностью, использованы пружины. Принималось во внимание крепление грузового места к автоплатформе с помощью прижимного ремня, который при перевозке воспринимают действующие на груз силы инерции и работает на растяжение. Причем учтено, что в процессе транспортировки вследствие наличия поперечных сил и колебаний груза натяжение ветвей ремня различны. Для учета поперечных сил, возникающих при деформировании транспортных пакетов, в расчетную схему введен демпфер.

С применением уравнений Лагранжа II рода составлена система дифференциальных уравнений, описывающих движение рассматриваемой системы. Решение уравнений выполнялось с помощью программы MathCAD. Выполненные расчеты для различных механических характеристик пружин и ремней крепления показали, что амплитуда колебаний вертикальные ярусов составляет около 2 см. При движении по неровной дороге это значение будет увеличиваться. Введенный в расчетную схему демпфер не обеспечивает динамическую устойчивость системы при колебаниях. В то же время амплитуда скорости постепенно увеличивается, а панели постепенно смещаются в поперечном направлении. Такое смещение может наблюдаться, например, при входах в поворот. Следовательно, выполненные расчеты продемонстрировали недостаточность поперечной жесткости транспортных пакетов, установленных в два яруса по высоте, что приводит к смещениям панелей внутри пакета при входах в повороты и выходах из них. Такая ситуация наблюдалась на практике при транспортировке груза из Беларуси в Туркменистан.

В ходе проведенного анализа было установлено, что при подборе крепежных средств, исходя из предположения о недеформируемости груза, из-за большой высоты транспортного пакета он обладает недостаточной устойчивостью в поперечном направлении. Большая высота груза приводит к существенному различию сил натяжения ветвей ремней, расположенных по разные стороны от груза, при движении по кривым. Из-за различия сил натяжения ремней крепления и малого модуля упругости минеральной ваты происходит деформирование транспортного пакета, в процессе перевозки развиваются его колебания, что, в свою очередь, ведет к смещению панелей внутри транспортного пакета. При перевозке на большие расстояния такие смещения накапливаются и, в конце концов, могут стать причиной повреждения груза. Поэтому для обеспечения достаточного крепления сила натяжения крепежных ремней должна быть увеличена более чем в два раза по сравнению с расчетом без учета опрокидывания.

С помощью программного комплекса ANSYS построена конечноэлементная модель перевозимого груза, учитывающая особенности геометрии панелей и их нагружения при транспортировке. Выполнены расчеты напряженно-деформированного состояния нижнего яруса для сэндвич-панели, верхний и нижний слой которой выполнен из стали с модулем упругости 200 ГПа, а средний – из минеральной ваты, имеющей модуль упругости 3 МПа. Также учитывалось наличие пенопластовой прокладки, на которую укладывалась нижняя панель. Модуль упругости пенопласта принят равным 10 МПа. Выполненные расчеты показали, что по мере уменьшения числа панелей в ярусе наблюда-

ется постепенное снижение уровня напряжений в нижней панели. При этом напряжения не превышают предел прочности минеральной ваты при высоте штабеля, равной девяти панелям. Это соответствует заявленному производителем значению высоты транспортного пакета 1,5 м.

В соответствии с нормами расчета крепления грузов на автотранспорте следует принимать во внимание дополнительные вертикальные динамические нагрузки, которые равны силе тяжести груза. Анализ результатов конечноэлементного моделирования деформирования нижней панели нижнего яруса груза показал, что в таком случае при силах натяжения крепежных ремней, обеспечивающих неподвижность жесткого груза аналогичных размеров, в случае укладки по высоте десяти и более панелей в минеральной вате возникают напряжения, превышающие ее предел прочности. Следовательно, наблюдается разрушение минеральной ваты, что подтвердилось в известном нам случае перевозки сэндвич-панелей. В свою очередь появление трещин в минеральной вате и ее расслоение становится причиной снижения жесткости конструкции и приводит, в том числе, к пластическим деформациям металлических поверхностей панелей, что наблюдалось на практике. Полученные результаты объясняют, почему при доставке груза из 14 и 13 сэндвич-панелей, расположенных друг над другом, произошло их разрушение.

Таким образом, результаты расчетов параметров движения рассматриваемой системы и определения напряженно-деформированного состояния нижней панели показали, что при разработке схем крепления грузов следует учитывать их деформативность. При перевозке грузов на большие расстояния наличие неровностей дорожного покрытия и входов в повороты может приводить к смещению груза, опрокидыванию и его повреждению.

Обеспечить надежное крепление груза и его целостность можно, если перевозка сэндвич-панелей будет осуществляться с использованием жесткой упаковки, не допускающей влияния верхних ярусов груза на нижние.

УДК 539.3

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ТЕРМОУСТОЙЧИВОСТИ ТОНКОСТЕННОЙ КОНСТРУКЦИИ ПРИ НЕСТАЦИОНАРНОМ ТЕПЛОМ ВОЗДЕЙСТВИИ, ВОЗНИКАЮЩЕМ В ПРОЦЕССЕ СОЗДАНИЯ ИЗДЕЛИЙ МЕТОДОМ СЕЛЕКТИВНОГО ЛАЗЕРНОГО СПЕКАНИЯ

А. С. КУРБАТОВ, А. А. ОРЕХОВ, Л. Н. РАБИНСКИЙ
Московский авиационный институт (НИУ), Российская Федерация

Рассматривается задача термоустойчивости тонкостенной конструкции при нестационарном тепловом воздействии в несвязной постановке. Построена конечно-элементная модель пластины, на одну из сторон которой действует нестационарный тепловой поток, моделирующий движение лазерного луча. Получены численные решения динамической задачи теплопроводности и квазистатической задачи потери устойчивости в различные моменты времени. Проведена параметризация и получены зависимости критической мощности потока от толщины пластины.

УДК 621.7

ПОСТРОЕНИЕ ТЕСТОВЫХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ВЕРИФИКАЦИИ МОДЕЛЕЙ РАСТУЩИХ ТОНКОСТЕННЫХ ИЗДЕЛИЙ В ПРОЦЕССЕ ПОСЛОЙНОГО ЛАЗЕРНОГО СИНТЕЗА

А. С. КУРБАТОВ, А. А. ОРЕХОВ, Ю. О. СОЛЯЕВ, С. И. ЖАВОРОНОК
Московский авиационный институт (НИУ), Российская Федерация

Моделирование технологического процесса послойного лазерного синтеза изделий представляет собой сложную задачу, при решении которой должны рассматриваться процессы теплопередачи, фазовых превращений и плавления, а также учитываться эффекты остаточных напряжений и деформации, усадки, анизотропии свойств получаемых материалов и т. д. Сложность моделей и большое количество неизвестных параметров, которые должны определяться экспериментально, делают постановку задачи плохо обусловленной при рассмотрении процессов синтеза реальных изделий сложной формы.

В настоящем докладе предложено для предварительной верификации результатов моделирования использовать упрощенные тестовые задачи, которые могут быть легко воспроизведены и исследованы экспериментально на образцах простой формы. В частности, рассмотрен ряд модельных задач о синтезе изделий в виде тонких пластин и тонкостенных цилиндрических оболочек. В качестве тестового условия, которое может быть установлено на основе расчетов и одновременно проверено экспериментально, предложено использовать условие потери устойчивости рассматриваемых образцов при неравномерном нагреве, который реализуется в процессе синтеза. На основе аналитических и численных конечно-элементных расчетов показано, что предложенная тестовая проверка может быть реализована экспериментально для типовых режимов синтеза изделий из стали и алюминия. Выполнение такой проверки может позволить сделать вывод о достоверности применяемых методов моделирования и о правильности выбранных параметров моделей.

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ (ФЦП «Исследования и разработки», соглашение № 14.577.21.0280, RFMEFI57717X0280).

УДК 539.4

НАГРУЖЕНИЕ ТРЕХСЛОЙНЫХ КРУГОВЫХ ПЛАСТИН ДИНАМИЧЕСКИМИ ПАРАБОЛИЧЕСКИМИ НАГРУЗКАМИ

Д. В. ЛЕОНЕНКО

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Широкое применение в интенсивно развивающихся отраслях строительства и промышленности (авиа-, ракетостроение, транспортное машиностроение, реакторное оборудование) находят слоистые композитные элементы конструкций.

Здесь рассматриваются малые осесимметричные поперечные колебания несимметричной по толщине упругой трехслойной пластинки круговой формы, возбужденные параболическими нагрузками, имеющими локальный характер.

Постановка задачи и ее решение проводятся в цилиндрической системе координат r, φ, z . Заполнитель считаем легким, т. е. пренебрегаем его работой в тангенциальном направлении. Внешняя вертикальная нагрузка не зависит от координаты φ : $q = q(r, t)$. На контуре пластинки предполагается наличие жесткой диафрагмы, препятствующей относительному сдвигу слоев. В дальнейшем перемещения $w(r, t)$, $\psi(r, t)$, $u(r, t)$ считаем искомыми.

При описании вынужденных колебаний рассматриваемой пластинки внешняя нагрузка $q(r, t)$ и искомый прогиб $w(r, t)$ представляются в виде следующих разложений в ряд по системе собственных ортонормированных функций $v_n \equiv v(\beta_n, r)$:

$$q(r, t) = M \sum_{n=0}^{\infty} v_n q_n(t), \quad w(r, t) = \sum_{n=0}^{\infty} v_n T_n(t), \quad v_n \equiv \frac{1}{d_n} \left[J_0(\beta_n r) - \frac{J_0(\beta_n r_0)}{I_0(\beta_n r_0)} I_0(\beta_n r) \right].$$

Здесь

$$q_n(t) = \frac{1}{M} \int_0^{r_0} q(r, t) v_n r dr, \quad \int_0^{r_0} v_m v_n r dr = \begin{cases} 1, & m = n \\ 0, & m \neq n \end{cases}. \quad (1)$$

Рассмотрим несколько случаев локального внешнего осесимметричного силового воздействия на пластинку.

1 Параболическая нагрузка, направленная выпуклостью вверх, действует на круговую часть поверхности пластины, ограниченную окружностью $r = b$. Тогда ее можно записать так:

$$q(r, t) = q_0(t) H_0(b-r) \left(1 - \left(\frac{r}{b} \right)^2 \right). \quad (2)$$

Подставляя (2) в формулу (1) параметров разложения нагрузки в ряд, получаем следующее выражение:

$$q_n(t) = \frac{2q_0(t)}{M_0 d_n \beta_n^2} \left[J_2(\beta_n b) - \frac{J_0(\beta_n r_0)}{I_0(\beta_n r_0)} I_2(\beta_n b) \right].$$

2 Параболическая нагрузка направлена выпуклостью вниз и действует на круговую часть поверхности пластины, ограниченную окружностью радиуса $r = a$. Тогда

$$q(r, t) = q_0(t)H_0(a-r)\left(1-\frac{r}{a}\right)^2.$$

Отсюда

$$q_n(t) = \frac{4q_0(t)}{M_0 d_n \beta_n^3 a} \left[\sum_{n=1}^{\infty} J_{2n+1}(\beta_n a) + \frac{J_0(\beta_n r_0)}{I_0(\beta_n r_0)} \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n I_{2n+1}(\beta_n a) \right].$$

Вывод. По результатам проведенных исследований, с точки зрения прочности, при одинаковой равнодействующей вогнутые параболические нагрузки являются наиболее, а прямоугольные – наименее опасными.

УДК 539.3

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ СФЕРИЧЕСКОЙ ВОЛНЫ С ОДНОРОДНОЙ ПРЕГРАДОЙ В ГРУНТЕ

Н. А. ЛОКТЕВА

Московский авиационный институт, Российская Федерация

Д. В. ТАРЛАКОВСКИЙ

НИИ механики МГУ им. М. В. Ломоносова, г. Москва, Российская Федерация

Рассматривается, шарнирно опертая прямоугольная пластина, окруженная с двух сторон средами «1» и «2» (рисунок 1). Среда представляет из себя однородный грунт, что позволяет в качестве их моделей использовать однородную изотропную среду. В среде «1» индуцируется сферическая гармоническая волна, которая взаимодействует с преградой. В качестве модели пластины используется декартова система координат $Oxyz$, при этом предполагается, что плоскость Oxy для пластины является срединной, а ось Oz направлена в глубину среды «2».

На пластину набегают гармоническая сферическая волна с амплитудой давления на фронте p_* и частотой ω . В результате ее взаимодействия с пластиной в окружающих средах «1» и «2» возбуждаются давления с амплитудами p_1 и p_2 соответственно.

Основной целью является определение виброускорения, возникающее в среде «2» в результате взаимодействия волн и пластины. Необходимо определить координаты и модуль виброускорения:

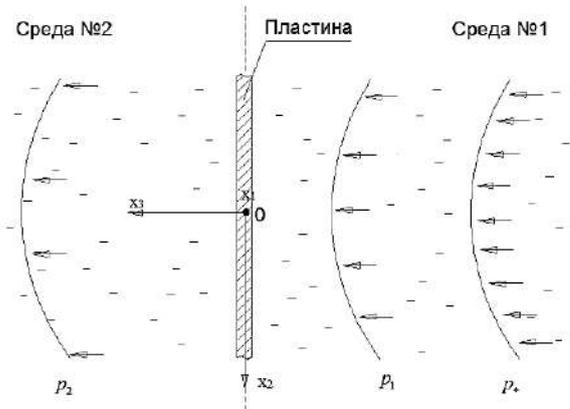


Рисунок 1

$$a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2}. \quad (1)$$

Будем считать, что все функции, входящие в уравнения движения преграды и среды, меняются по гармоническому закону.

В качестве преграды рассматривается пластина типа Тимошенко С.П. [1]. Все, входящие в уравнения Тимошенко С. П., функции раскладываются в тригонометрические ряды таким образом, чтобы выполнялись граничные условия, соответствующие шарнирному закреплению краев пластины. В результате разложения в тригонометрические ряды получается следующая система уравнений:

$$\begin{aligned} -\rho h \omega^2 w_{nm} + \mu h k^2 (\lambda_n \chi_{1nm} + \lambda_n^2 w_{nm}) + \mu h k^2 (\lambda_m \chi_{2nm} + \lambda_m^2 w_{nm}) - (p_{1nm} + p_{2nm}) &= 0; \\ -\rho I \omega^2 \chi_{1nm} + I(\lambda + 2\mu) \lambda_n^2 \chi_{1nm} + I(\lambda + \mu) \lambda_n \lambda_m \chi_{2nm} + \mu I \lambda_m^2 \chi_{1nm} + \mu h k^2 (\chi_{1nm} + \lambda_n w_{nm}) &= 0; \\ -\rho I \omega^2 \chi_{2nm} + I(\lambda + 2\mu) \lambda_m^2 \chi_{2nm} + I(\lambda + \mu) \lambda_n \lambda_m \chi_{1nm} + \mu I \lambda_n^2 \chi_{2nm} + \mu h k^2 (\chi_{2nm} + \lambda_m w_{nm}) &= 0, \end{aligned} \quad (2)$$

где $\lambda_n = \frac{\pi n}{l_1}$, $\lambda_m = \frac{\pi m}{l_2}$; ω – частота колебаний пластины; l_1, l_2 – длины сторон пластины; ρ и λ, μ – плотность и упругие постоянные Ламе; w_{nm} – прогиб; χ_{1nm}, χ_{2nm} – кривизны; κ – изменения кривизны срединной плоскости; P_{1nm}, P_{2nm} – амплитуды давлений в срезе «1» и «2». Из системы уравнений (2) определяются значения перемещений в коэффициентах рядов.

В качестве модели грунта используется однородная упругая изотропная среда. Замкнутая система уравнений, описывающая ее движение, включает в себя уравнения движения, соотношения Коши, физический закон [2]. Кроме того, возможно в качестве эквивалентных уравнений записать систему уравнений Ламе и выражения для перемещений в потенциалах:

$$\ddot{\phi} = c_1^2 \Delta \psi, \quad \ddot{\psi} = c_2^2 \Delta \psi, \quad c_1^2 = \frac{\lambda_g + 2\mu_g}{\rho_g}, \quad c_2^2 = \frac{\mu_g}{\rho_g}; \quad (3)$$

$$u_1 = \frac{\partial \phi}{\partial x} + \frac{\partial \psi_3}{\partial y} - \frac{\partial \psi_2}{\partial z}, \quad u_2 = \frac{\partial \phi}{\partial y} + \frac{\partial \psi_1}{\partial z} - \frac{\partial \psi_3}{\partial x}, \quad w = \frac{\partial \phi}{\partial z} + \frac{\partial \psi_2}{\partial x} - \frac{\partial \psi_1}{\partial y}, \quad (4)$$

где u_1, u_2 и $w^{(1)}$ – перемещения упругой среды вдоль осей Ox, Oy и Oz соответственно, θ – коэффициент объемного расширения; ρ_g и λ_g, μ_g – плотность и упругие постоянные Ламе грунта; l – номер среды. Для решения волновых уравнений также представляем все функции в виде тригонометрических рядов. Поскольку занимаемая грунтом область неограничена, то потенциалы решения уравнений (3) должны удовлетворять условиям излучения Зоммерфельда. Для определения констант интегрирования, возникающих в результате решения выражений (3), рассматриваются смешанные условия контакта пластины и грунта.

$$w_{nm} = w_{nm}^{(1)} \Big|_{z=0} + w_{*nm}, \quad w_{nm} = w_{nm}^{(2)} \Big|_{z=0}, \quad P_{1nm} = \sigma_{33nm}^{(1)} \Big|_{z=0} + \sigma_{33*nm}, \quad P_{2nm} = -\sigma_{33nm}^{(2)} \Big|_{z=0}; \quad (5)$$

$$\sigma_{12nm}^{(2)} \Big|_{z=0} = \sigma_{12nm}^{(1)} \Big|_{z=0} = 0, \quad \sigma_{13nm}^{(2)} \Big|_{z=0} = \sigma_{13nm}^{(1)} \Big|_{z=0} = 0, \quad \sigma_{23nm}^{(2)} \Big|_{z=0} = \sigma_{23nm}^{(1)} \Big|_{z=0} = 0.$$

При этом принимается, что $\sigma_{33} \Big|_{z=0} = p_* \Big|_{z=0}$, где $p_* = \frac{-i\omega \rho_c}{\sqrt{(x-x_*)^2 + (y-y_*)^2 + (z+d)^2}}$; x_*, y_*, d –

координаты источника.

Для задания значений напряжений и перемещений в набегающей волне решаем волновое уравнение в потенциалах с учетом значения нормального напряжения:

$$u_{1*nm} = \frac{x_* i \omega \rho_c R}{N r_*} \left(i k e^{-i k r_*} + \frac{k e^{-i k r_*}}{r_*} \right); \quad u_{2*nm} = \frac{y_* i \omega \rho_c R}{N r_*} \left(-i k e^{-i k r_*} - \frac{k e^{-i k r_*}}{r_*} \right); \quad (6)$$

$$u_{3*nm} = \frac{i \omega \rho_c d R}{N r_*} \left(-i k e^{-i k r_*} - \frac{k e^{-i k r_*}}{r_*} \right);$$

$$\sigma_{11*nm} = \sigma_{22*nm} = \sigma_{33*nm} = \frac{-i \omega \rho_c R}{r_*}. \quad (7)$$

Здесь

$$R = \frac{l_1 l_2 (1 - (-1)^n) (1 - (-1)^m)}{\pi^2 n m};$$

$$N = 3\lambda \left(-i e^{-i k \sqrt{x_*^2 + y_*^2 + d^2}} - \frac{e^{-i k \sqrt{x_*^2 + y_*^2 + d^2}}}{\sqrt{x_*^2 + y_*^2 + d^2}} \right) + 2\mu \left(-i e^{-i k \sqrt{x_*^2 + y_*^2 + d^2}} - \frac{e^{-i k \sqrt{x_*^2 + y_*^2 + d^2}}}{\sqrt{x_*^2 + y_*^2 + d^2}} \right).$$

Подставляя полученные значения констант и параметров набегающей волны в выражения для перемещений, получаем коэффициенты разложений в ряды перемещений в среде «2». Тогда на основании формул (1) становится возможным определить модуль виброускорения в зависимости от частоты набегающей волны.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект 18-58-00008).

Список литературы

- 1 Тимошенко, С. П. Пластины и оболочки / С. П. Тимошенко, С. Войновский-Кригер. – М. : Наука, 1966. – 636 с.
- 2 Волны в сплошных средах / А. Г. Горшков [и др.]. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2004. – 472 с.

ОБ ОДНОЙ ОБЩЕЙ ПРИЧИНЕ ЯВЛЕНИЙ ЗАПИРАНИЯ В ЧИСЛЕННЫХ МЕТОДАХ ТЕОРИИ ОБОЛОЧЕК

В. А. МАКСИМЮК

Институт механики им. С. П. Тимошенко НАН Украины, г. Киев

Цилиндрические оболочки некругового поперечного сечения представляют практический интерес в строительстве. С теоретической точки зрения расчет напряженно-деформированного состояния (НДС) таких оболочек при определенных нагрузках может быть тестом для численных методов. Одним из простейших тестов может быть одномерная задача [1] о деформировании под постоянным внутренним давлением длинной цилиндрической оболочки эллиптического поперечного сечения (фактически кольца), имеющая полуторастолетнюю историю. Эта задача позволила сформулировать некоторые общие выводы о точности численных методов теории оболочек.

Сеточные вычислительные методы механики оболочек на определенном этапе столкнулись с так называемой проблемой [2, 3] запирания (locking), проявляющейся в их замедленной, но, что важно, устойчивой сходимости. После дискретизации сеточные методы приводят к системе линейных алгебраических уравнений (СЛАУ). Математики и механики, в основном, по-разному объясняют причины запирания. Первые указывают на «некорректно поставленную задачу», на «плохо обусловленную матрицу», на «малые коэффициенты при старших производных», то есть на причины, лежащие в плоскости алгебры или дифференциальных уравнений. Вторые говорят о «жестких смещениях», «соотношении вклада в энергию различных деформаций», то есть указывают на причины, лежащие в плоскости механики.

На наш взгляд, существует общая причина запирания, которая лежит в плоскости вариационного исчисления. Обычно получению СЛАУ предшествует процедура варьирования определенного функционала. Варьироваться могут только независимые функции. Вследствие неудачного выбора системы координат, системы варьлируемых функций или некоторых особенностей деформирования конструкции между варьлируемыми функциями может возникнуть некоторая связь. Именно она приводит к вычислительному явлению запирания. Например, в показательной тестовой задаче о бездеформативном смещении кольца [4] между перемещениями в полярной системе координат возникает связь по теореме Пифагора, а в декартовой – ее нет. Применение сдвиговых моделей к тонким оболочкам также ведет к взаимосвязи между будто бы независимыми функциями, перемещениями и углами поворота, смысл которой – геометрическая часть гипотез Кирхгофа-Лява [4], что и является причиной сдвигового запирания. Мембранное запираение возникает в упомянутой задаче о деформировании под внутренним давлением длинной цилиндрической оболочки эллиптического сечения [1,5], в которой связь между перемещениями обусловлена малыми растяжениями при больших изгибах.

На первый взгляд, причины запирания в трех приведенных примерах совершенно разные. Так, в первом случае можно говорить о жестком смещении, но только в полярной системе координат и с нулевым вкладом деформаций в энергию. Во втором вырождается система дифференциальных уравнений с десятого до восьмого порядка при малом вкладе поперечного сдвига в энергию. А в третьем имеем малый вклад растяжений в энергию. Однако все приведенные примеры объединяет наличие связи в алгебраическом или дифференциальном виде между варьлируемыми функциями.

Особенно запираение проявилось в третьем случае [5]. Расчет НДС оболочки был выполнен вариационно-разностным методом на основе классического функционала Лагранжа. Для достижения сходимости в двух значащих цифрах в максимальных прогибах потребовалось четверть дуги эллипса (с небольшим, на первый взгляд, соотношением полуосей $b/a=0,9$) разбить на 2561 узловых точек.

Можно ожидать, что если эту же длинную цилиндрическую оболочку эллиптического поперечного сечения нагрузить так, чтобы изгибы уменьшились или стали нулевыми, то запираение

исчезнет. Такие поверхностные силы можно легко определить из уравнений равновесия, в которых задано отсутствие касательного перемещения и постоянный, пусть равный толщине, прогиб:

$$u = 0, \quad w = h.$$

Тогда касательная и нормальная составляющие поверхностной нагрузки на оболочку, отнесенную к криволинейной системе координат (s, z, γ) в которой координата γ направлена по нормали к поверхности, а s – длина дуги эллипса, будут определяться формулами

$$q_s = -wk' \frac{Eh}{1-\nu^2}, \quad q_\gamma = wk^2 \frac{Eh}{1-\nu^2}.$$

Здесь $k(s)$ – кривизна эллипса, k' – ее производная, которые определялись численно; E и ν – модуль упругости и коэффициент поперечной деформации материала. Очевидно, что компоненты нагрузки являются переменными по дуге эллипса и зависят от координаты s .

Расчет НДС оболочки выполнялся при таких параметрах: $h = 0,01$ м; $a = 1$ м; $b = 0,9$ м; $E = 210$ ГПа; $\nu = 0,3$. Расчеты показали, что при таком нагружении в оболочке возникает, как и ожидалось, практически безмоментное НДС. Окружные напряжения достигают максимального значения возле большой полуоси эллипса $\sigma_s = 288,5$ МПа; возле малой они уменьшаются до 209,8 МПа.

Отметим быструю сходимость по напряжениям. Так, для достижения сходимости в трех значащих цифрах достаточно было всего 6 узловых точек. При этом прогибы укладывались в интервал от 9,73 мм возле большой полуоси до 10,3 мм возле малой, т. е. отличались от точного значения $w = h = 10$ мм на 3 %. Касательные перемещения вследствие симметрии в указанных точках, естественно, были нулевыми, а в промежуточных областях они были почти на два порядка меньшими от прогибов, что сопоставимо с погрешностью последних. Отношение максимальной разности напряжений на внешней и внутренней поверхностях оболочки к напряжению в срединной поверхности не превышало 0,1 %, что позволяет оценить степень безмоментности НДС. Вместе с тем сходимость по прогибам менее быстрая. Так, сходимость в трех значащих цифрах была достигнута при разбиении дуги на 161 узловых точек.

Таким образом, в результате численного решения задачи о НДС оболочки под действием переменной нагрузки получены достоверные результаты при быстрой сходимости, что свидетельствует об отсутствии запирания. А в случае постоянного внутреннего давления при прочих равных условиях запираение имело место. Данный анализ подтверждает сформулированную ранее общую причину запираения в различных случаях. Соответственно существует общий метод преодоления запираения путем дополнительного варьирования заранее малых функций [4].

На первый взгляд, может показаться странным, что при одной и той же матрице СЛАУ сходимость зависит от правых частей. Однако, как уже было отмечено, проблема лежит не в алгебраической плоскости, а в плоскости вариационного исчисления. Хотя, действительно, есть аналогия между линейной зависимостью строк матрицы и связями между варьируемыми функциями.

Список литературы

- 1 **Абросов, Ю. Ю.** Деформування довгої тонкої циліндричної оболонки еліптичного перерізу / Ю. Ю. Абросов, В. А. Максимюк, В. С. Тарасюк // Вісник Запорізького національного університету. Фізико-математичні науки. – 2015. – № 2. – С. 5–10.
- 2 **Belytschko, T.** Nonlinear Finite Elements for Continua and Structures / T. Belytschko, W. K. Liu, B. Moran. – Chichester : John Wiley & Sons Ltd, 2000. – 660 p.
- 3 **Голованов, А. И.** Метод конечных элементов в статике и динамике тонкостенных конструкций / А. И. Голованов, О. Н. Тюленева, А. Ф. Шигабутдинов. – М. : Физматлит, 2006. – 392 с.
- 4 **Maksimyuk, V. A.** Variational Finite-difference Methods in Linear and Nonlinear Problems of the Deformation of Metallic and Composite Shells (review) / V. A. Maksimyuk, E. A. Storozhuk, I. S. Chernyshenko // Int. Appl. Mech. – 2012. – 48, No. 6. – P. 613–687.
- 5 **Abrosov, Yu.Yu.** Influence of Cross-Sectional Ellipticity on the Deformation of a Long Cylindrical Shell / Yu.Yu. Abrosov, V. A. Maksimyuk, I. S. Chernyshenko // Int. Appl. Mech. – 2016. – 52, No. 5. – P. 529–534.

**К ПОСТАНОВКЕ ЗАДАЧ О ДИНАМИЧЕСКОМ ПОВЕДЕНИИ СИСТЕМЫ
«ЦИЛИНДРИЧЕСКАЯ ОБОЛОЧКА ЭЛЛИПТИЧЕСКОГО СЕЧЕНИЯ –
ГРУНТОВАЯ СРЕДА ПРИ ИМПУЛЬСНЫХ НАГРУЗКАХ»**

В. Ф. МЕЙШ

Институт механики им. С. П. Тимошенко НАН Украины, г. Киев

Ю. А. МЕЙШ

Национальный транспортный университет, г. Киев, Украина

Рассматривается бесконечная полость эллиптического сечения в грунтовой среде (рисунок 1). Предполагается, что полость подкреплена цилиндрической оболочкой эллиптического сечения. Учитывая форму полости, для описания волновых процессов в грунтовой среде используется неортогональная система координат. Полагаем, что к поверхности подкреплённой полости прилагается нагрузка $P(r, \varphi)$, воздействующая на окружающую грунтовую среду.

Динамическая нагрузка $P(r, \varphi)$, которая воздействует на контур сечения, определяется согласно теории взрывных волн [2].

Грунт рассматривается согласно трехкомпонентной нелинейной модели грунтов (воздух, вода, твердая составляющая) [1, 2]. Уравнение состояния данной модели записываются в виде

$$\frac{\rho_0}{\rho} = \sum_{i=1}^3 \alpha_i \left[\frac{\gamma_i (P - P_0)}{\rho_{i0} c_{i0}^2} + 1 \right]^{-\chi_i}, \quad (1)$$

где $\chi_i = 1/\gamma_i$, γ_i – показатель изэнтропы i -й компоненты. Для уравнения состояния трехкомпонентной среды (водонасыщенного грунта) (1) вводятся следующие обозначения: α_i – содержание по объему компонент; ρ_{i0} – плотность; V_{i0} – их удельный объем; c_{i0} – скорость звука в компонентах при атмосферном давлении P_0 ; i – номер компоненты (1 – воздух, 2 – жидкость, 3 – твердые частички). При давлении $P = P_0$ плотность среды ρ_0 и удельный объем V_0 определяется по формулам

$$\rho_0 = \frac{1}{V_0} = \sum_{i=1}^3 \alpha_i \rho_{i0}, \quad \sum_{i=1}^3 \alpha_i = 1.$$

Оболочка рассматривается в рамках теории типа Тимошенко [5].

Таким образом, в дальнейшем рассматривается плоская задача о распространении нестационарных волн в грунтовой среде в обобщенной полярной системе координат [3]. Уравнения движения среды и оболочки задаются в параметрической форме:

$$x = a \cos \varphi, \quad y = b \sin \varphi, \quad (2)$$

где $a; b$ – полуоси эллиптического сечения; $r; \varphi$ – координаты поверхности (см. рисунок 1). Из соотношений (2) находим коэффициенты первой квадратичной формы поверхности согласно [4]. В физических величинах уравнения движения среды в неортогональной системе координат имеют вид

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial t} \left(\rho \frac{v_1}{\sqrt{a_{11}}} \right) + \frac{1}{\sqrt{g}} \frac{\partial}{\partial r} \left(\sqrt{g} \frac{T_{11}}{\sqrt{a_{11}} \sqrt{a_{11}}} \right) + \frac{1}{\sqrt{g}} \frac{\partial}{\partial \varphi} \left(\sqrt{g} \frac{T_{12}}{\sqrt{a_{11}} \sqrt{a_{22}}} \right) + \Gamma_{11}^1 \frac{T_{11}}{\sqrt{a_{11}} \sqrt{a_{11}}} + \\ + 2\Gamma_{12}^1 \frac{T_{12}}{\sqrt{a_{11}} \sqrt{a_{22}}} + \Gamma_{22}^1 \frac{T_{22}}{\sqrt{a_{22}} \sqrt{a_{22}}} = 0; \end{aligned} \quad (3)$$

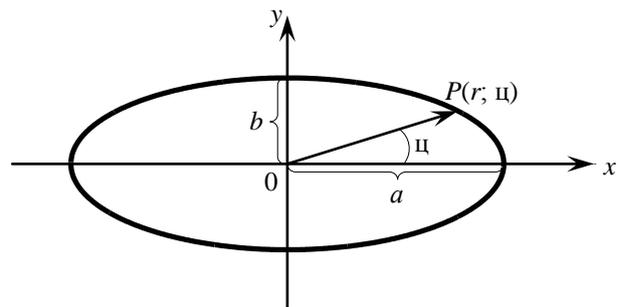


Рисунок 1

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial t} \left(\rho \frac{v_2}{\sqrt{a_{22}}} \right) + \frac{1}{\sqrt{g}} \frac{\partial}{\partial r} \left(\sqrt{g} \frac{T_{12}}{\sqrt{a_{22}} \sqrt{a_{11}}} \right) + \frac{1}{\sqrt{g}} \frac{\partial}{\partial \varphi} \left(\sqrt{g} \frac{T_{22}}{\sqrt{a_{22}} \sqrt{a_{22}}} \right) + \Gamma_{11}^2 \frac{T_{11}}{\sqrt{a_{11}} \sqrt{a_{11}}} + \\ + 2\Gamma_{12}^2 \frac{T_{12}}{\sqrt{a_{11}} \sqrt{a_{22}}} + \Gamma_{22}^2 \frac{T_{22}}{\sqrt{a_{22}} \sqrt{a_{22}}} = 0; \\ \frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{1}{\sqrt{g}} \frac{\partial}{\partial r} \left(\frac{\sqrt{g}}{\sqrt{a_{11}}} \rho v_1 \right) + \frac{1}{\sqrt{g}} \frac{\partial}{\partial \varphi} \left(\frac{\sqrt{g}}{\sqrt{a_{22}}} \rho v_2 \right) = 0. \end{aligned}$$

В уравнениях (3) учтено, что $\Gamma_{21}^1 = T_{21}^1$, $\Gamma_{21}^2 = \Gamma_{12}^2$, $T_{12} = T_{21}$. В уравнениях (3) введены следующие обозначения:

$$g = a_{11}a_{22} - a_{12}^2; \quad T_{11} = (\rho v_1^2 + P); \quad T_{22} = (\rho v_2^2 + P); \quad T_{12} = \rho v_1 v_2; \quad (4)$$

r ; φ – пространственные координаты; t – временная координата; $v_1(r, \varphi, t)$ – компонента вектора скорости v в направлении координаты r ; $v_2(r, \varphi, t)$ – компонента вектора скорости v в направлении координаты φ ; $\rho(r, \varphi, t)$ – плотность среды; $P(r, \varphi, t)$ – давление в среде; a_{ij} – коэффициент первой квадратичной формы; Γ_{ij}^k , ($i, j, k = 1; 2$) – символы Кристоффеля II рода, отвечающие за геометрию области S в неортогональной криволинейной системе координат [4].

Уравнения движения среды в контравариантных величинах в произвольной криволинейной системе координат (r ; φ) в тензорно-векторном виде принимаются согласно [4]. Предполагаемый алгоритм решения основывается на использовании разностных схем Мак – Кормака для численного решения динамических задач о поведении сжимаемой жидкости [6] и конечно – разностной аппроксимации уравнений колебаний оболочки [5].

Список литературы

- 1 Ляхов, Г. М. Волны в грунтах и пористых многокомпонентных средах / Г. М. Ляхов. – М. : Наука, 1982 – 286 с.
- 2 Механический эффект взрыва в грунтах / И. А. Лучко [и др.]. – Киев : Наук. думка, 1989. – 232 с.
- 3 Гуляев, В. И. Элементы теории поверхонь / В. И. Гуляев, I. В. Горбунович, Л. В. Гловач. – Київ : Нац. транспортний ун-т, 2011. – 239 с.
- 4 Кильчевский, Н. А. Основы тензорного исчисления с приложениями к механике / Н. А. Кильчевский. – Киев : Наук. думка, 1972. – 198 с.
- 5 Головки, К. Г. Динамика неоднородных оболочек при нестационарных нагрузках : [монография] / К. Г. Головки, П. З. Луговой, В. Ф. Мейш ; под ред. акад. НАН Украины А. Н. Гузя. – Киев : Изд.-полигр. центр «Киевский ун-т», 2012. – 541 с.
- 6 Флетчер, К. Вычислительные методы в динамике жидкостей. Т. 2 / К. Флетчер. – М. : Мир, 1991. – 526 с.

УДК 539.3

ПОСТРОЕНИЕ КОНЕЧНО-РАЗНОСТНЫХ СХЕМ ПОВЫШЕННОЙ ТОЧНОСТИ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ ТЕОРИИ КОНИЧЕСКИХ ОБОЛОЧЕК

В. Ф. МЕЙШ

Институт механики им. С. П. Тимошенко НАН Украины, г. Киев

Ю. А. МЕЙШ, В. М. МЕЛЬНИК

Национальный транспортный университет, г. Киев, Украина

Построение повышенной точности конечно-разностных схем основано на подходе нахождения приближенных решений по Ричардсону [1]. Рассмотрим уравнения колебаний конических оболочек в общем виде. Предполагается, что напряженно-деформированное состояние исходной оболочки можно описать в рамках теории оболочек типа Тимошенко [2]. В этом случае уравнения колебания имеют вид

$$\begin{aligned}
& \frac{1}{A_2} \frac{\partial}{\partial s_1} (A_2 T_{11}) - \frac{1}{A_2} \frac{dA_2}{ds_1} T_{22} + \frac{\partial S}{\partial s_2} = \rho h \frac{\partial^2 u_1}{\partial t^2}; \\
& \frac{1}{A_2} \frac{\partial}{\partial s_1} (A_2 S) + \frac{1}{A_2} \frac{dA_2}{ds_1} S + \frac{\partial T_{22}}{\partial s_2} + k_2 T_{23} = \rho h \frac{\partial^2 u_2}{\partial t^2}; \\
& \frac{1}{A_2} \frac{\partial}{\partial s_1} (A_2 T_{13}) + \frac{\partial T_{23}}{\partial s_2} - k_2 T_{22} + P_3(s_1, s_2, t) = \rho h \frac{\partial^2 u_3}{\partial t^2}; \\
& \frac{1}{A_2} \frac{\partial}{\partial s_1} (A_2 M_{11}) - \frac{1}{A_2} \frac{dA_2}{ds_1} M_{22} + \frac{\partial H}{\partial s_2} - T_{13} = \frac{\rho h^3}{12} \frac{\partial^2 \varphi_1}{\partial t^2}; \\
& \frac{1}{A_2} \frac{\partial}{\partial s_1} (A_2 H) + \frac{1}{A_2} \frac{dA_2}{ds_1} H + \frac{\partial M_{22}}{\partial s_2} - T_{23} = \frac{\rho h^3}{12} \frac{\partial^2 \varphi_2}{\partial t^2}.
\end{aligned} \tag{1}$$

В уравнениях (1) $s_1 = A_1 \alpha_1$, $s_2 = A_2 \alpha_2$ и t – пространственные и временная координаты; $A_1, A_2, \alpha_1, \alpha_2$ – соответственно, коэффициенты первой квадратичной формы и криволинейные координаты срединной поверхности оболочки; $u_1, u_2, u_3, \varphi_1, \varphi_2$ – компоненты обобщенного вектора перемещений срединной поверхности оболочки; ρ – плотность материала оболочки; $P_3(s_1, s_2, t)$ – внутренняя распределенная нагрузка. При исследовании процесса неосесимметричных колебаний конических оболочек использована система координат s_1, s_2, t , причем координата s_1 отсчитывается от вершины конуса. В некоторых случаях, в частности для усеченных конических оболочек, рационально применение координаты s_1 , которая отсчитывается от края оболочки. Коэффициенты первой квадратичной формы и кривизны координатной поверхности оболочки имеют вид $A_1 = 1, A_2 = R_s, k_1 = 0, k_2 = \cos \theta / R_s$, где θ – угол конусности; s_1 – текущая координата; $R_s = R_0 + s_1 \sin \theta, R_0$ – радиус оболочки при $s_1 = s_{10}$.

Для решения исходных уравнений применяется интегро-интерполяционный метод по пространственным координатам и явная аппроксимация по временной координате [2, 3]. Разностные уравнения имеют вид

$$\begin{aligned}
& \frac{1}{A_{2i}} \frac{(A_2 T_{11}^n)_{i+1/2, j} - (A_2 T_{11}^n)_{i-1/2, j}}{\Delta s_1} - \Psi_i T_{22i, j}^n + \frac{S_{i, j+1/2} - S_{i, j-1/2}}{\Delta s_2} = \rho h (s_{1i}) (u_{1i, j}^n)_{\bar{n}}; \\
& \frac{1}{A_{2i}} \frac{(A_2 S^n)_{i+1/2, j} - (A_2 S^n)_{i-1/2, j}}{\Delta s_1} + \Psi_i S_{i, j}^n + \frac{T_{22i, j+1/2}^n - T_{22i, j-1/2}^n}{\Delta s_2} + k_{2i} \frac{T_{23i, j+1/2}^n + T_{23i, j-1/2}^n}{2} = \rho h (s_{1i}) (u_{2i, j}^n)_{\bar{n}}; \\
& \frac{1}{A_{2i}} \frac{(A_2 T_{13}^n)_{i+1/2, j} - (A_2 T_{13}^n)_{i-1/2, j}}{\Delta s_1} + \frac{T_{23i, j+1/2}^n - T_{23i, j-1/2}^n}{\Delta s_2} - k_{2i} \frac{T_{22i, j+1/2}^n + T_{22i, j-1/2}^n}{2} + P_{3i, j}^n = \rho h (s_{1i}) (u_{3i, j}^n)_{\bar{n}}; \\
& \frac{1}{A_{2i}} \frac{(A_2 M_{11}^n)_{i+1/2, j} - (A_2 M_{11}^n)_{i-1/2, j}}{\Delta s_1} - \Psi_i \frac{M_{22i, j+1/2}^n + M_{22i, j-1/2}^n}{2} + \\
& + \frac{H_{i, j+1/2}^n - H_{i, j-1/2}^n}{\Delta s_2} - \frac{T_{13i+1/2, j}^n + T_{13i-1/2, j}^n}{2} = \frac{\rho h^3 (s_{1i})}{12} (\varphi_{1i, j}^n)_{\bar{n}}; \\
& \frac{1}{A_{2i}} \frac{(A_2 H^n)_{i+1/2, j} - (A_2 H^n)_{i-1/2, j}}{\Delta s_1} + \Psi_i \frac{H_{i, j+1/2}^n + H_{i, j-1/2}^n}{2} + \\
& + \frac{M_{22i, j+1/2}^n - M_{22i, j-1/2}^n}{\Delta s_2} - \frac{T_{23i, j+1/2}^n + T_{23i, j-1/2}^n}{2} = \frac{\rho h^3 (s_{1i})}{12} (\varphi_{2i, j}^n)_{\bar{n}}; \Psi_i = \left(\frac{1}{A_2} \frac{dA_2}{ds_1} \right) \Big|_i.
\end{aligned} \tag{2}$$

Если рассматривать цилиндрическую оболочку как частный случай уравнений (1), (2) в системе координат x, y, t , то такой подход приводит к точности аппроксимации $O[(\Delta x)^2 + (\Delta y)^2 + \tau^2]$, $\Delta x, \Delta y, \tau$ – разностные шаги по пространственным и временной координатам. В случае конических оболочек, за счет переменного шага по координате s_2 точность аппроксимации падает $\sim O[(\Delta s_1)^2 + \Delta s_2 + \tau^2]$, т. е. в общем разностная схема имеет первый порядок точности. Для построения разностной схемы более высокого порядка используется подход, основанный на нахождении приближенных решений по Рундону [1]. Причем при фиксированном разностном шаге по временной координате используется последовательность приближенных аппроксимаций по пространственным координатам s_1, s_2 (возможно, достаточно по координате s_2). При этом процедура экстраполяции осуществляется согласно формуле

$$\tilde{U}_{(\Delta s_1, \Delta s_2)}^n = \frac{4}{3} \bar{U}_{(\Delta s_1/2, \Delta s_2/2)}^n - \frac{1}{3} \bar{U}_{(\Delta s_1, \Delta s_2)}^n,$$

где $\bar{U}_{(\Delta s_1/2, \Delta s_2/2)}^n$ и $\bar{U}_{(\Delta s_1, \Delta s_2)}^n$ – численные решения уравнений колебаний (1) соответственно с дискретными шагами по пространственным координатам $\Delta s_1/2, \Delta s_2/2$ и $\Delta s_1, \Delta s_2$; $\bar{U} = (u_1, u_2, u_3, \varphi_1, \varphi_2)$. При этом, порядок аппроксимации данного подхода дает $\sim O[(\Delta s_1)^4 + (\Delta s_2)^2 + \tau^2]$.

Данный подход позволяет повысить порядок аппроксимации как по координате s_2 , так и по координате s_1 . Численные эксперименты подтвердили правоту данного подхода.

Список литературы

- 1 Марчук, Г. И. Методы вычислительной математики / Г. И. Марчук. – М. : Наука, Главная редакция физ.-мат. лит., 1980. – 536 с.
- 2 Головкин, К. Г. Динамика неоднородных оболочек при нестационарных нагрузках: [монография] / К. Г. Головкин, П. З. Луговой, В. Ф. Мейш ; под ред. акад. НАН Украины А. Н. Гузя. – Киев : Изд.-полигр. центр «Киевский ун-т», 2012. – 541 с.
- 3 Самарский, А. А. Теория разностных схем / А. А. Самарский. – М. : Наука, 1977. – 656 с.

УДК 621.534; 62.752, 629.4.015

ДИНАМИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ СВЯЗЕЙ В СОЕДИНЕНИЯХ ЭЛЕМЕНТОВ МЕХАНИЧЕСКИХ КОЛЕБАТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

А. С. МИРОНОВ

Иркутский государственный университет путей сообщения, Российская Федерация

Динамическое качество транспортных машин, высокая надежность, комфортные условия для взаимодействующего с техникой персонала играют большую роль в обеспечении конкурентоспособности продукции машиностроения в условиях современных экономических отношений [1, 2]. Создание современной техники является сложным комплексным процессом, циклы которого перемежаются исследованиями, расчетами, «экспериментами», что, в целом, приводит к увеличению объемов предпроектных и предварительных исследований, построенных на методах математического моделирования. При решении задач динамики машин учет вибрационных факторов часто создает затруднения в силу многофакторности проявлений динамических состояний, которые могут проявляться не только через кинематические, но и через силовые взаимодействия. Ряд вопросов этого направления рассмотрен в работах [3, 4].

В предлагаемой работе развивается метод определения динамических реакций, возникающих в механических колебательных системах, имеющих объект, динамическое состояние которого оценивается с учетом того, что объект отображается системой с двумя степенями свободы, имея возможность изменять конфигурацию системы.

1 Особенности подходов: расчетные схемы, математические модели. При динамическом взаимодействии элементов технических объектов, рассматриваемых как механические колебатель-

ные системы, часто является важным определением динамических реакций, возникающих в точках соединения элементов системы между собой, а также в контактах с массоинерционными телами и опорными поверхностями. Способ определения динамической реакции основан на преобразованиях исходных структурных схем, которые трансформируются таким образом, чтобы динамическая жесткость рассматриваемого соединения могла бы быть интерпретирована в виде соответствующей обратной отрицательной связи с последующим умножением ее параметра как динамической жесткости, на величину смещения (или угла поворота). Параметры смещения или изменения координат определяются из соответствующих передаточных функций.

На рисунке 1 в качестве примера показаны варианты предварительных преобразований расчетной схемы системы с двумя степенями свободы и выбора точек для определения динамических реакций [5, 6].

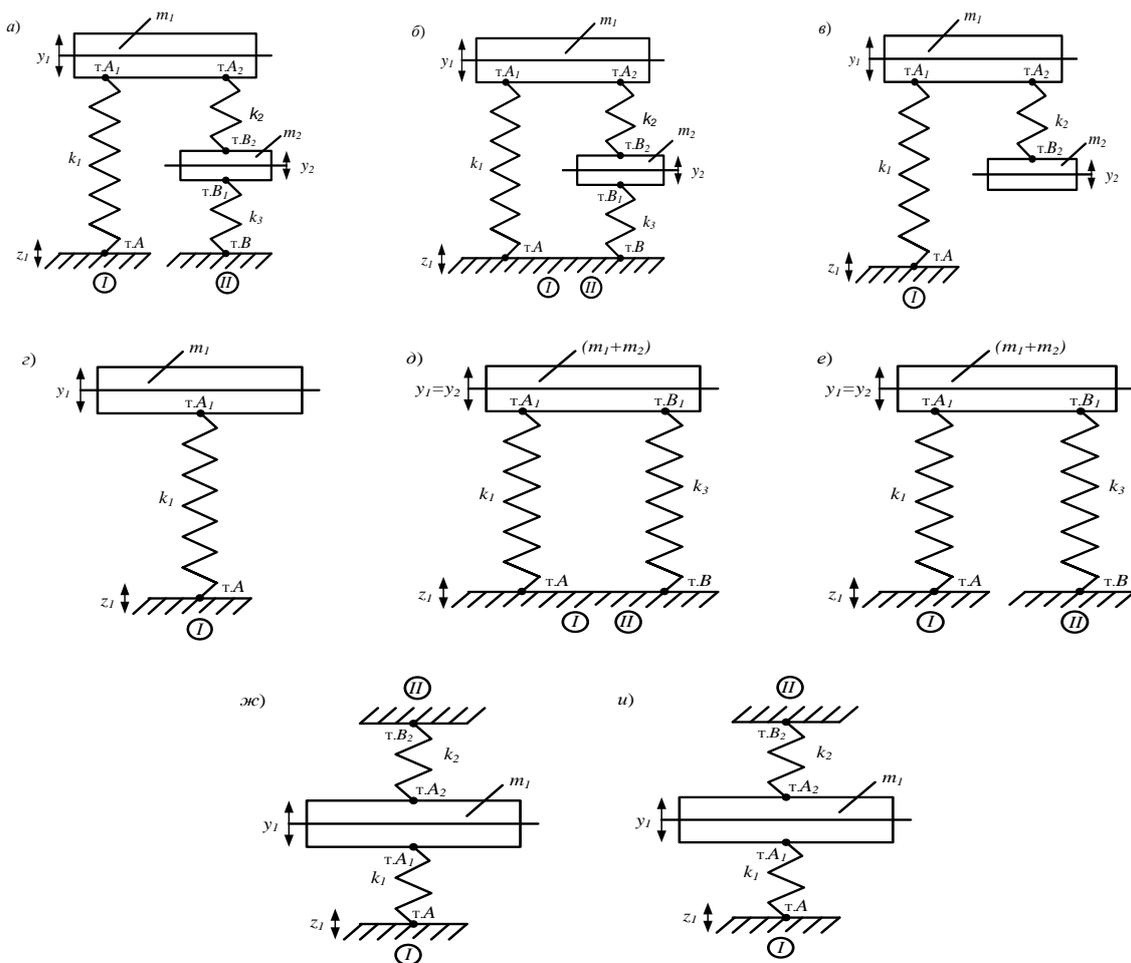


Рисунок 1 – Различные варианты расчетных схем:

- a* – разделенные опорные поверхности; *б* – объединенные опорные поверхности; *в* – отсутствуют точки *B* и *B*₁ ($k_3 = 0$);
- г* – разделенные опорные поверхности при $k_2 = 0$ и $k_3 = 0$; *д* – объединенные опорные поверхности при $k_2 \rightarrow \infty$ ($y_1 = y_2$);
- е* – разделенные опорные поверхности при $k_2 \rightarrow \infty$ ($y_1 = y_2$); *ж* – разделенные опорные поверхности при $k_3 \rightarrow \infty$;
- и* – разделенные опорные поверхности при $m_2 \rightarrow \infty$ и $k_3 \neq 0$ или $k_3 = 0$

При определении реакций связи используются подходы, изложенные в [1, 3]. Так, для т. *A* на рисунке 1, реакция определяется выражением

$$\bar{R}_A = k_1 \bar{y}_1 = \frac{k_1^2 \bar{z}_1 (m_2 p^2 + k_2 + k_3)}{A_0(p)}, \quad (1)$$

откуда следует возможность получения передаточной функции реакции связи по входному возмущению \bar{z}_1 :

$$W'_{\bar{R}_A} = \frac{\bar{R}_A}{\bar{z}_1} = \frac{k_1^2 (m_2 p^2 + k_2 + k_3)}{A_0(p)}. \quad (2)$$

Передаточная функция W'_{R_A} реакций связей может служить частотной динамической характеристикой, отражающей динамическое состояние системы. Динамическая реакция может принимать нулевое значение при $\bar{y}_1 = 0$, а также при нулевом значении динамической жесткости. Полная реакция системы имеет статическую и динамическую составляющие. Если сумма составляющих будет иметь отрицательное значение, то в контакте может произойти разъединение элементов, если связи элементов являются неудерживающими. Амплитудно-частотные характеристики системы при разных параметрах системы приведены на рисунке 2 [4].

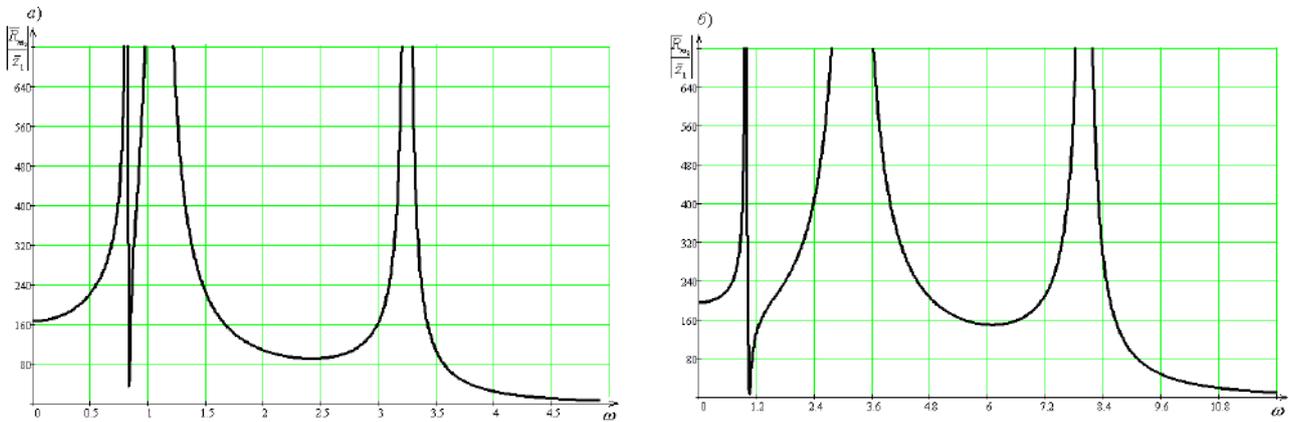


Рисунок 2 – Амплитудно-частотные характеристики системы для массо-инерционного элемента m_2 при различных значениях жесткости пружин k_2 ($m_1 = 1000$ кг, $m_2 = 200$ кг, $k_1 = 200$ Н/м, $k_3 = 1000$ Н/м):
а – при $k_2 = 1000$ Н/м; б – при $k_2 = 10000$ Н/м

2 Особенности динамических свойств. Динамический анализ заключается в оценке отношения динамических реакций в различных точках систем и др. Динамическое состояние технического объекта в более детализированной форме может быть оценено на основе анализа особенностей свойств характеристического частотного уравнения. Автором показано, что при соответствующих преобразованиях характеристическое уравнение можно рассматривать как уравнение кинестатики по отношению к определенному массо-инерционному элементу.

В [5, 6] представлены результаты сравнительных исследований динамических свойств систем с двумя степенями свободы с различными видами движения объекта, что отражается на особенностях межпарциальных связей. Предложен и развит графоаналитический метод определения частот собственных колебаний системы на основе преобразования характеристического частотного уравнения, что позволяет получать решения в различных системах координат.

Таким образом, динамические реакции связи также могут служить характеристиками динамического состояния системы, как и кинематические параметры; однако в их трактовке наблюдаются различия в связи с тем, что динамические реакции связей определяются произведением динамической жесткости на динамическое смещение [2, 3].

Список литературы

- 1 Лонцих, П. А. Динамическое качество машин и оборудования как инструмент обеспечения надежности производства и конкурентоспособности процессов / П. А. Лонцих, С. В. Елисеев. – Иркутск : НИ ИргТУ, 2014. – 322 с.
- 2 Доронин, С. В. Моделирование прочности и разрушения несущих конструкций технических систем / С. В. Доронин, А. М. Лупехин, В. В. Москвичев, Ю. И. Шокин. – Новосибирск : Наука, 2005. – 250 с.
- 3 Кашуба, В. Б. Динамические реакции в соединениях элементов механических колебательных систем / В. Б. Кашуба, С. В. Елисеев, Р. С. Большаков. – Новосибирск : Наука, 2017. – 331 с.
- 4 Елисеев, А. В. Динамика вибрационных взаимодействий элементов технологических систем с учетом неудерживающих связей / А. В. Елисеев, В. В. Сельвинский, С. В. Елисеев. – Новосибирск : Наука, 2015. – 332 с.
- 5 Eliseev, S. V. Approaches to estimation of features of vibration fields at the interaction of working environment with working body of technological machines / S. V. Eliseev, A. V. Eliseev, A. S. Mironov // OPEN INNOVATION : сб. статей IV Междунар. науч.-практ. конференции. – 2018. – С. 50–61.
- 6 Dynamic reactions of constraints in mechanical oscillatory systems: methods for determining and taking into account the characteristics of external excitation / R. S. Bolshakov [et al.] // WORLD SCIENCE: PROBLEMS AND INNOVATIONS : сб. статей XX Междунар. науч.-практ. конференции : в 2 ч. – Пенза, 2018. – С. 63–75.

НЕСТАЦИОНАРНОЕ ДВИЖЕНИЕ СФЕРИЧЕСКОЙ ОБОЛОЧКИ С СИСТЕМОЙ ВНУТРЕННИХ ОСЦИЛЛЯТОРОВ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ВНЕШНЕГО ДАВЛЕНИЯ

Е. Ю. МИХАЙЛОВА, Г. В. ФЕДОТЕНКОВ

Московский авиационный институт (НИИ), Российская Федерация

Д. В. ТАРЛАКОВСКИЙ

НИИ механики МГУ им. М. В. Ломоносова, г. Москва, Российская Федерация

Исследуется нестационарное движение тонкой сферической оболочки толщиной h и радиусом R с системой осцилляторов под действием внешнего давления p , симметрично распределенного относительно ее оси в начальный момент времени $\tau = 0$ (рисунок 1).

Математическая модель динамического процесса включает в себя (все соотношения приведены в безразмерной форме, все линейные величины отнесены к радиусу оболочки):

– уравнения движения оболочки типа уравнений С. П. Тимошенко [1]:

$$\ddot{\mathbf{w}} = \mathbf{L}\mathbf{w} + \mathbf{p}, \quad \mathbf{w} = (u, w, \chi)^T; \quad \mathbf{L} = (L_{ij})_{3 \times 3}; \quad \mathbf{p} = (0, p, 0)^T; \quad (1)$$

$$L_{11} = \left(\frac{\partial^2}{\partial \theta^2} + \text{ctg} \theta \frac{\partial}{\partial \theta} \right) + \eta^2 (2 - k^2) - \frac{1}{\sin^2 \theta};$$

$$L_{12} = \left[2(1 - \eta^2) + \eta^2 k^2 \right] \frac{\partial}{\partial \theta}, \quad L_{13} = -\gamma^2 \left(\frac{\partial^2}{\partial \theta^2} + \text{ctg} \theta \frac{\partial}{\partial \theta} - \frac{1}{\sin^2 \theta} \right) + \eta^2 k^2;$$

$$L_{21} = - \left[2(1 - \eta^2) + \eta^2 k^2 \right] \left(\frac{\partial}{\partial \theta} + \text{ctg} \theta \right), \quad L_{22} = \eta^2 k^2 \left(\frac{\partial^2}{\partial \theta^2} + \text{ctg} \theta \frac{\partial}{\partial \theta} \right) - 4(1 - \eta^2);$$

$$L_{23} = \eta^2 k^2 \left(\frac{\partial}{\partial \theta} + \text{ctg} \theta \right), \quad L_{31} = \gamma^{-2} L_{13}, \quad L_{32} = -\eta^2 k^2 \gamma^{-2} \frac{\partial}{\partial \theta}, \quad L_{33} = -\gamma^{-2} L_{13}, \quad k^2 = \frac{5}{6},$$

где u , w , χ – тангенциальные, нормальные перемещения и угол поворота сечения, нормального к срединной поверхности за счет сдвиговых деформаций; $\eta = c_2/c_1$; c_1 , c_2 – скорости распространения волн растяжения-сжатия и сдвига в материале оболочки; точками обозначены производные по безразмерному времени $\tau = c_1 t/R$; t – размерное время;

– уравнение движения осциллятора

$$\ddot{u}_* + c^2 (u_* - w_*) = 0, \quad P(\tau) = u_* - w_*, \quad w_*(\tau) = w(\theta_*, \tau), \quad (2)$$

где $c^2 = c'R^2/c_1^2 m$, $P = P'/cR$; c' – размерная жесткость пружины; m – масса осциллятора; P' – размерная сила, действующая на оболочку со стороны осциллятора; u_* – радиальное смещение осциллятора относительно его точки крепления к оболочке; w_* – нормальные перемещения оболочки в точке крепления осциллятора;

– начальные условия:

$$u|_{\tau=0} = w|_{\tau=0} = \chi|_{\tau=0} = 0, \quad \dot{u}|_{\tau=0} = \dot{w}|_{\tau=0} = \dot{\chi}|_{\tau=0} = 0, \quad u_*|_{\tau=0} = \dot{u}_*|_{\tau=0} = 0. \quad (3)$$

Для решения данной задачи получено разрешающее уравнение, базирующееся на принципе суперпозиции [2]:

$$w(\theta, \tau) = 2\pi \int_0^\tau \int_0^\pi G(\theta, \xi, \tau - t) p(\xi, t) \sin \xi d\xi dt, \quad (4)$$

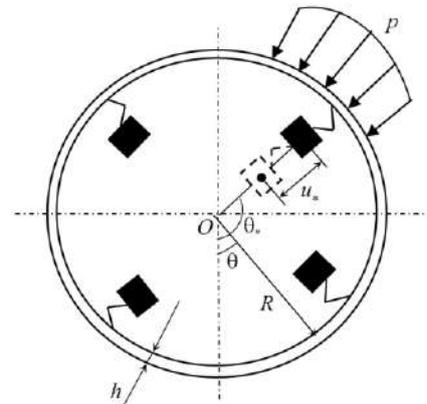


Рисунок 1

где G – функция влияния для сферической оболочки с системой внутренних осцилляторов, представляющая собой нормальные перемещения как решение системы (1), (2) при однородных начальных условиях и внешнем давлении вида $p = \delta(\tau)\delta(\theta - \xi)$, где $\delta(\tau)\delta(\theta - \xi)$ – дельта-функция Дирака.

Для решения уравнения (4) используется преобразование Лапласа

$$w^L(\theta, s) = 2\pi \int_0^\pi G^L(\theta, \xi, s) p^L(\xi, s) \sin \xi d\xi. \quad (5)$$

Функцию G^L имеет вид

$$G^L(\theta, \xi, s) = G_2^L(\theta, \xi, s) - 2\pi s^2 (s^2 + c^2)^{-1} G_*^L(\xi, s) G_2^L(\theta, \theta_*, s) \sin \theta_*; \quad G_*^L(\xi, s) = G^L(\theta_*, \xi, s); \quad (6)$$

$$G_*^L(\xi, s) = G_2^L(\theta_*, \xi, s) \left(1 + 2\pi \frac{s^2}{s^2 + c^2} G_2^L(\theta_*, \theta_*, s) \sin \theta_* \right)^{-1}.$$

Здесь $G_2^L(\theta, \xi, s)$ – изображение функции влияния для оболочки без учета действия осцилляторов [3], $G_*^L(\xi, s)$ – изображение функции влияния для оболочки с учетом действия осциллятора, закрепленного в точке с угловой координатой $\theta = \theta_*$.

Далее, подставляя (6) в (5), находим изображение нормальных перемещений оболочки $w^L(\theta, s)$ с учетом действия внутренних осцилляторов и внешнего давления p . Проводя обратное преобразование Лапласа, получаем функцию $w(\theta, \tau)$.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект 16-08-00260 А).

Список литературы

- 1 **Mikhailova, E. Yu.** Transient contact problem for liquid filled concentric spherical shells and a rigid barrier / E. Yu. Mikhailova, D. V. Tarlakovskii, G. V. Fedotenkov // Proceedings of the First International Conference on Theoretical, Applied and Experimental Mechanics. – Paphos, Cyprus. – June 17–20. – 2018. – P. 38–391.
- 2 **Горшков, А. Г.** Динамические контактные задачи с подвижными границами / А. Г. Горшков, Д. В. Тарлаковский. – М.: Наука. Физматлит, 1995. – 352 с.
- 3 **Михайлова, Е. Ю.** Нестационарный контакт сферической оболочки и упругого полупространства [Электронный документ] / Е. Ю. Михайлова, Д. В. Тарлаковский, Г. В. Федотенков // Труды МАИ. – 2014. – № 78. – Режим доступа : <http://www.mai.ru/upload/iblock/540/540b786eac60d751a2e5f5b8f745d731.pdf>. – Дата доступа : 20.05.2018.

УДК 539.3

ПРОБЛЕМЫ РАСЧЕТА ДЕТАЛЕЙ СОПРЯЖЕНИЯ ИЗ КОМПОЗИТОВ В ТРИБОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

В. В. МОЖАРОВСКИЙ

Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины, Республика Беларусь

Краткий обзор литературы. В настоящее время имеется достаточно большой опыт эксплуатации деталей сопряжения (подшипников скольжения, опор трения, зубчатых колес и т. д.) из композиционных материалов на основе вязкоупругих тканей, стеклянных волокон и других армирующих наполнителей. Однако возрастающие потребности современной инженерной практики требуют создания аналитических и численных методов расчета этих узлов.

Из анализа научно-технической литературы можно сделать вывод о возрастающем интересе к проблеме использования волокнистых композиционных материалов в узлах трения.

Эта проблема является не только актуальной в области механики, но и в других отраслях науки и техники (авиационного, энергетического и космического машиностроения) при разработках инженерных методик расчета сложных конструкций из различных материалов. Коснемся некоторых аспектов исследований в этом направлении. В последнее время предложено ряд математических и физических моделей. Так, в [1] предложена физико-математическая модель, описывающая деформирование и разрушение функционально-градиентных материалов. Математическая модель контакта между цилиндром и функционально-градиентным полупространством представлен Giannakopoulos и Pallot в [2], а трибологические аспекты жесткого штампа подложки в покрытиях были изучены Гюлер и Эрдоган [3].

Модели контактного взаимодействия волокнистых материалов в трибосистемах. Прежде чем сделать расчет узлов трения из гетерогенных волокнистых материалов, необходимо выбрать оптимальные модели расчета, разработать схему решений. Следует отметить, что сейчас достигнут значительный прогресс не только в исследованиях механического поведения и прочности композитов, но и в методах получения исходных материалов, способах их обработки, разработке структуры композитов. Это позволило разработать такие композиты, которые могут быть использованы для узлов трибосопряжений, обеспечивающих требуемые износостойкость и жесткость (прочность).

Особое значение приобретает изменение коэффициента трения КМ в зависимости от содержания, свойств волокон и матрицы. Необходимо уметь предсказать (прогнозировать) трибомеханическое поведение в зависимости от модулей упругости отдельных компонентов. Следует учитывать, что если волокна идеально однородны и геометрические характеристики или свойства образующего их материала не изменяются, то трибохарактеристики композита должны непосредственно определяться свойствами материала волокон. Требуется найти оптимальную ориентацию арматуры и создать оптимальный проект, т. е. спроектировать конструкцию, имеющую минимальный коэффициент трения (износ) и массу. Конструкция должна быть изготовлена из композита на основе волокон, которые в заданных условиях имеют лучшие характеристики. В качестве другого критерия, т.е. целевой функции, может быть стоимость материала.

Необходимо исследовать вопрос о том, имеет ли какие-либо преимущества конструкция, армированная волокнами так, что ее упругие характеристики можно считать изотропными, по сравнению с конструкцией, армированной волокнами, уложенными в одном определенном направлении (например, ортотропия или трансверсально-изотропия). При этом важно знать, какая из схем армирования используется наиболее эффективно.

Приведенный ранее обзор современных исследований в области контактного взаимодействия в узлах трения из волокнистых композиционных материалов [5] показывает необходимость создания новых математических моделей, учитывающих расположение волокон в контактирующих телах и их влияния на коэффициент трения.

Разработка инженерных методов расчета деталей машин из функционально-градиентных композиционных материалов. В настоящее время создание функционально-градиентных материалов (ФГМ) является перспективным направлением в машиностроении. Технология ФГМ позволяет получать материалы с заданными, различными по объему свойствами. Возьмем, например, создание и расчет зубчатых колес из нового класса ФГМ. Существуют новые технологии создания зубчатых колес, такие как прямое лазерное плавления (DLM), вид процесса – сканирование 3D, метод основан на построении послойного плавления металлического порошка с лазерного сканирования. DLM может непосредственно создать модели – сложные металлические части без использования каких-либо форм и инструментов [4].

Инженерный метод расчета зубьев зубчатых колес из композиционных функционально-градиентных материалов. Для расчета зубчатых колес из волокнистых композитов следует учитывать все теоретические и экспериментальные исследования, касающиеся определения зоны контакта при взаимодействии цилиндрических волокнистых элементов (зубьев колес из слоистых и функционально-градиентных материалов), определения максимальных и касательных напряжений с учетом свойств материала, объема содержания волокон в матрице и температуры. Представлены математические модели расчета зубчатых колес из волокнистых композитов.

Список литературы

- 1 Герасимов, А. В. Численное моделирование деформирования и разрушения функционально градиентных пористых материалов при взрывном и ударном нагружении / А. В. Герасимов, Р. А. Кректулева // Механика композиционных материалов и конструкций. – 1999. – Т. 5, № 3. – С. 94–106.
- 2 Giannakopoulos, A. E. Two-dimensional contact analysis of elastic graded materials / A. E. Giannakopoulos, P. Pallot // J. Mech. Phys. Solids. – 2000. – No. 48. – P. 1597–1631.
- 3 Guler, M. A. The frictional sliding contact problems of rigid parabolic and cylindrical stamps on graded coatings / M. A. Guler, F. Erdogan // Int. J. Mech. Sci. – 2007. – No. 49. – P. 161–182.
- 4 Sang-Wook Han, Won-Jong Ji, Young-Hoon Moon Hindawi // Publishing Corporation Advances in Mechanical Engineering. – 2014. – Article ID 618464. – P. 1155–1161.
- 5 Choi, S. H. A topological hierarchy-based approach to layered manufacturing of functionally graded / S. H. Choi, H. H. Cheung // Multi-material objects Computers in Industry. – 2009. – Vol. 60. – No. 5. – P. 349–363.

РЕАЛИЗАЦИЯ РАСЧЕТА ИНДЕНТИРОВАНИЯ ПОКРЫТИЙ НА УПРУГОМ ОСНОВАНИИ

В. В. МОЖАРОВСКИЙ, Д. С. КУЗЬМЕНКОВ, М. В. КУЛАГИНА

Гомельский государственный университет им. Франциска Скорины, Республика Беларусь

Основная задача исследования заключается в разработке алгоритма для построения и создания программ реализации расчетов индентирования покрытий на упругом основании. Индентирование может осуществляться коническим, шаровым индентором. Необходимо найти связь между глубиной вдавливания и действующим усилием. Задача значительно усложняется, если покрытие или основание имеют анизотропные механические свойства. На основании представленной математической модели расчета давления при действии инденторов для изотропного случая [1] построена схема реализации расчета для трансверсально-изотропных покрытий. Аналогично получены зависимости для трансверсально-изотропного и ортотропного покрытия при вдавливании цилиндра и шара, в частности, некоторые подходы представлены в [2]. Общая задача сводится к решению интегрального уравнения вида

$$H(\tau) - \frac{1}{\pi} \int_0^1 [k(x+\tau) + k(x-\tau)] H(x) dx = f(\tau),$$

где $f = 1 - \gamma \tau \frac{\ln(1+\tau\rho) - \ln(1-\tau\rho)}{\ln(1+\rho/\gamma) - \ln(1-\rho/\gamma)}$ – для сферического индентора; $\rho = a/R$, $E_{11} = E_{33}$; $\gamma = a/a_h$.

Математическая модель решения интегрального уравнения. Для решения задачи составлен алгоритм решения интегрального уравнения и протестирован. Рассмотрим интегральное уравнение Фредгольма второго рода

$$y(x) - \lambda \int_{-1}^1 k(x,s) y(s) ds = f(x),$$

где $-1 \leq x, s \leq 1$; λ – заданный параметр; $f(x)$ – заданная функция; $y(x)$ – неизвестная функция. Будем рассматривать несингулярные интегральные уравнения, т. е. ядро $k(x,s)$ непрерывно и ограничено.

Для численного решения уравнения:

$$H(\tau) - \frac{1}{\pi} \int_0^1 [k(x+\tau) + k(x-\tau)] H(x) dx = f(\tau)$$

применяем метод разложения по многочленам Чебышева. Здесь $H(x)$ – неизвестная функция, определяющая давления под индентором (см., например, [1]).

Ядро $k(\tau, s)$ определяется путём интегрирования следующего уравнения:

$$K(u) = \frac{a}{t} \int_0^\infty g(w) \cos\left(uw \frac{a}{t}\right) dw,$$

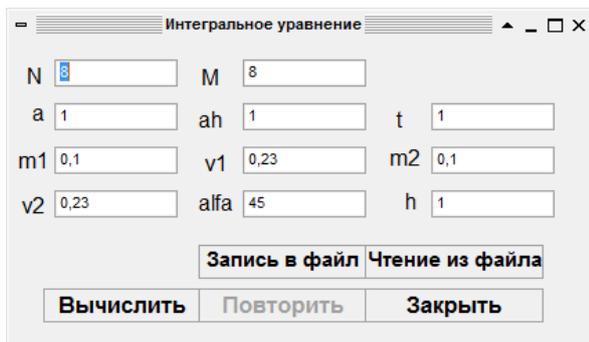


Рисунок 1 – Главное окно программы

где функция $g(w)$ определяется в зависимости от упругих свойств рассматриваемого покрытия и основания. Так, для ортотропного покрытия можно определять по методике [3], а для изотропного покрытия – по [1].

Был разработан алгоритм и создана программа, реализующая решение интегрального уравнения Фредгольма второго рода методом разложения по многочленам Чебышева. Главное окно разработанной программы представлено на рисунке 1.

Полученные результаты выводятся в виде таблицы. Для проверки полученных результатов вычисленные программой значения $H(\tau)$ подставляем в левую часть исследуемого интегрального уравнения и проводим численное интегрирование. Программа также была протестирована для расчета покрытия в случае изотропного материала.

Список литературы

- 1 **Нан, S. M.** Determining hardness of thin films in elastically mismatched film-on-substrate systems using nanoindentation / Seung Min Han, Ranjana Saha, William D. Nix // *Acta Materialia*. –2006. – No. 54. – P. 1571–1581.
- 2 **Можаровский, В. В.** О контактном взаимодействии жесткого индентора с армированным резиновым слоем с учетом явлений вязкоупругости / В. В. Можаровский // *Полимерные материалы и технологии*. – 2017. – Т. 3, № 2. – С. 70–79.
- 3 **Можаровский, В. В.** Прикладная механика слоистых тел из композитов / В. В. Можаровский, В. Е. Старжинский. – Минск : Наука, 1988. – 280 с.

УДК 539.3

ТЕРМОСИЛОВОЕ ОСЕСИММЕТРИЧНОЕ НАГРУЖЕНИЕ КРУГОВОЙ ПЛАСТИНЫ В СВОЕЙ ПЛОСКОСТИ

А. В. НЕСТЕРОВИЧ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

При осесимметричном растяжении-сжатии тангенциальная нагрузка отсутствует ($p_{\tau} = 0$), а радиальная или постоянна, или не зависит от ρ , т. е. $p_r = p_r(r)$. Первое уравнение системы принимает вид

$$a_1 \left(u_{r,rr} + \frac{u_{r,r}}{r} - \frac{u_r}{r^2} \right) = -p_r. \quad (1)$$

Его решением будет

$$u_r = C_1 r + \frac{C_2}{r} - \frac{1}{a_1 r} \int_0^r \int_0^r p_r dr dr. \quad (2)$$

Константы интегрирования C_1, C_2 следуют из граничных условий. В центре сплошной пластины перемещение должно быть конечным, поэтому $C_2 = 0$. Если внешний контур пластины $r = r_0$ закреплён, то $u_r|_{r=r_0} = 0$, и из предыдущего выражения следует

$$C_1 = \frac{1}{a_1 r_0^2} \int_0^{r_0} \int_0^{r_0} p_r dr dr.$$

При осесимметричном кручении радиальная нагрузка отсутствует $p_r = 0$, а тангенциальная или постоянна, или не зависит от ρ , т. е. $p_{\tau} = p_{\tau}(r)$. Второе уравнение системы (1) принимает вид

$$a_5 \left(u_{\varphi,rr} + \frac{u_{\varphi,r}}{r} - \frac{u_{\varphi}}{r^2} \right) = -p_{\varphi}. \quad (3)$$

Решение соответствующего однородного уравнения будет

$$u_{\varphi} = Ar^{\sqrt{2}} + Br^{-\sqrt{2}}.$$

Общее решение неоднородного уравнения (3) получим методом вариации произвольных постоянных:

$$u_{\varphi} = A(r)r^{\sqrt{2}} + B(r)r^{-\sqrt{2}}.$$

Параметры $A(r), B(r)$ определяются из системы уравнений

$$\begin{cases} A_{,r} r^{\sqrt{2}} + B_{,r} r^{-\sqrt{2}} = 0 \\ \sqrt{2}A_{,r} r^{\sqrt{2}-1} - \sqrt{2}B_{,r} r^{-\sqrt{2}-1} = -p_{\varphi} \end{cases}.$$

В результате имеем

$$A(r) = -\frac{\sqrt{2}}{4} \int_0^r p_{\varphi} r^{1-\sqrt{2}} dr + C_3; \quad B(r) = \frac{\sqrt{2}}{4} \int_0^r p_{\varphi} r^{1+\sqrt{2}} dr + C_4.$$

Подставив последние выражения в предыдущие, получим общее решение неоднородного уравнения

$$u_{\varphi} = C_3 r^{\sqrt{2}} + C_4 r^{-\sqrt{2}} + \frac{\sqrt{2}}{4} \left(r^{-\sqrt{2}} \int_0^r p_{\varphi} r^{1+\sqrt{2}} dr - r^{\sqrt{2}} \int_0^r p_{\varphi} r^{1-\sqrt{2}} dr \right). \quad (4)$$

Константы интегрирования следуют из граничных условий. В центре сплошной пластины перемещение должно быть конечным, поэтому $C_4 = 0$. Если внешний контур пластины $r = r_0$ закреплен, то $u_{\varphi}|_{r=r_0} = 0$, и из (4) следует

$$C_3 = -\frac{\sqrt{2}}{4} \left(r_0^{-2\sqrt{2}} \int_0^{r_0} p_{\varphi} r_0^{1+\sqrt{2}} dr - \int_0^{r_0} p_{\varphi} r_0^{1-\sqrt{2}} dr \right).$$

Следствие 1. При постоянных нагрузках p_r, p_{φ} из решений (1), (4) для сплошной пластины получим перемещения:

$$u_r = C_1 r - \frac{p_r r^2}{3a_1}, \quad u_{\varphi} = C_3 r^{\sqrt{2}} - \frac{p_{\varphi}}{2a_5} r^2.$$

где константы интегрирования C_1, C_3 определяются выражениями приведенными выше, и при закреплённом контуре будут

$$C_1 = \frac{p_r r_0}{3a_1}, \quad C_3 = \frac{p_{\varphi}}{2a_5} r_0^{2-\sqrt{2}}.$$

При равномерном растяжении-сжатии деформации и напряжения вычисляются по формулам:

$$\varepsilon_{rr} = \frac{\partial u_r}{\partial r} = C_1 - \frac{2p_r r}{3a_1} = \frac{p_r}{3a_1} (r_0 - 2r); \quad \varepsilon_{\varphi\varphi} = \frac{u_{\varphi}}{r} = C_1 - \frac{p_r r}{3a_1} = \frac{p_r}{3a_1} (r_0 - r);$$

$$\sigma_{rr} = K^+ \varepsilon_{rr} + K^- \varepsilon_{\varphi\varphi} - 3K\alpha_0 T = \frac{p_r}{3a_1} [K^+ (r_0 - 2r) + K^- (r_0 - r)] - 3K\alpha_0 T;$$

$$\sigma_{\varphi\varphi} = K^+ \varepsilon_{\varphi\varphi} + K^- \varepsilon_{rr} - 3K\alpha_0 T = \frac{p_r}{3a_1} [K^+ (r_0 - r) + K^- (r_0 - 2r)] - 3K\alpha_0 T.$$

Следствие 2. При нагрузках rp_r, rp_{φ} ($p_r, p_{\varphi} = \text{const}$), линейно зависящих от радиуса, из решений (1), (4) для сплошной пластины с заделанным контуром получим следующие перемещения:

$$u_r = C_1 r - \frac{p_r r^3}{8a_1}; \quad u_{\varphi} = C_3 r^{\sqrt{2}}, \quad (5)$$

где константы интегрирования C_1, C_3 следуют из условия равенства нулю перемещений на контуре:

$$C_1 r_0 = \frac{p_r r_0^3}{8a_1}; \quad C_3 = 0.$$

Отметим, что с помощью решения (5) можно моделировать перемещения во вращающемся диске, где радиальная сила инерции пропорциональна радиальной координате рассматриваемой точки.

Следствие 3. При совместном осесимметричном растяжении и кручении пластины силами p_r, p_{φ} в ее плоскости перемещения u_r, u_{φ} в силу принципа суперпозиции и ортогональности нагрузок определяются формулами (1), (4).

Замечание. Для пластин кольцевой формы константы C_2, C_4 определяется из граничного условия на внутреннем контуре.

Численные результаты получены при постоянных нагрузках $p_r = 10^8$ Па, $p_{\varphi} = 10^8$ Па при трех различных конструкционных материалах пластины: нитридкремниевая конструкционная керамика (НКККМ), дюралюминий (сплав Д16Т), политетрафторэтилен (фторопласт-4). Расчеты производятся при температурах $T_1 = 293$ К, $T_2 = 343$ К, $T_3 = 393$ К.

При изменении температуры в принятых пределах радиальное u_r и тангенциальное u_{φ} перемещения в керамической пластине не изменяются, т. к. термозависимость материала наступает при $T > 1273$ К. В дюралюминиевой пластине при повышении температуры на 50° перемещения увеличиваются на 3,5 %, при изменении на 100° происходит увеличение на 7 %. Во фторопластовой пластине соответствующее повышение температуры вызывает увеличение перемещений на 100 и 240 % соответственно.

Следует отметить, что изменение перемещений вызваны только зависимостью упругих модулей материалов от температуры.

По распределению радиальных u_{rr} и тангенциальных $u_{\theta\theta}$ напряжений приходим к результатам: с ростом температуры материалы стесненных по контуру пластин расширяются, поэтому напряжения сдвигаются в отрицательную область, увеличиваясь по модулю для керамики и дюралюминия примерно на 114 и 227 %. В полимерной пластине соответствующее изменение напряжений несущественно.

Следует отметить, что радиальные u_{rr} напряжения несколько больше по величине тангенциальных $u_{\theta\theta}$.

УДК 621.534; 62.752, 629.4.015

О РАСШИРЕНИИ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СТРУКТУРНОГО МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ЗАДАЧАХ ДИНАМИКИ ТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

А. В. НИКОЛАЕВ

Иркутский государственный университет путей сообщения, Российская Федерация

Обеспечение надежности работы технических и транспортных машин в условиях интенсивного динамического нагружения связано с развитием методов математического моделирования, в частности, методов, основанных на структурных интерпретациях, что нашло отражение в работах [1, 2]. Возможности интерпретации механических колебательных систем в виде структурных схем эквивалентных в динамическом отношении систем автоматического управления, позволяет использовать ряд понятий, связанных с отображением динамических жесткостей систем, и ее фрагментов, межпарциальных связей, передаточных функций и др.

В предлагаемом докладе рассматриваются вопросы детализации технологических приемов построения структурных математических моделей технических объектов с целью учета особенностей возникновения динамических эффектов.

1 Структурная математическая модель, технология преобразований. Математическая модель выстраивается на основе рекомендаций, изложенных в [3, 4]. На рисунке 1 показана в поэтапной последовательности технология преобразования структурных схем, отображающих возможности формирования определенных свойств технических объектов.

2 Особенности практической реализации метода. Разработана технология преобразования исходных расчетных схем к виду с выделением объекта в виде интегрирующего второго порядка, относительно которого формируется цепь отрицательной обратной связи. Такая цепь, в физическом смысле, интерпретируется как пружина с динамической жесткостью. Система с несколькими степенями свободы может быть приведена к системе с одной степенью свободы, обладающей обобщенным упругим элементом и внешними силами, которые приведены к объекту.

Знание динамических жесткостей позволяет оценить возможные динамические особенности системы. В частности, режим резонанса в системе может быть интерпретирован как движение объекта при нулевой динамической жесткости системы в целом. Нулевые динамические жесткости структурных образований (или квазипружин) соответствуют проявлениям определенных форм самоорганизации движения элементов системы [5].

При использовании характеристического уравнения, которое структурируется как сумма отдельных элементов, возможно определение частот собственных колебаний системы. Автором предлагается оригинальный графоаналитический способ для систем с несколькими степенями свободы [1]. Метод структурных преобразований позволяет ввести в рассмотрение понятия о коэффициентах связности движений, который можно интерпретировать через передаточную функцию межпарциальных связей систем.

Исследованы возможности изменения параметров системы через введение понятия динамических жесткостей, связности колебаний и внешних сил на графики амплитудно-частотных характеристик [3].

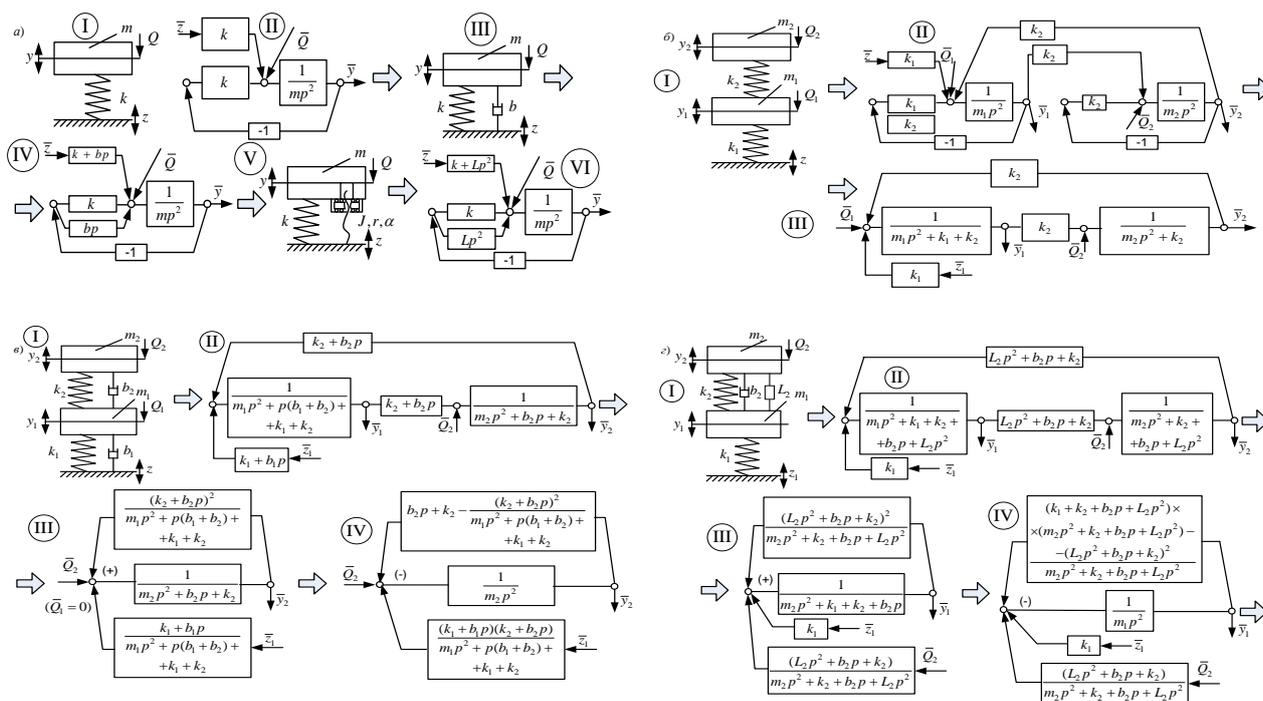


Рисунок 1 – Схема последовательных преобразований расчетных и структурных схем для оценки форм взаимодействия элементов системы:

- а – система с одной степенью свободы (позиции I, II, III, IV – введение демпфера, позиции V, VI – введение УПД);
- б – система с двумя степенями свободы (позиции I, II, III, IV – формирование обратных связей на объект защиты m_2);
- в – система с двумя степенями свободы (позиции I, II – введение демпферов в первом и втором каскадах, позиции III и IV – формирование обратных связей для частичной системы и объекта защиты m_2);
- г – учет особенностей введения в одном каскаде демпфера и УПД (позиции I–IV)

Возможности структурных преобразований и выделения объектов с определенными связями позволяют решать вопросы выбора расположения частотных зон, то есть учитывать особенности формирования структуры вибрационных полей и детализации представлений о соотношениях амплитуд колебаний точек рабочего органа.

Список литературы

- 1 Елисеев, С. В. Прикладная теория колебаний в задачах динамики линейных механических систем / С. В. Елисеев, А. И. Артюнин. – Новосибирск : Наука, 2016. – 459 с.
- 2 Clarence W. Vibration. Fundamentals and Practice / Clarence W., De Silva. – Boca Raton, London, New York, Washington, D.C.: CRC Press, 2000. – 957 p.
- 3 Структурное математическое моделирование в задачах оценки динамических свойств механических колебательных систем / В. Б. Кашуба [и др.] // Системы. Методы. Технологии. – 2016. – № 3 (31). – С.16–28.
- 4 Устройство для преобразования движения: особенности межпарциальных взаимодействий / С. В. Елисеев [и др.] // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2016. – № 12 (119). – С. 20–27.
- 5 Рычажные связи в динамических взаимодействиях элементов механических колебательных систем / С. В. Елисеев [и др.] // Проблемы машиностроения и автоматизации. – 2017. – № 2. – С. 39–50.

УДК 642

УСТОЙЧИВОСТЬ ЧАСТИЧНО ПОГРУЖЕННОЙ СВАИ

А. А. ПОДДУБНЫЙ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В. А. ГОРДОН

Орловский государственный университет им. И. С. Тургенева, Российская Федерация

Исследуется зависимость критического значения сжимающей силы для стержня, частично опертого на упругое основание Винклера, от жесткостных свойств стержня и основания и длины опертого участка при различных условиях закрепления концов стержня.

1 Постановка задачи. Расчетная схема стержня, моделирующая частично погруженную сваю, состоящая из двух участков, с указанием осей x_i и y_i ($i=1, 2$) и длины участков L_1 и L_2 , изображена на рисунке 1.

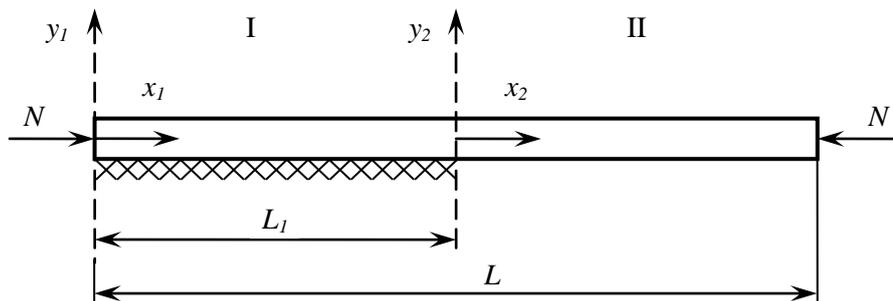


Рисунок 1 – Расчетная схема сжатого стержня, частично опертого на упругое основание

Стержень, длиной L с изгибной жесткостью EI (E – модуль упругости материала, I – минимальный момент инерции сечения), частично оперт на упругое основание Винклера с коэффициентом жесткости $k = \text{const}$ и нагружен осевой сжимающей силой N . Наличие упругого основания эквивалентно действию распределенной нагрузки:

$$q(x) = -ky(x), \quad q(x) = -ky(x),$$

где $y = y(x)$ – поперечное перемещение оси стержня в сечении x .

Ставится задача определения критического значения $N_{\text{кр}}$ сжимающей силы при определенных условиях закрепления концов стержня: $x_1 = 0$ и $x_2 = L_2$.

Уравнения прогибов стержня по участкам $i=1, 2$ в безразмерных переменных и параметрах

$$\xi_1 = \frac{x_i}{L}; \quad w_i = \frac{y_i}{L}; \quad \bar{N}^2 = \frac{NL^2}{4EI}; \quad \alpha^4 = \frac{kL^4}{4EI}; \quad \nu = \frac{L_1}{L} \quad (i=1, 2) \text{ имеют вид [1-5]}$$

$$w_1^{IV} + 4\bar{N}^2 w_1'' + 4\alpha^4 w_1 = 0. \quad (1)$$

$$w_2^{IV} + 4\bar{N}^2 w_2'' = 0. \quad (2)$$

Уравнения (1) и (2) интегрируются независимо, постоянные интегрирования определяются из граничных условий и из условий сопряжения участков.

2 Напряженно-деформированное состояние 1-го участка ($0 \leq \xi_1 \leq \nu$).

Решение уравнения (1) ищем подстановкой Эйлера

$$w_1 = Ae^{n\xi_1}, \quad (3)$$

где A, n – константы, подлежащие определению.

Характеристическое уравнение для дифференциального уравнения (1) получим, подставляя представление (3) в уравнение (1):

$$n^4 + 4\bar{N}^2 n^2 + 4\alpha^4 = 0. \quad (4)$$

Подстановкой $n^2 = m$ биквадратное уравнение (4) приводится к квадратному:

$$m^2 + 4\bar{N}^2 m + 4\alpha^4 = 0, \quad (5)$$

корни которого можно представить двояко в зависимости от соотношения величин \bar{N} и α :

$$m_{1,2} = -2\bar{N}^2 \pm 2\sqrt{\bar{N}^2 - \alpha^4}, \quad \text{если } \bar{N} > \alpha; \quad (6)$$

$$m_{1,2} = -2\bar{N}^2 \pm 2i\sqrt{\alpha^4 - \bar{N}^4}, \quad \text{если } \bar{N} < \alpha. \quad (7)$$

Заметим, что если ввести параметр $N_0 = 2\sqrt{kEI}$, имеющий размерность силы и потому названный «условной силой», то соотношения между \bar{N} и α : $\bar{N} > \alpha$, $\bar{N} = \alpha$, $\bar{N} < \alpha$, могут быть заме-

нены аналогичными соотношениями между размерными величинами N и N_0 : $N > N_0$, $N = N_0$, $N < N_0$, так как

$$\bar{N} = \sqrt{\frac{NL^2}{4EI}} \quad \text{и} \quad \alpha = \sqrt{\frac{N_0L^2}{4EI}}.$$

Корни $m_{1,2}$ вида (6) используются, если $\bar{N} > \alpha$. При этом корни характеристического уравнения (4) будут чисто мнимыми:

$$n_{1,2} = \pm ic, \quad n_{3,4} = \pm id, \quad (8)$$

где $c = \sqrt{\bar{N}^2 + \alpha^2} + \sqrt{\bar{N}^2 - \alpha^2}$; $d = \sqrt{\bar{N}^2 + \alpha^2} - \sqrt{\bar{N}^2 - \alpha^2}$.

Функция прогибов (3) при этом принимает вид

$$w_1 = A_1 \cos c\xi_1 + A_2 \sin c\xi_1 + A_3 \cos d\xi_1 + A_4 \sin d\xi_1. \quad (9)$$

Корни $m_{1,2}$ вида (7) используются, если $\bar{N} < \alpha$. В этом случае корни уравнения (4) становятся комплексными:

$$n_{1,2,3,4} = \pm a \pm ib, \quad (10)$$

где $a = \sqrt{L^2 - \bar{N}^2}$, $b = \sqrt{\alpha^2 + \bar{N}^2}$.

Функция прогибов (3) принимает вид

$$w_1 = A_1 cha\xi_1 \cos b\xi_1 + A_2 sha\xi_1 \cos b\xi_1 + A_3 cha\xi_1 \sin b\xi_1 + A_4 sha\xi_1 \sin b\xi_1. \quad (11)$$

И, наконец, при $\bar{N} = \alpha$ получаем из (6) или (7) двукратные корни уравнения (4):

$$n_{1,2} = ib, \quad n_{3,4} = -ib \quad (12)$$

и функцию прогибов вида:

$$w_1 = (A_1 + A_2\xi_1) \cos b\xi_1 + (A_3 + A_4\xi_1) \sin b\xi_1. \quad (13)$$

Постоянные интегрирования $A_i (i=1..4)$ дифференциального уравнения (1) удобно выразить через начальные параметры $w_{01} = w_1(0)$, $w'_{01} = w'_1(0)$, $w''_{01} = w''_1(0)$, $w'''_{01} = w'''_1(0)$. Процедуру преобразования коэффициентов функций (9), (11), (13) покажем на примере функции (9) ($\bar{N} > \alpha$).

Дифференцируя функцию (9) трижды по ξ_1 , получим безразмерные функции углов поворота поперечного сечения $w'_1(\xi_1)$, изгибающего момента $w''_1(\xi_1)$, поперечной силы $w'''_1(\xi_1)$:

$$\begin{aligned} w'_1 &= c(-A_1 \sin c\xi_1 + A_2 \cos c\xi_1) + d(-A_3 \sin d\xi_1 + A_4 \cos d\xi_1); \\ w''_1 &= c^2(-A_1 \cos c\xi_1 - A_2 \sin c\xi_1) + d^2(-A_3 \cos d\xi_1 - A_4 \sin d\xi_1); \\ w'''_1 &= c^3(A_1 \sin c\xi_1 - A_2 \cos c\xi_1) + d^3(A_3 \sin d\xi_1 - A_4 \cos d\xi_1). \end{aligned} \quad (14)$$

Введем вектор состояния \bar{w}_1 в произвольном сечении ξ_1 :

$$\bar{w}_1 = \{w_1(\xi_1) \quad w'_1(\xi_1) \quad w''_1(\xi_1) \quad w'''_1(\xi_1)\}^T,$$

вектор постоянных интегрирования \bar{A}

$$\bar{A} = \{A_1 \quad A_2 \quad A_3 \quad A_4\}^T$$

и функциональную матрицу $M(\xi_1)$, полученную при дифференцировании функции (9):

$$M_{4 \times 4} = \begin{pmatrix} \cos c\xi_1 & \sin c\xi_1 & \cos d\xi_1 & \sin d\xi_1 \\ -c \sin c\xi_1 & c \cos c\xi_1 & -d \sin d\xi_1 & d \cos d\xi_1 \\ -c^2 \cos c\xi_1 & -c^2 \sin c\xi_1 & -d^2 \cos d\xi_1 & -d^2 \sin d\xi_1 \\ c^3 \sin c\xi_1 & -c^3 \cos c\xi_1 & d^3 \sin d\xi_1 & -d^3 \cos d\xi_1 \end{pmatrix}.$$

Теперь систему уравнений (9), (14) можно представить матричным уравнением

$$\bar{w}_1 = M\bar{A}. \quad (15)$$

Вычисляя значения функций (9) и (14) в начале координат 1-го участка $\xi_1 = 0$, получим матричное уравнение, связывающее начальные параметры 1-го участка с постоянными интегрирования A_i :

$$\bar{w}_{01} = L\bar{A}, \quad \bar{A} = L^{-1}\bar{w}_{01}, \quad (16)$$

где $\bar{w}_{01} = \{w_{01} \quad w'_{01} \quad w''_{01} \quad w'''_{01}\}$ – вектор начальных параметров 1-го участка.

$$L_{4 \times 4} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & c & 0 & d \\ -c^2 & 0 & -d^2 & 0 \\ 0 & -c^3 & 0 & -d^3 \end{pmatrix}; \quad L^{-1}_{4 \times 4} = \frac{1}{cd(d^2 - c^2)} \begin{pmatrix} cd^3 & 0 & cd & 0 \\ 0 & d^3 & 0 & d \\ -c^3d & 0 & -cd & 0 \\ 0 & -c^3 & 0 & c \end{pmatrix}.$$

Подставляя вектор \bar{A} из (16) в уравнение (15), получим матричное уравнение

$$\bar{w}_1 = \Phi_1(\xi_1)\bar{w}_{01}, \quad (17)$$

где матрица $\Phi_1 = ML^{-1}$ характеризует влияние начальных параметров на состояние произвольного сечения ξ_1 1-го участка. Элементами матрицы $\Phi_1 = \{\Phi_{ij}\}$ ($i, j = 1, 2, 3, 4$) являются функции

$\Phi_{11} = \frac{d^2 \cos c\xi_1 - c^2 \cos d\xi_1}{d^2 - c^2}$; $\Phi_{12} = \frac{d^3 \sin \xi_1 - c^3 \sin d\xi_1}{cd(d^2 - c^2)}$; $\Phi_{13} = \frac{\cos c\xi_1 - \cos d\xi_1}{d^2 - c^2}$; $\Phi_{14} = \frac{d \sin c\xi_1 - c \sin d\xi_1}{cd(d^2 - c^2)}$;

$$\Phi_{21} = -(cd)^2 \Phi_{14}; \quad \Phi_{22} = \Phi_{11}; \quad \Phi_{23} = \frac{d \sin d\xi_1 - c \sin c\xi_1}{d^2 - c^2}; \quad \Phi_{24} = \Phi_{13};$$

$$\Phi_{31} = -(cd)^2 \Phi_{13}; \quad \Phi_{32} = \Phi_{21}; \quad \Phi_{33} = \frac{d^2 \cos d\xi_1 - c^2 \cos c\xi_1}{d^2 - c^2}; \quad \Phi_{34} = \Phi_{23};$$

$$\Phi_{41} = -(cd)^2 \Phi_{23}; \quad \Phi_{42} = \Phi_{31}; \quad \Phi_{43} = \frac{c^3 \sin c\xi_1 - d^3 \sin d\xi_1}{d^2 - c^2}; \quad \Phi_{44} = \Phi_{33}.$$

Применяя аналогичную процедуру к функциям (11) и (13), получим соответственно матричные уравнения

$$\bar{w}_1 = \chi_1(\xi_1)\bar{w}_{01}; \quad (18)$$

$$\bar{w}_1 = \psi_1(\xi_1)\bar{w}_{01}. \quad (19)$$

Таким образом, напряженно-деформированное состояние 1-го участка описывается одним из уравнений (17)–(19).

В конце 1-го участка при $\xi_1 = \nu$ векторы состояния принимают значения $\bar{w}_1(\nu) = \Phi_1(\nu)\bar{w}_{01}$ либо $\bar{w}_1(\nu) = \chi_1(\nu)\bar{w}_{01}$, либо $\bar{w}_1 = \psi_1(\xi_1)\bar{w}_{01}$.

3 Напряженно-деформированное состояние 2-го участка ($0 \leq \xi_2 \leq 1 - \nu$).

Применяя подстановку Эйлера

$$w_2 = Ae^{n\xi_2}$$

для уравнения (2), получим для него характеристическое уравнение

$$n^4 + 4\bar{N}^2 n^2 = 0,$$

которое имеет четыре корня: двукратный корень $n_{1,2} = 0$ и чисто мнимые корни $n_{3,4} = \pm 2i\bar{N}$. Тогда общее решение уравнения (2) принимает вид

$$w_2 = A_1 \sin 2\bar{N}\xi_2 + A_2 \cos 2\bar{N}\xi_2 + A_3 \xi_2 + A_4.$$

Заменяя константы A_i ($i = 1 \dots 4$) начальными параметрами 2-го участка $w_{20} = w_2(0)$, $w'_{20} = w'_2(0)$, $w''_{20} = w''_2(0)$, $w'''_{20} = w'''_2(0)$, выразим вектор состояния $\bar{w}_2(\xi_2)$ в произвольном сечении ξ_2 через вектор начальных параметров этого участка \bar{w}_{20}

$$\bar{w}_2 = K(\xi_2)\bar{w}_{20}, \quad (20)$$

где $\bar{w}_2 = \{w_2(\xi_2) \quad w_2'(\xi_2) \quad w_2''(\xi_2) \quad w_2'''(\xi_2)\}$; $\bar{w}_{20} = \{w_{20} \quad w_{20}' \quad w_{20}'' \quad w_{20}'''\}$; $K(\xi_2) = \{\alpha_{ij}\}_{4 \times 4}$ – матрица влияния 2-го участка с элементами

$$\begin{aligned} \alpha_{11} &= 1; & \alpha_{12} &= \xi_2; & \alpha_{13} &= \frac{\sin^2 \bar{N} \xi_2}{2\bar{N}^2}; & \alpha_{14} &= \frac{\alpha_{12} - \alpha_{23}}{4\bar{N}^2}; \\ \alpha_{21} &= 0; & \alpha_{22} &= 1; & \alpha_{23} &= \frac{\sin 2\bar{N} \xi_2}{2\bar{N}}; & \alpha_{24} &= \alpha_{13}; \\ \alpha_{31} &= 0; & \alpha_{32} &= 0; & \alpha_{33} &= \cos 2\bar{N} \xi_2; & \alpha_{34} &= \alpha_{23}; \\ \alpha_{41} &= 0; & \alpha_{42} &= 0; & \alpha_{43} &= -2\bar{N} \sin 2\bar{N} \xi_2; & \alpha_{44} &= \alpha_{33}. \end{aligned}$$

4 Условие сопряжения участков. Условием сопряжения участков стержня служит равенство векторов состояния в сечении, являющимся одновременно концевым 1-го участка и начальным – 2-го, то есть

$$\bar{w}_1(v) = \bar{w}_2(0). \quad (21)$$

Состояние в начальном сечении 2-го участка определяется вектором (20) при $\xi_2 = 0$. Учитывая, что матрица $K(0)$ единичная, из (20) следует, что $\bar{w}_2(0) = \bar{w}_{20}$.

Подставляя (21) в уравнения (17)–(19), получим связь между начальными параметрами участков для соответствующих вариантов представления корней характеристического уравнения (4)

$$\begin{aligned} \bar{w}_{20} &= \varphi_1(v) \bar{w}_{01}, & \bar{N} &> \alpha; \\ \bar{w}_{20} &= \chi_1(v) \bar{w}_{01}, & \bar{N} &< \alpha; \\ \bar{w}_{20} &= \psi_1(v) \bar{w}_{01}, & \bar{N} &= \alpha. \end{aligned} \quad (22)$$

Уравнения связи начальных параметров (22) позволяют выразить состояние произвольного сечения любого участка через единичный набор начальных параметров 1-го участка:

– в случае $\bar{N} > \alpha$ ($N > N_0$)

$$\bar{w}_1(\xi_1) = \varphi_1(\xi_1) \bar{w}_{01}; \quad \bar{w}_2(\xi_2) = K(\xi_2) \varphi_1(v) \bar{w}_{01} = \varphi_2(\xi_2) \bar{w}_{01}; \quad \varphi_2(\xi_2) = \{t_{ij}\}; \quad (23)$$

– в случае $\bar{N} < \alpha$ ($N < N_0$)

$$\bar{w}_1(\xi_1) = \chi_1(\xi_1) \bar{w}_{01}; \quad \bar{w}_2(\xi_2) = K(\xi_2) \chi_1(v) \bar{w}_{01} = \chi_2(\xi_2) \bar{w}_{01}; \quad \chi_2(\xi_2) = \{s_{ij}\}; \quad (24)$$

– в случае $\bar{N} = \alpha$ ($N = N_0$)

$$\bar{w}_1(\xi_1) = \psi_1(\xi_1) \bar{w}_{01}; \quad \bar{w}_2(\xi_2) = K(\xi_2) \psi_1(v) \bar{w}_{01} = \psi_2(\xi_2) \bar{w}_{01}; \quad \psi_2(\xi_2) = \{r_{ij}\}. \quad (25)$$

Для дальнейших построений необходимо определиться с условиями закрепления концов стержня.

5 Критическая сила сжатого стержня с шарнирным закреплением концов. Граничные условия в данном случае имеют вид

$$\begin{aligned} \xi_1 &= 0, & w_{10} &= w_{10}'' = 0; \\ \xi_2 &= 1 - v, & w_2(1 - v) &= w_2''(1 - v) = 0. \end{aligned} \quad (26)$$

Для определения критической силы вначале принимаем условие, согласно которому сжимающая стержень сила N равна «условной силе» N_0 . Тогда для 1-го участка получим вариант (12), (13), (19), а для стержня в целом – вариант (25). Причем при $\bar{N} = \alpha$ из соотношения (10) следует $\bar{N} = \frac{b}{\sqrt{2}}$. Запишем второе уравнение (25) для сечения $\xi_2 = 1 - v$ в развернутом виде с учетом граничных условий (26):

$$\begin{pmatrix} 0 \\ w_2'(1 - v) \\ 0 \\ w_2'''(1 - v) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} r_{11}(1 - v, v) & r_{12}(1 - v, v) & r_{13}(1 - v, v) & r_{14}(1 - v, v) \\ r_{21}(1 - v, v) & r_{22}(1 - v, v) & r_{23}(1 - v, v) & r_{24}(1 - v, v) \\ r_{31}(1 - v, v) & r_{32}(1 - v, v) & r_{33}(1 - v, v) & r_{34}(1 - v, v) \\ r_{41}(1 - v, v) & r_{42}(1 - v, v) & r_{43}(1 - v, v) & r_{44}(1 - v, v) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0 \\ w_0' \\ 0 \\ w_0''' \end{pmatrix},$$

откуда получаем систему однородных алгебраических уравнений относительно двух неизвестных начальных параметров w_0' и w_0'''

$$\begin{cases} r_{12}(1-\nu, \nu)w_0' + r_{14}(1-\nu, \nu)w_0''' = 0; \\ r_{32}(1-\nu, \nu)w_0' + r_{34}(1-\nu, \nu)w_0''' = 0. \end{cases} \quad (27)$$

Приравнявая определитель матрицы, составленной из коэффициентов системы (27), нулю, получим трансцендентное уравнение, минимальный положительный корень которого является критической силой заданного стержня при относительной длине части, контактирующей с упругим основанием, равной ν :

$$r_{12}(1-\nu, \nu)r_{34}(1-\nu, \nu) - r_{14}(1-\nu, \nu)r_{32}(1-\nu, \nu) = 0. \quad (28)$$

Решение уравнения (28) при заданном ν дает ряд значений параметра $b_n (n=1, 2, 3, \dots)$, каждому значению b_n соответствует безразмерный параметр \bar{N}_n (или α_n):

$$\bar{N}_n = \alpha_n = \frac{b_n}{\sqrt{2}}. \quad (29)$$

Выражая жесткость основания k через «условную силу» N_0 , получим

$$\alpha_n = \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{N_0}{N_{\text{крс}}}}, \quad (30)$$

где $N_{\text{крс}} = \frac{\pi^2 EI}{L^2}$ – критическая сила такого же, но свободного стержня.

Исключая из (29) и (30) α_n и учитывая исходное предположение, что критическая сила стержня равна «условной силе», получим

$$N_{\text{кр}} = N_0 = \frac{2b_1}{\pi^2} N_{\text{крс}}. \quad (31)$$

Последнее равенство следует трактовать следующим образом: если «условная сила» N_0 стержня с характеристиками E, I, L , поддерживаемого частично на относительной длине ν упругим основанием с коэффициентом жесткости k , закрепленного шарнирно по концам, равна следующей величине:

$$N_0 = \frac{2b_1^2(\nu)}{\pi^2} N_{\text{крс}},$$

то и критическая сила такого стержня будет такой же:

$$N_{\text{кр}} = \frac{2b_1^2(\nu)}{\pi^2} N_{\text{крс}}.$$

При иных параметрах стержня и основания, дающих «условную силу»

$$N_0 \neq \frac{2b_1^2(\nu)}{\pi^2} N_{\text{крс}},$$

расчет критической силы производится по вариантам либо (8), (9), (23), либо (10), (11), (24), в зависимости от того, в какую сторону N_0 отклоняется от числа $\frac{2b_1^2(\nu)}{\pi^2} N_{\text{крс}}$.

Заключение. Разработанная методика расчета критической силы сжатого стержня, частично опертого на упругое основание Винклера отличается от известных методик [1–5] тем, что оценивает величину «условной силы» в долях известной критической силы такого же, но свободного (без основания) стержня. Это позволяет, определив коэффициент $\frac{2b_1^2(\nu)}{\pi^2} N_{\text{крс}}$, характеризующий данную систему «стержень-основание», обоснованно выбрать одну из трех функций прогибов (форм потери устойчивости) и далее искать критическую силу на базе этих функций.

Кроме того, использование начальных параметров в разработанной методике позволяет эффективно применять ее для стержней и (или) оснований, состоящих из произвольного числа кусочно-непрерывных участков.

Список литературы

- 1 Eisenberger, M. Stability of beams on elastic foundation / M. Eisenberger, D. Yankelevsky, J. Clastornik // Computers and Structures. – Vol. 24. – No. 1. – 1986. – P. 135–139.
- 2 Stability of end-bearing piles in a non-homogeneous elastic foundation / R. P. West [et al.] // Intern. J. for Numerical and Analytical Methods in geomechanics. – Vol. 21. – 1997. – P. 845–861.
- 3 Kraav, T. Buckling of beams and columns on elastic foundation / T. Kraav, J. Lellep // Proc. 2nd. Intern. conf. on Optimization and Analysis of Structures: Tartu, Estonia, 2013. – P. 52–58.
- 4 Aristizabal-Ochoa, J. D. Stability of slender columns on an elastic foundations with generalised end conditions / J. D. Aristizabal-Ochoa // Ingenieria e Investigation. – Vol. 33. – No. 3. – 2013. – P. 34–40.
- 5 Analysis of buckling of piles fully embedded in ground according to finite element method / V. Shatri [et al.] // Intern. J. of Current Engineering and Technology. – Vol. 4. – No. 1. – 2014. – P. 201–205.

УДК 621.3

ТОПОЛОГИЧЕСКАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ СТРУКТУРЫ ФИТИЛЯ В ПЛОСКИХ ТЕПЛОТВОДЯЩИХ ОСНОВАНИЯХ, РАБОТАЮЩИХ ПО ПРИНЦИПУ ТЕПЛОВЫХ ТРУБ

П. О. ПОЛЯКОВ, Л. Н. РАБИНСКИЙ, Ю. О. СОЛЯЕВ
Московский авиационный институт (НИУ), Российская Федерация

Предложена методика топологической оптимизации плоских теплоотводящих оснований, работающих по принципу тепловых труб и применяемых для охлаждения микроэлектроники. Рассматриваются основания, выполненные из меди (медные стенки/медный фитиль), и с водой в качестве рабочей жидкости. Предполагается, что толщина слоя фитиля на внутренних стенках изделия может быть переменной, то есть является неизвестной функцией координат, которая определяется в результате решения задачи топологической оптимизации. Целью оптимизации является снижение потерь давления и повышение капиллярного предела рассматриваемой плоской тепловой трубки.

Расчеты проводятся в квазистационарном приближении в плоской постановке и включают в себя модель фильтрации жидкости в пористом фитиле, модель ламинарного течения газа в паропроводе и модель теплопроводности в стенке изделия с учетом эффектов конденсации/испарения рабочей жидкости. Особенностью расчетов является необходимость поиска оптимальной внутренней геометрии фитиля в плоской тепловой трубке для обеспечения одновременного снижения потерь давлений в противоположных потоках жидкости (в фитиле) и газа (в паропроводе). Требование по максимальной температуре нагрева в зоне подвода тепла является ограничением задачи оптимизации.

В результате расчетов установлены оптимальные структуры теплоотводящих оснований различной формы с одним или несколькими источниками тепла.

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ (ФЦП «Исследования и разработки, соглашение №14.574.21.0166, RFMEFI57417X0166).

УДК 539.3

НЕСТАЦИОНАРНЫЕ ДИНАМИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ ДЛЯ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ ЛИНЕЙНО-ВЯЗКОУПРУГОГО МАТЕРИАЛА

С. Г. ПШЕНИЧНОВ
Научно-исследовательский институт механики МГУ им. М. В. Ломоносова,
г. Москва, Российская Федерация

Во многих отраслях современного производства, в том числе в машиностроении, авиационной промышленности, строительстве и т. д., используются материалы, обладающие наследственными свойствами, в частности, линейно-вязкоупругие материалы. Элементы конструкций, изготовленные из таких материалов, в процессе эксплуатации или в аварийных ситуациях могут подвергаться раз-

личным динамическим воздействиям, поэтому изучение переходных волновых процессов в линейно-вязкоупругих телах весьма актуально. Одним из важных направлений в данной области, наряду с экспериментами и численными методами, являются аналитические исследования. Однако, ввиду математической сложности количество работ, посвященных построению решений соответствующих нестационарных динамических задач даже в одномерной постановке, относительно невелико. Основные методы, используемые при исследовании задач рассматриваемого класса, изложены, например, в работах [1]–[4]. При этом наиболее распространенной процедурой является применение интегрального преобразования Лапласа по времени с последующим обращением (например, [5]–[7] и другие публикации).

Заметим, что математическая сложность существенно ограничивает класс решенных задач: большинство известных результатов получено либо в ограниченном временном диапазоне, либо при малой вязкости, либо решения представлены в форме, трудно поддающейся анализу.

Целью данной работы является рассмотрение вопросов, связанных с построением решений нестационарных динамических задач линейной вязкоупругости при независимом от времени коэффициенте Пуассона.

Рассмотрим нестационарную динамическую задачу для линейно-вязкоупругого однородного изотропного тела, занимающего область Ω с границей Σ для случая, когда коэффициент Пуассона не зависит от времени: $\nu \equiv \nu_0$ (const). Обозначим $T(t)$ ядра объемной и сдвиговой релаксации материала, которые в этом случае одинаковы. Математическую постановку такой задачи составляют уравнения

$$(1 - \hat{T}) \hat{L} \mathbf{u}(\mathbf{x}, t) + \mathbf{f}(\mathbf{x}, t) = \rho \ddot{\mathbf{u}}(\mathbf{x}, t); \quad (1)$$

$$\tilde{\boldsymbol{\sigma}}(\mathbf{x}, t) = (1 - \hat{T}) \hat{l} \mathbf{u}(\mathbf{x}, t); \quad \mathbf{x}(x_1, x_2, x_3) \in \Omega, \quad (2)$$

граничные условия ($\Sigma = \Sigma_1 \cup \Sigma_2$)

$$\tilde{\boldsymbol{\sigma}}(\mathbf{x}, t) \mathbf{n} = \mathbf{p}^{(1)}(\mathbf{x}, t), \quad \mathbf{x} \in \Sigma_1; \quad \mathbf{u}(\mathbf{x}, t) = \mathbf{p}^{(2)}(\mathbf{x}, t), \quad \mathbf{x} \in \Sigma_2, \quad t > 0 \quad (3)$$

и начальные условия

$$\mathbf{u}(\mathbf{x}, 0) = \mathbf{b}^{(1)}(\mathbf{x}), \quad \dot{\mathbf{u}}(\mathbf{x}, 0) = \mathbf{b}^{(2)}(\mathbf{x}), \quad \mathbf{x} \in \Omega. \quad (4)$$

Здесь \hat{L} и \hat{l} – дифференциальные операторы, \hat{T} – интегральный оператор:

$$\hat{L} \mathbf{u}(\mathbf{x}, t) = (\lambda_0 + \mu_0) \text{grad div} \mathbf{u}(\mathbf{x}, t) + \mu_0 \Delta \mathbf{u}(\mathbf{x}, t); \quad (5)$$

$$\hat{l} \mathbf{u}(\mathbf{x}, t) = 2\mu_0 \text{def} \mathbf{u}(\mathbf{x}, t) + \lambda_0 \text{div} \mathbf{u}(\mathbf{x}, t) \tilde{\mathbf{I}}, \quad \hat{T} \xi(t) = \int_0^t T(t - \tau) \xi(\tau) d\tau, \quad (6)$$

$\tilde{\boldsymbol{\sigma}}$ – тензор напряжений; \mathbf{u} , $\mathbf{p}^{(1)}$, $\mathbf{p}^{(2)}$, \mathbf{f} , $\mathbf{b}^{(1)}$, $\mathbf{b}^{(2)}$ – векторы перемещений, граничных воздействий, объемных сил, начальных перемещений и скоростей; \mathbf{n} – единичная внешняя нормаль; ρ – плотность; Δ – оператор Лапласа; $\tilde{\mathbf{I}}$ – единичный тензор; λ_0 , μ_0 – упругие постоянные Ламе; точка обозначает производную по времени t .

Предположим, что область распространения возмущений ограничена, перемещения тела как жесткого целого исключены, ползучесть материала ограничена.

Применим интегральное преобразование Лапласа по времени к уравнениям (1), (2) и граничным условиям (3), принимая во внимание начальные условия (4). С учетом сделанных предположений решение задачи (1)–(6) в изображениях представляется в виде двух слагаемых, одно из которых разлагается в ряд по собственным функциям задачи о свободных колебаниях соответствующего линейно-упругого тела ($T \equiv 0$). Сформулирован ряд утверждений, касающихся точек ветвления и порядка полюсов решения задачи (1)–(6) в изображениях. Некоторые из них являются важным частным случаем более общих утверждений [8].

Рассмотрена ситуация, когда ядро релаксации материала является экспоненциальным двухпараметрическим:

$$T(t) = ae^{-bt}, \quad 0 < a < b. \quad (7)$$

Установлено, что при таком ядре особые точки решения в изображениях связаны простым соотношением с особыми точками решения в изображениях для соответствующего упругого тела и

находятся из решения кубического уравнения. Сформулированы достаточные условия того, чтобы полюса решения задачи (1)–(6) в изображениях при ядре (7) имели первый порядок, что упрощает выражение для оригинала.

Таким образом, если коэффициент Пуассона не зависит от времени, а ядро релаксации имеет вид (7), то решение задачи (1)–(6) для линейно-вязкоупругого тела (в оригиналах) легко построить, если известно решение соответствующей задачи для упругого тела.

В качестве примера применения предложенного подхода рассмотрена задача о распространении нестационарных волн в поперечном сечении бесконечно длинного линейно-вязкоупругого цилиндра, изначально находящегося в невозмущенном состоянии. Внутренняя поверхность цилиндра жестко заделана, а зависящая от времени нагрузка действует на внешнюю поверхность цилиндра, являясь равномерно распределенной вдоль образующей и обеспечивая условие плоской деформации. Нагрузка, вообще говоря, не является осесимметричной и может иметь как радиальную, так и сдвиговую составляющие и действовать либо на всю поверхность, либо на ее часть. Коэффициент Пуассона материала считается постоянным, а ядро релаксации имеет вид (7).

Решение строится при помощи разложения в ряд Фурье по угловой координате и интегрального преобразования Лапласа по времени. После построения решения в изображениях проводится процедура обращения каждой компоненты ряда Фурье в пространство оригиналов. Для случая, когда зависимость нагрузки от времени имеет характер функции Хевисайда, решение представлено в достаточно простой форме и остается справедливым во всем диапазоне изменения времени без предположения о малости вязкости.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проекты 18-08-00471 а, 17-08-01146а).

Список литературы

- 1 **Розовский, М. И.** Интегрально-операторный метод в наследственной теории ползучести / М. И. Розовский // Докл. АН СССР. – 1965. – Т. 160. – № 4. – С. 792–795.
- 2 **Ильясов, М. Х.** Нестационарные вязкоупругие волны / М. Х. Ильясов. – Баку, 2011 – 330 с.
- 3 **Желтков, В. И.** Переходные функции в динамике вязкоупругих тел / В. И. Желтков, Л. А. Толоконников, Н. Г. Хромова // Докл. РАН. – 1993. – Т. 329. – № 6. – С. 718–719.
- 4 **Лычева Т. Н.** Спектральные разложения в динамических задачах вязкоупругости / Т. Н. Лычева, С. А. Лычев // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Механика. – 2016. – № 4. – С. 120–150.
- 5 **Филиппов, И. Г.** Математическая теория колебаний упругих и вязкоупругих пластин и стержней / И. Г. Филиппов, В. Г. Чебан. – Кишинев : Штиинца, 1988. – 190 с.
- 6 **Егорычев, О. А.** Нормальный удар по торцу цилиндрической оболочки / О. А. Егорычев, О. И. Поддаева // Строительная механика и расчет сооружений. – 2006. – № 1. – С. 34–36.
- 7 **Colombaro, I.** On the propagation of transient waves in a viscoelastic Bessel medium / I. Colombaro, A. Giusti, F. Mainardi // Z. Angew. Math. Phys., 68: 62, DOI: 10.1007/s00033-017-0808-6. (2017).
- 8 **Пшеничнов, С. Г.** Нестационарные динамические задачи линейной вязкоупругости / С. Г. Пшеничнов // Изв. РАН. МТТ. – 2013. – № 1. – С. 84–96.

УДК 621.3

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ НЕПЛОСКОСТНОСТИ СТЕНКИ ПЛОСКООВАЛЬНОЙ ТРУБЫ ТЕПЛОТВОДЯЩЕГО КАНАЛА НА ВЕЛИЧИНУ ТЕПЛОВОЙ ПРОВОДИМОСТИ ЗОНЫ ЕЕ КОНТАКТА С ОХЛАЖДАЕМОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ

В. П. РАДЧЕНКО, Д. Л. ВЕНЦЕНОСЦЕВ

Московский авиационный институт (НИУ), Российская Федерация

Рассматривается проблема проектирования эффективных жидкостных систем охлаждения радиоэлектронных компонентов с применением каналов охлаждения плоскоооальной сечения. На основе конечно-элементных расчетов исследуется влияние неплоскостности стенок каналов на параметры теплоотведения в рассматриваемых конструкциях. В расчетах учитывается неполное примыкание труб к охлаждаемой поверхности, связанное с отсутствием в конструкции канала центрального отверстия под стягивающие крепежные элементы. Также учитывается

влияние шероховатости контактирующих поверхностей. Исследовано распределение удельной тепловой проводимости канала при различных параметрах неплоскостности и при максимальном избыточном давлении теплоносителя до 1.1 атм. Деформации стенок трубы и контактные напряжения от действия усилий затяжки и внутреннего давления определены с использованием конечно-элементной модели в нелинейной постановке. Рассмотрены расчетные случаи для вогнутой и выпуклой широкой стенки трубы (рисунок 1).

Из расчетов следует, что для вогнутой стенки стандартного канала охлаждения с неплоскостностью более 0,3 мм тепловой контакт центральной части трубы с охлаждаемой поверхностью не обеспечивается при заданных условиях нагружения. Показано, что получаемые результаты расчетов позволяют оценить величину полной тепловой проводимости зоны контакта между охлаждаемым изделием и трубами, а также прогнозировать величину среднего температурного перепада в зоне контакта.

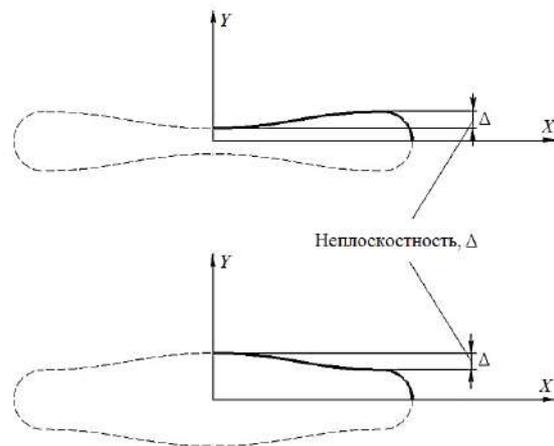


Рисунок 1 – Поперечное сечение каналов охлаждения

УДК 539.4

ВЛИЯНИЕ СЖИМАЕМОСТИ ЗАПОЛНИТЕЛЯ НА ТЕРМОСИЛОВОЕ ДЕФОРМИРОВАНИЕ ТРЕХСЛОЙНОГО СТЕРЖНЯ

Э. И. СТАРОВОЙТОВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Ю. М. ПЛЕСКАЧЕВСКИЙ

НАН Беларуси, г. Минск

Д. В. ТАРЛАКОВСКИЙ

Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, Российская Федерация

Для изотропных несущих слоёв несимметричного по толщине трехслойного стержня приняты гипотезы Бернулли. На границах контакта используются условия непрерывности перемещений. Материалы несущих слоев несжимаемы в поперечном направлении, в заполнителе учитывается его обжатие, деформации малые. Система координат x, y, z связывается со срединной плоскостью заполнителя.

На стержень действуют силовые поверхностные нагрузки: $p(x)$ – продольная, $q(x)$ – поперечная, и тепловой поток интенсивности q_t , направленный перпендикулярно внешнему несущему слою. Через $w_k(x)$ и $u_k(x)$ обозначены прогибы и продольные перемещения срединных поверхностей *несущих* слоёв, h_k – толщина k -го слоя, $h_3 = 2c$ ($k = 1, 2, 3$ – номер слоя), b_0 – ширина стержня.

Считаем поверхность $z = -c - h_2$ и контур стержня теплоизолированными. Это позволяет неоднородное температурное поле $T(z)$, отсчитываемое от некоторой начальной температуры T_0 , вычислять по известной формуле.

Перемещения в слоях $u^{(k)}(x, z)$ и $w^{(k)}(x, z)$ можно выразить через четыре искомые функции: $w_1(x)$, $u_1(x)$, $w_2(x)$ и $u_2(x)$, для определения которых уравнения равновесия получены вариационным методом Лагранжа.

В слоях стержня используются физические уравнения состояния, соответствующие теории малых упругопластических деформаций, с учетом температуры:

$$s_i^{(k)} = 2G_k(1 - \omega_k(\epsilon_u^{(k)}, T_k))\epsilon_i^{(k)}; \quad s_{xz}^{(3)} = 2G_3(1 - \omega_3(\epsilon_u^{(3)}, T_k))\epsilon_{xz}^{(3)}; \quad \sigma^{(k)} = 3K_k(\epsilon^{(k)} - \alpha_{0k}T_k) \quad (i = x, z; k = 1, 2, 3),$$

где $s_i^{(k)}$, $\epsilon_i^{(k)}$, $\sigma^{(k)}$, $\epsilon^{(k)}$ – девиаторные и шаровые части тензоров напряжений и деформаций; $s_{xz}^{(3)}$, $\epsilon_{xz}^{(3)}$ – тангенциальное напряжение и сдвиговая деформация в заполнителе; $G_k(T_k)$, $K_k(T_k)$ – температурно-зависимые модули упругости материала k -го слоя, вычисляемые по линейной формуле Белла;

$\omega^{(k)}(\varepsilon_u^{(k)}, T_k)$ – термозависимая функция нелинейности (пластичности); $\varepsilon_u^{(k)}$ – интенсивность деформаций; α_{0k} – коэффициент линейного температурного расширения; T_k – температура в k -м слое.

Уравнения равновесия рассматриваемого стержня составят систему нелинейных дифференциальных уравнений в перемещениях. Для ее решения применяется метод упругих решений. Решение этой системы принимается в виде разложения в тригонометрические ряды, которые автоматически удовлетворяют граничным условиям свободного опирания на неподвижные в пространстве жесткие опоры:

$$u_1^n = \sum_{m=1}^{\infty} U_{1m}^n \cos\left(\frac{\pi mx}{l}\right), \quad u_2^n = \sum_{m=1}^{\infty} U_{2m}^n \cos\left(\frac{\pi mx}{l}\right); \quad w_1^n = \sum_{m=1}^{\infty} W_{1m}^n \sin\left(\frac{\pi mx}{l}\right), \quad w_2^n = \sum_{m=1}^{\infty} W_{2m}^n \sin\left(\frac{\pi mx}{l}\right),$$

где $U_{1m}^n, U_{2m}^n, W_{1m}^n, W_{2m}^n$ – неизвестные амплитуды перемещений.

После подстановки перемещений и дополнительных усилий в уравнения равновесия получим систему линейных алгебраических уравнений для определения искомым амплитуд перемещений. После ее решения вычисляются перемещения в слоях стержня, деформации – из соотношений Коши и напряжения из физических уравнений состояния.

При численной реализации метода упругих решений достаточно было пять итераций, т. к. отличие от перемещений на последующем шаге не превышало 0,2 %. Численные расчеты показали существенное влияние температуры и физической нелинейности на перемещения и напряжения в стержне. Учет сжимаемости заполнителя уточняет искомые перемещения на 13–17 %.

УДК 539.37

УПРУГОПЛАСТИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ВОЗЛЕ КРУГОВОГО ОТВЕРСТИЯ НА БОКОВОЙ ПОВЕРХНОСТИ ЭЛЛИПТИЧЕСКОЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ОБОЛОЧКИ

Е. А. СТОРОЖУК, И. С. ЧЕРНЫШЕНКО, О. В. ПИГОЛЬ
Институт механики им. С. П. Тимошенко НАН Украины, г. Киев

Тонкие цилиндрические оболочки кругового и некругового сечений находят широкое применение в различных областях современной техники как конструктивные элементы машин и приборов. В большинстве случаев эти элементы по конструктивным или технологическим соображениям имеют отверстия различной формы. При значительных уровнях действующих нагрузок возле указанных концентраторов возникают зоны повышенных напряжений, а свойства их материала характеризуются нелинейной диаграммой деформирования.

Рассмотрим тонкую цилиндрическую оболочку эллиптического поперечного сечения, которая ослаблена круговым отверстием радиуса r_0 и отнесена к криволинейной ортогональной системе

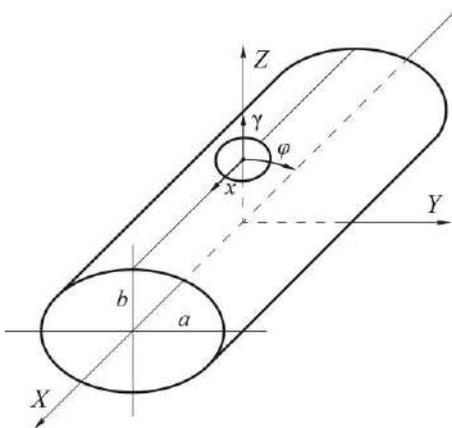


Рисунок 1 – Эллиптическая цилиндрическая оболочка с круговым отверстием

координат (x, φ, γ) , где x, γ – длины образующей и нормали к срединной поверхности оболочки, φ – угол между нормалью к срединной поверхности и вертикальной осью (рисунок 1). Примем, что оболочка изготовлена из однородного изотропного материала и находится под действием поверхностных и краевых сил.

Геометрические соотношения представим в векторной форме согласно теории непологих оболочек, в которой имеют место гипотезы Кирхгофа-Лява [1]:

$$\begin{aligned} \varepsilon_{11} &= \vec{e}_1 \cdot \frac{\partial \vec{u}}{A_1 \partial x}; & \varepsilon_{22} &= \vec{a}_2 \cdot \frac{\partial \vec{u}}{A_2 \partial \varphi}; & \varepsilon_{12} &= \vec{a}_2 \cdot \frac{\partial \vec{u}}{A_1 \partial x} + \vec{a}_1 \cdot \frac{\partial \vec{u}}{A_2 \partial \varphi}; \\ \mu_{11} &= \vec{e}_1 \cdot \frac{\partial \vec{\vartheta}}{A_1 \partial x}; & \mu_{22} &= \vec{a}_2 \cdot \frac{\partial \vec{\vartheta}}{A_2 \partial \varphi}; & 2\mu_{12} &= \vec{a}_2 \cdot \frac{\partial \vec{\vartheta}}{A_1 \partial x} + \vec{a}_1 \cdot \frac{\partial \vec{\vartheta}}{A_2 \partial \varphi}, \end{aligned}$$

где \vec{u} – вектор перемещений; $\vec{e}_1, \vec{e}_2, \vec{n}$ – орты системы координат (x, φ, γ) ; $\vec{\vartheta} = \vartheta_x \vec{e}_1 + \vartheta_\varphi \vec{e}_2$ – вектор углов поворота нормали, которые определяются по формулам: $V \vartheta_x = -\vec{n} \cdot \frac{\partial \vec{u}}{A_1 \partial x}$; $\vartheta_\varphi = -\vec{n} \cdot \frac{\partial \vec{u}}{A_2 \partial \varphi}$.

Принимая, что нагружение простое, физические соотношения запишем на основе теории малых упругопластических деформаций в виде [1]

$$\begin{aligned} \sigma_{11} &= \sigma_{11}^0 + \sigma_{11}^P; \quad \sigma_{12} = \sigma_{12}^0 + \sigma_{12}^P; \quad \sigma_{11}^0 = \frac{2G}{1-\nu}(e_{11} + \nu e_{22}); \quad \sigma_{12}^0 = G e_{12}; \\ \sigma_{11}^P &= 2G \left[\left(\frac{1-\omega_i}{1-\nu_i} - \frac{1}{1-\nu} \right) e_{11} + \left(\frac{(1-\omega_i)\nu_i}{1-\nu_i} - \frac{\nu}{1-\nu} \right) e_{22} \right]; \quad \sigma_{12}^P = -G\omega_i e_{12}; \\ e_{11} &= \varepsilon_{11} + \gamma\mu_{11}; \quad e_{12} = \varepsilon_{12} + 2\gamma\mu_{12} \quad (1 \leftrightarrow 2). \end{aligned}$$

Здесь G, ν – модуль сдвига и коэффициент Пуассона материала оболочки; ω_i, ν_i – функция пластичности и переменный коэффициент поперечной деформации.

Систему разрешающих уравнений получим из принципа возможных перемещений с использованием метода дополнительных напряжений и метода конечных элементов.

В качестве числового примера представим результаты исследования упругопластического состояния цилиндрической оболочки с отверстием, изготовленной из сплава АМг-6 и нагруженной внутренним давлением интенсивности $q = 4 \cdot 10^5$ Па. Принято, что отверстие закрыто крышкой, которая передает на его контур только действие перерезывающих усилий $Q_k = q r_0 / 2$.

Расчеты проведены для оболочки с такими параметрами: $(a+b)/h=100$; $a/b=11/10$; 1; 10/11; $r_0/h=12$; $E=70$ ГПа; $\nu=0,3\dots 0,5$; $\sigma_n=140$ МПа; $\varepsilon_n=0,002$.

В таблице 1 дано распределение относительных прогибов (w/h) и окружных напряжений σ_θ^* ($\sigma_\theta = \sigma_\theta^* \cdot 10^5$ Па) вдоль контура отверстия ($0^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$, где угол θ отсчитывается от образующей) на внешней и внутренней поверхностях оболочки ($\gamma/h = \pm 0,5$). Результаты приведены для двух эллиптических ($a=1,1b$ и $b=1,1a$) и одной круговой ($a=b$) цилиндрических оболочек как для линейно-упругих задач (ЛЗ), так и физически нелинейных (ФНЗ).

Таблица 1 – Распределение прогибов и окружных напряжений вдоль контура отверстия

Решение	$\theta,^\circ$	γ/h	ЛЗ			ФНЗ		
			$b=1,1a$	$a=b$	$a=1,1b$	$b=1,1a$	$a=b$	$a=1,1b$
w/h	0	0	-6,519	-0,057	7,099	-13,73	-0,058	13,88
	45	0	-5,967	0,015	6,751	-12,13	0,015	12,96
	90	0	-5,433	0,087	6,413	-10,86	0,088	12,07
σ_θ^*	0	0,5	-4670	643	5781	-2166	645	2213
		-0,5	5060	1824	-1410	2149	1503	-1592
	45	0,5	-1661	1061	3749	-1485	1062	1873
		-0,5	2563	724	-1151	1641	722	-1282
	90	0,5	-266	698	1676	-334	698	1474
		-0,5	-789	-1143	-1548	-1281	-1143	-1439

Из представленных результатов следует, что при незначительном отклонении формы поперечного сечения оболочки от круговой максимальные значения компонент напряженно-деформированного состояния существенно возрастают. Так, для ЛЗ максимальные прогибы и напряжения увеличиваются, соответственно, в 75 и 2,77 раза при $b=1,1a$ и в 82 и 3,17 раза при $a=1,1b$, а для ФНЗ – в 156 и 1,44 раза при $b=1,1a$ и в 158 и 1,47 раза при $a=1,1b$.

Учет пластических деформаций материала оболочки приводит к выравниванию напряжений как по толщине оболочки, так и на контуре отверстия, а также к уменьшению максимальных напряжений по сравнению с результатами линейно-упругого решения на 57 % при $b=1,1a$, на 18 % при $a=b$ и на 62 % при $a=1,1b$. Кроме этого, максимальные прогибы для ФНЗ больше соответствующих данных ЛЗ на 111 % при $b=1,1a$, на 1 % при $a=b$ и на 96 % при $a=1,1b$.

Список литературы

- 1 Maksimyyuk, V. A. Variational finite-difference methods in linear and nonlinear problems of the deformation of metallic and composite shells (review) / V. A. Maksimyyuk, E. A. Storozhuk, I. S. Chernyshenko // Int. Appl. Mech.– 2012. – 48, No. 6. – P. 613–687.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ИМПУЛЬСНОГО ДИНАМИЧЕСКОГО НАГРУЖЕНИЯ НА КРИВОЛИНЕЙНЫХ ПОВЕРХНОСТЯХ КОНТАКТА

Ш. С. ФАЙЗИБАЕВ, Н. А. САМБОРСКАЯ, Ш. И. МАМАЕВ

Ташкентский институт инженеров железнодорожного транспорта, Узбекистан

Ранее эти явления анализировались с использованием аналитических зависимостей теории контактных напряжений, базирующихся на исследованиях Герца [1, 2].

В данной статье предложены модели и аналитические зависимости для оценки импульсных контактных взаимодействий моделей двух упругих цилиндров [2, с. 602, 603], эквивалентных:

– колесу локомотива с радиусом кривизны R_k в вертикальной продольной плоскости его перекачивания по рельсам;

– головке рельса с радиусом кривизны R_p в вертикальной поперечной плоскости, перпендикулярной к первой.

Первый вариант решения этой задачи был выполнен в [3], новые данные включили следующие положения.

1 Для модели сжатого объема материала колеса уравнения в смешанных производных и соотношения теории наибольших относительных деформаций [3]

$$\frac{\gamma}{gE} \cdot \frac{\partial^2 U_0}{\partial t^2} - \beta \frac{\partial U_0}{\partial z} + \mu \left(\frac{\partial^2 U_0}{\partial S^2} + \frac{\partial^2 U_0}{\partial y^2} \right) - \frac{\partial^2 U_0}{\partial z^2} = \frac{n_1}{ES_0} e^{-\beta z} \cos \frac{\pi S}{2a} \cos \frac{\pi y}{2b} \cos k\omega_c t, \quad (1)$$

где n_1 – амплитуда сил реакций основного материала колеса локомотива на модель ОС.

Решение этого уравнения было получено в виде

$$U_0(z, S, y, t) = U_0(z) \cos \frac{\pi S}{2a} \cos \frac{\pi y}{2b} \cos k\omega_c t \quad (2)$$

с функцией $U_0(z)$, удовлетворяющей краевым условиям

$$U_0(0) = U_0, \quad U_0'(0) = \frac{P_1}{S_0 E}, \quad U_0(h_k) = 0; \quad (3)$$

при дополнительном соотношении

$$U_2(h_k) = U_2(0) e^{-\beta_0 h_k}; \quad (4)$$

$$\frac{d^2 U_0}{dz^2} + \beta \frac{dU_0}{dz} + \lambda_0^2 U_0 = -n_1 e^{-\beta z}. \quad (5)$$

Решение однородного уравнения для (1) при $\frac{\partial^2 U_0}{\partial S^2} = \frac{\partial^2 U_0}{\partial y^2} = 0$ было получено в виде

$$U_{o1}(z) = \sum_{k=1}^n U_{ok} \cos \frac{\pi K z}{2h_k} \cos K\omega_c t \quad (6)$$

при $K\omega_c = \frac{K\pi U_{3в}}{2h_k}$ и $K = 1, 3, 5$.

Предварительные расчеты λ_0^2 для условий работы колесных пар локомотивов доказали устойчивость колебаний второй формы ($K = 3$) в виде

$$U_k \cos \frac{3\pi z}{2h_k} \cos \frac{3\pi U_{3в}}{2h_k} t, \quad U_k \cos \frac{3\pi z}{2h_k} \cos \frac{3\pi U_{3в}}{2h_k} t.$$

Поэтому была получена формула

$$\lambda_0^2 = \frac{\pi^2}{4} \left[\frac{9}{h_k^2} + \mu \left(\frac{1}{a^2} + \frac{1}{b^2} \right) \right]. \quad (7)$$

Решение уравнения (5), выполненное методом операционного исчисления, было получено в виде

$$U_o(z) = -\frac{P_1 e^{-\beta_o z}}{\psi_o S_o E} (tg \psi_o h_k \cos \psi_o z - \sin \psi_o z) + \frac{n_1}{ES_o \lambda_o^2} \left[\frac{\cos \psi_o z}{\cos \psi_o h_k} \left(e^{-\beta_o h_k} + \frac{\beta_o}{\psi_o} \sin \psi_o h_k - \cos \psi_o h_k \right) + \cos \psi_o z - e^{-\beta_o z} - \frac{\beta_o}{\psi_o} \sin \psi_o z \right], \quad (8)$$

где $\psi_o = \sqrt{\lambda_o^2 - \beta_o^2}$.

Для частного случая с $n_1 \neq 0$ условия (9) и (10) привели к уравнениям $\cos \psi_o h_k = 1$ или $\psi_o h_k = n2\pi$ ($n = 1, 2, 3 \dots$)

$$\mu \pi^2 h_k^2 \frac{a^2 + \theta^2}{a^2 \theta^2} = 7\pi + \ln [S_c(h_k) / S_o]^2$$

и формуле для расчета расстояния $Z = h_k$ до слоя модели ОС, которого достигают волны упругих деформаций сжатия,

$$h_k = a\theta \sqrt{\frac{7\pi^2 + [\ln S_c(h_k) : S_o]^2}{\pi^2 \mu (a^2 + \theta^2)}}. \quad (9)$$

2 Для модели ОС сжимаемого и сдвигаемого упругого стержня, нагружаемого одновременным воздействием вертикальных $P_1(P_c)$ сил и тяги $T_c(T_1)$ от колеса локомотива на рельсы. Такие условия нарушают симметрию импульсного цикла удельных давлений по координате S . Для оценки упругих деформаций сжатия и сдвига в материале моделей ОС использовались функции $U_c(Y, Z, S, t)$, $U_s(Y, Z, S, t)$ и уравнения в смешанных производных, учитывающие всестороннее сжатие материала этой модели

$$-\frac{\gamma}{gE} \cdot \frac{\partial^2 U_c}{\partial t^2} + \frac{\partial^2 U_c}{\partial z^2} + \frac{\partial U_c}{\partial S^2} + \frac{\partial^2 U_c}{\partial y^2} = \frac{\pi P_1}{2h_k S_o E} \cos \frac{\pi y}{2\theta} \sin \left(\frac{\pi z}{2h_k} + \frac{\pi U_{3B}}{2h_k} t \right) \cos \left(\frac{\pi S}{2l_k} + \frac{\pi U_{3C}}{2l_k} t \right); \quad (10)$$

$$-\frac{\gamma}{gG} \cdot \frac{\partial^2 U_s}{\partial t^2} + \frac{\partial^2 U_s}{\partial z^2} + \frac{\partial U_s}{\partial S^2} + \frac{\partial^2 U_s}{\partial y^2} = \frac{T_1 \pi^2}{4l_k S_o G} \cos \frac{\pi y}{2\theta} \sin \left(\frac{\pi z}{2h_k} + \frac{\pi U_{3B}}{2h_k} t \right) \cos \left(\frac{\pi S}{2l_k} + \frac{\pi U_{3C}}{2l_k} t \right), \quad (11)$$

где U_{3B} и U_{3C} – скорость движения волн упругих деформаций сдвига; $\pm l_k$ – расстояние по координате S от вектора P_1 до точек в материале модели ОС, нагружаемых волнами упругих деформаций сдвига, имеющих скорости движения U_{3C} .

Решения этих уравнений в [3] позволили получить формулы для расчетов:

$$h_k = \frac{4}{aC_1} \sqrt{\frac{G}{E}} \pm \sqrt{\frac{15}{4C_1} + \frac{16G}{a^2 C_1^2 E}}; \quad (12)$$

$$\text{при } C_1 = \frac{1}{a^2} \left(4 \frac{G}{E} + \frac{1}{4} \right) + \frac{1}{4\theta^2}; \quad (13)$$

$$l_k = \frac{4}{h_k C_2} \sqrt{\frac{E}{G}} \pm \sqrt{\frac{16E}{h_k^2 C_2^2 G} + \frac{15}{4C_2}}; \quad (14)$$

$$C_2 = \frac{1}{h_k^2} \left(4 \frac{E}{G} - \frac{1}{4} \right) + \frac{1}{4\theta^2}, \quad (15)$$

а также уравнения для определения коэффициентов форм колебаний с произведениями функций $\sin(A) \cos(B)$ и $\cos(A) \sin(B)$ из правых частей (10) и (11):

$$U_{c1} \left(\frac{3,75}{h_{k2}^2} - C_1 \right) + \frac{8U_{c2}}{h_{k2} a} \sqrt{\frac{G}{E}} = \frac{\pi^3 P_c}{32Eabh_k}, \quad \frac{8U_{c2}}{h_{k2} a} \sqrt{\frac{G}{E}} + U_{c2} \left(\frac{3,75}{h_{k2}^2} - C_1 \right) = 0; \quad (16)$$

$$U_{s1} \left(\frac{3,75}{l_{k2}^2} - C_2 \right) + \frac{8U_{s2}}{h_k l_{k2}} \sqrt{\frac{E}{G}} = \frac{\pi^3 T_c}{32Gl_k ab}, \quad \frac{8U_{s2}}{h_k l_{k2}} \sqrt{\frac{E}{G}} + U_{s2} \left(\frac{3,75}{l_{k2}^2} - C_2 \right) = 0. \quad (17)$$

При известных значениях h_k и l_k расчет параметров упругих колебаний и динамических напряжений материалов моделей ОС и ОС выполняется с использованием ЭВМ.

Заключение. 1 На основе теории колебаний предложены методы расчетного анализа моделей динамических взаимодействий контактирующих поверхностей при импульсном нагружении.

2 Показано, что упругие деформации в материале колес локомотивов при соударениях с рельсами достигают глубины 21–31,5 мм, а амплитуды динамических напряжений существенно превышают определяемые по формулам теории контактных напряжений.

Список литературы

1 Писаренко, Г. С. Справочник по сопротивлению материалов / Г. С. Писаренко, А. П. Яковлев, В. В. Матвеев. – Киев : Наукова думка, 1975. – 704 с.

2 Писаренко, Г. С. Вибропоглощающие свойства конструкционных материалов / Г. С. Писаренко, А. П. Яковлев, В. В. Матвеев. – Киев : Наук. думка, 1971. – 369 с.

3 Глушенко, А. Д. Моделирование динамического нагружения в поверхностных слоях колесных пар локомотивов при соударении с рельсами / А. Д. Глушенко, Ш. С. Файзибаев, А. Н. Авдеева. – Ташкент : ФАН, 2000. – Проблемы механики. – № 2. – С. 45–49.

УДК 652.2

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ СПОСОБА КРЕПЛЕНИЯ ГРУЗА В ВАГОНЕ НА ПРОЧНОСТЬ УПАКОВКИ

О. С. ЧАГАНОВА

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

При транспортировке железнодорожным транспортом грузы испытывают воздействие переменных нагрузок, которые обусловлены неравномерностью движения подвижного состава. Размещать и крепить тарно-упаковочные грузы в крытых вагонах необходимо с учетом обеспечения их сохранности, полного использования грузоподъемности или вместимости вагонов, безопасности движения поездов, производства маневровых и погрузочно-разгрузочных работ. В большинстве случаев упаковка штучных грузов не обладает высокой жесткостью, поэтому допускает относительную подвижность груза внутри грузового места. Вследствие движения вагонов и производства маневровых операций в элементах упаковки и вагона могут возникать напряжения и деформации, которые могут привести к несохранной перевозке груза.

В настоящее время наиболее часто при размещении груза в подвижном составе железных дорог колеи 1520 мм применяется крепление с помощью брусков и щитов. Такие стандартные средства крепления обладают высокой жесткостью. Из-за этого при действии динамических нагрузок, связанных с соударением вагонов при маневровой работе, возможно повреждение креплений и упаковки. Также нередки ситуации, при которых груз является жестким, а упаковка менее жесткой, вследствие того, что внутри нее имеются пустоты. В таких случаях может оказаться, что чрезмерные силы, действующие на упаковку со стороны средств крепления, приведут к повреждению упаковки и, как следствие, самого груза. В связи с этим выполнен анализ прочности упаковки груза, закрепленного в вагоне с помощью стандартных средств крепления, при соударении вагонов.

В среде программного комплекса MSC.ADAMS были разработаны компьютерные модели, описывающие динамику грузового места, включающего цилиндрические катушки, разделенные сепараторами и размещенные внутри картонной упаковки. Картонная коробка, в которой размещался груз, была промоделирована с помощью пружин. Рассматривались перемещения одного ряда грузов, лежащего в продольной вертикальной плоскости. Изучались модели с различным количеством грузов в горизонтальных рядах и разным количеством рядов. Установлено, что после удара максимальное смещение центра масс верхней катушки в рассматриваемой модели относительно поддона в продольном направлении может достигать 0,18 м. После ряда колебаний смещение катушки устанавливается на значении 0,1 м. Такое перемещение является слишком большим для сохранения целостности упаковки груза.

Также были определены значения сил, возникающих в упаковке штучного груза. Получено, что максимальное значение силы, которая действует в пружинах, описывающих упаковку груза, наблюдается в момент времени 0,1 с и равно 2,72 кН. Значительные амплитуды колебаний таких сил свидетельствуют о повышенных инерционных нагрузках, которые испытывают катушки, упа-

ковка и средства крепления, что может приводить к их повреждению в процессе транспортировки. К моменту времени 0,8 с значение силы устанавливается на уровне 1,83 кН.

Значения сил, полученные с помощью программного комплекса MSC.ADAMS, использованы в качестве исходных данных для дальнейших исследований и компьютерного моделирования в программном комплексе ANSYS. Выполнение уточненного анализа прочности упаковки потребовало определения реальных механических свойств упаковочных материалов, так как значительная их часть, необходимая для расчетов, отсутствует в нормативной документации.

Проведено экспериментальное определение свойств картона и обвязочной ленты. В результате проведенных на установке INSTRON 5567 испытаний обвязочной ленты установлено, что при реальных размерах поперечного сечения образца ленты предел прочности при растяжении равен 331,29 МПа, который соответствует разрывной силе 2435 Н. Таким образом, реальное значение разрывной силы обвязочной ленты оказалось меньше заявленных в документации 2670 Н, предоставленной производителем ленты и описывающей ее технические параметры. Это может быть одной из причин разрыва обвязочной ленты при соударении вагонов во время транспортировки. Также определено, что реальное значение максимального относительного удлинения ленты составляет 21 %, при том что в документации указано значение 12 %. Это может приводить к ослаблению натяжения обвязочной ленты при соударении вагонов и последующему нарушению целостности упаковки.

Также были проведены эксперименты по определению механических свойств картона марки П-35, используемого для изготовления упаковочных коробов. Испытания проводились для образцов картона при изгибе вдоль и поперек гофры картона. Был проведен анализ результатов испытаний картона, снятых с диаграммы деформации, на которой значения прогиба при изгибе вдоль и поперек гофры картона для начального этапа деформации совпадают. На этом участке силовое воздействие на картон еще невелико и средний слой картона, содержащий гофрированный элемент, не оказывает на свойства образца деформироваться существенного влияния. Однако при увеличении значения силового воздействия средний гофрированный слой начинает оказывать существенное влияние на изгиб образца. Результаты эксперимента были использованы для определения модуля упругости для картона марки П-35.

Кроме того, были получены диаграммы растяжения ленты клейкой универсальной (упаковочный скотч) по направлению вдоль и поперек ленты. При малых приложенных силах относительная деформация незначительно растет пропорционально напряжениям для обоих вариантов деформации скотча. При дальнейшем увеличении напряжения деформация растет более стремительно и достигает значения напряжения, соответствующего пределу прочности, т.е. наибольшему значению напряжения, которое может выдержать материал без разрушения. Для образца, растягиваемого вдоль ленты, это напряжение равно 60,25 МПа, а для образца, растягиваемого поперек ленты, – 88,43 МПа. После этого происходит утончение образца и разрыв в месте утончения.

На основании полученных значений свойств обвязочной ленты, ленты клейкой универсальной и картона далее было произведено моделирование поддона с упакованными катушками для анализа деформаций и напряжений, возникающих в частях этой системы. С помощью метода конечных элементов на основе программного комплекса ANSYS было выполнена разработка расчетных моделей и на их основе конечноэлементных моделей деформирования крышки картонного короба упаковки и сепараторов, расположенных между катушками.

Результаты расчетов картонного короба в месте, где проходит обвязочная лента, показали, что наибольшие напряжения возникают в месте сгиба картона. Зонами, в которых возникает повреждение коробки, являются области соприкосновения ленты с местами перегиба картона. Расчеты, выполненные для различных значений ускорения вагона, показали, что при значении ускорения 2,9g наступает повреждение короба, вызванное продавливанием картона, которое происходит в соответствии с ГОСТ 7376–89 для картона марки П-35 при значении напряжения продавливания 1,6 МПа, что значительно меньше максимального значения касательного напряжения, полученного в результате расчетов и составляющего 3,56 МПа. Таким образом, упаковка будет разрушаться, что наблюдается на практике. Выполнен анализ целесообразности увеличения прочности и жесткости угловых ребер картонных упаковочных коробов наклеиванием полосок скотча.

Моделирование напряженно-деформированного состояния мест взаимодействия катушек и сепараторов показало, что максимальное напряжение, возникающее в сепараторе, равно 12,5 МПа. И наблюдаются по ободу углубления под катушку. Значения этих напряжений не оказывают существенного влияния на прочность сепаратора. Результаты исследования показали, что давление на короб со стороны сепаратора также относительно невелико и не приводит к повреждению упаковки.

В связи с тем, что способ крепления с помощью стандартных средств не обеспечивает в полной мере сохранность перевозимого груза, предложено использовать пневмооболочки. Указанный вид крепления позволяет распределить силы, действующие на упаковку по большей площади по сравнению с брусками, и обладает мягкими характеристиками, следовательно, его использование обеспечивает лучшую сохранность грузов. Также при использовании пневмооболочек возможно заполнение ими всего свободного пространства для предотвращения как продольных, так и поперечных перемещений. Однако использование пневмооболочек связано с необходимостью учета не только выдерживаемой нагрузки и ширины заполняемого пневмооболочкой пространства, но и размера пневмооболочки по отношению к размерам грузового места, возле которого он устанавливается. Предложена методика крепления грузов в вагоне с помощью пневмооболочек, учитывающая влияние их расстановки на продольные и поперечные силы, которые действуют на крепления, при различных параметрах движения вагона.

УДК 539.373

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НАНОМОДИФИКАЦИИ УГЛЕПЛАСТИКА НА ОСТАТОЧНОЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ ПОСЛЕ ФОРМОВАНИЯ

ЧЖО АУНГ ЛИН, Л. Н. РАБИНСКИЙ

Московский авиационный институт (НИУ), Российская Федерация

В работе проводилось исследование влияния наномодификации углепластика на остаточное напряженно-деформированное состояние после формования. Как правило, композиты формируются при повышенных температурах, после чего происходит их охлаждение до температуры эксплуатации. В силу высокой анизотропии физико-механических свойств при охлаждении происходит неравномерная по толщине и направлениям усадка слоев композита, что приводит к появлению остаточных прогибов и внутренних напряжений в композитных деталях. Одним из способов снижения остаточных напряжений и деформаций является наномодификация. Внедрение наноразмерных частиц в состав композита или его компонентов (волокна или связующего) позволяет не только повысить его физико-механические свойства, но и улучшить картину остаточного напряженно-деформированного состояния.

Рассматривается многослойная панель из полимерного композита, обладающая анизотропией вследствие несимметрии свойств структуры пакета по толщине. Рассматриваемая панель свободна от нагрузки и закрепления. Определены коэффициенты линейного температурного расширения для k -го слоя, а также деформации слоя, вызванные начальным натяжением, в осях панели. Для аналитического расчета: пластина свободна от закрепления и внешней силовой нагрузки, температурная нагрузка – перепад на 100 °С. Для КЭ-расчета: пластина закреплена в точке геометрического центра, силовая нагрузка отсутствует, температурная нагрузка – перепад 100 °С. Для изготовленных пластин измерялись прогибы по каждой из четырех сторон. Для этого на ровной поверхности фиксировались две крайние точки, прогиб измерялся по центру стороны штангенциркулем. Рассмотрена плоская панель без начальной кривизны со свободными от нагрузки и закрепления краями, подверженную действию температурного поля, равномерно распределенного по толщине. Поверхность приведения совпадает с срединной поверхностью.

Результаты, полученные аналитическим и численным методами, идентичны. Наибольшее сходство с экспериментальными данными дает метод определения эффективных свойств монослоя.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 17-01-00837).

9 ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ВОСПИТАНИЯ СПЕЦИАЛИСТОВ ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА

УДК 316.628:37.01-057.875:378.09:656.0

МЕТОДЫ СТИМУЛИРОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СТУДЕНТА В ТРАНСПОРТНОМ ВУЗЕ

А. А. АКСЁНЧИКОВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Эффективность освоения любого вида деятельности во многом зависит от наличия у студента мотивации к данному виду деятельности. Деятельность протекает более эффективно и дает более качественные результаты, если у студента имеются сильные, яркие и глубокие мотивы, вызывающие желание действовать активно, преодолевать неизбежные затруднения, настойчиво продвигаясь к намеченной цели.

Учебная деятельность идет более успешно, если у студента сформировано положительное отношение к учению, есть познавательный интерес и потребность в познавательной деятельности, а также если у него воспитаны чувства ответственности и обязательности.

Наблюдения показывают, что многие студенты учатся далеко не в полную меру своих возможностей. Объясняется это частично тем, что преподаватели не всегда применяют формы и методы обучения, способствующие повышению активной познавательной работы студентов. Хотя и сами студенты (особенно первых курсов) не проявляют должного внимания к учебному процессу.

В результате исследований установлено, что общеобразовательная деятельность мотивируется познавательными интересами более 40 % студентов первого курса. У значительной части (50 % студентов) нет интереса к содержательной стороне профессиональных знаний. Теоретические познавательные интересы как самоцель наблюдаются среди студентов лишь в 3 %.

Малоизученность проблемы активизации, развития творческой активности студентов является одной из главных причин того, что в периодической печати, методических пособиях, официальных документах указывается на недостатки обучения студентов.

Общеизвестно, что преподаватели обладают глубокими знаниями по специальности, многие имеют большую практику обучения, воспитания молодежи. Большинство преподавателей являются хорошими лекторами, мастерами педагогического дела. В каждом учебном коллективе имеются преподаватели, прекрасно владеющие мастерством преподавания. Безусловно, всё это – результат длительной, целеустремленной работы каждого преподавателя. Эффективные способы и приемы отбираются, накапливаются ими в процессе длительных поисков, часто методом проб и ошибок.

Ученые-педагоги, критически анализируя формы и методы обучения, отмечают, что методика обучения часто опирается на воспроизводящую деятельность студента, на запоминание определенного круга фактического материала. Конечно, есть студенты, которые в учебной работе проявляют высокую активность и, участвуя в научной работе, развивают свои творческие способности. Они не ограничиваются слушанием и конспектированием лекции или чтением лишь страниц названного учебника. Их аудиторная и внеаудиторная учебная работа характеризуется самостоятельным изучением конспекта лекций, чтением дополнительной литературы, умением самостоятельно мыслить, поиском новых способов решения задачи. Эти студенты стремятся глубже понять не только содержание материала, но и способы добывания новых знаний, сами принимают активное участие в научном поиске. Однако, к сожалению, имеется немало студентов, которые занимаются только на «удовлетворительно». Они порой добросовестно посещают лекции, выполняют практические задания, но при этом не проявляют особой активности и творчества.

Профессиональная мотивация выступает как внутренний движущий фактор развития профессионализма и личности, так как только на основе ее высокого уровня формирования, возможно эффективное развитие профессиональной образованности и культуры студента.

Психологическая стратегия транспортного вуза состоит в том, чтобы обеспечить: усиление профессиональной мотивации и профессиональной деятельности будущего специалиста, стимулирование творческого потенциала, развитие интеллектуальных, эмоциональных, волевых и духовных качеств, его творческое преобразование и адаптацию к новым условиям.

Содержание формирования профессиональной мотивации личности студента в вузе может быть определено по трем основным направлениям:

- формирование потребностей и мотивов профессионального развития;
- формирование знаний, умений и навыков самостоятельной деятельности по самовоспитанию и саморазвитию;
- оценка профессиональных способностей и возможностей, сравнение их с образом искомого результата (предметом, целью), планирование изменений в системе мотивации достижения.

Интерес студента во всех его видах и на всех этапах развития характеризуется: положительной эмоцией по отношению к деятельности; наличием познавательной стороны этой эмоции; наличием непосредственного мотива, идущего от самой деятельности.

Один из приемов, вводящих в метод эмоционального стимулирования учения, – прием создания на занятиях ситуаций занимательности (введение в учебный процесс занимательных примеров, опытов, парадоксальных фактов).

Важную роль в мотивации учения играет *содержание учебного материала*. Мотивационное влияние может оказывать не всякий учебный материал, а лишь такой, информационное содержание которого соответствует наличным и вновь возникающим потребностям студента. Для этого содержание учебного материала должно быть вполне доступно студенту, должно исходить из имеющихся у него знаний, но в то же время материал должен быть достаточно трудным и сложным. Информационно бедный материал также не обладает мотивационным эффектом, он не вызывает и не формирует положительных устойчивых мотивов учебной деятельности.

Организация учебной деятельности – один из путей формирования мотивации. Содержание учебного материала усваивается студентом в процессе учебной деятельности. От того, какова эта деятельность, из каких частей (отдельных учебных занятий) она состоит, как эти части между собой соотносятся, т. е. какова структура учебной деятельности, во многом зависит результат обучения, его развивающая и воспитывающая роль. Успешность учебной деятельности зависит также от того, на что она направлена, какие цели осуществляет студент при этом, направлены ли эти цели на овладение учебным материалом как самостоятельной целью или же учебная деятельность служит для них лишь средством для достижения целей, не связанных с содержанием обучения.

Изучение темы учебной программы должно состоять из следующих трёх основных этапов: мотивационного, операционально-познавательного и рефлексивно-оценочного. На *мотивационном этапе* студент должен осознать, почему и для чего ему нужно изучить данный раздел программы. На *операционально-познавательном этапе* студент усваивает содержание темы (раздела) программы и овладевает учебными материалами, входящими в его содержание. Роль данного этапа в становлении мотивации учебной деятельности зависит главным образом от того, будет ли ясна студенту необходимость всего содержания и отдельных его частей, всего учебного материала для решения основной задачи, поставленной на мотивационном этапе. *Рефлексивно-оценочный этап* – итоговый в процессе изучения темы, когда студент учится анализировать собственную учебную деятельность, оценивать ее, сопоставляя результаты деятельности с поставленными основными и частными задачами (целями). Качественное проведение этого этапа имеет огромное значение в становлении мотивации учебной деятельности.

Для формирования положительной устойчивой мотивации учебной деятельности важно, чтобы главным образом в оценке работы студента был качественный анализ этой работы, подчеркивание всех положительных моментов, продвижений в освоении учебного материала и выявление причин имеющихся недостатков, а не только их констатация. Этот качественный анализ должен направляться на формирование у студента адекватной самооценки работы.

Развитие познавательной активности студента зависит от обучающего воздействия на него со стороны преподавателя, а также личного багажа знаний студента. Источниками познавательной активности могут быть: содержание учебного материала, процесс обучения, который выступает как процесс организации познавательной активности студента. Формами проявления познавательной активности на занятии являются самостоятельность, индивидуальное творчество.

Пути становления и особенности мотивации для каждого студента индивидуальны и неповторимы. Задача состоит в том, чтобы, опираясь на общий подход, выявить, какими сложными, иногда противоречивыми путями происходит становление профессиональной мотивации студента.

Успешное преподавание немыслимо без стимулирования активности студента в процессе обучения. Стимулирование выполняет задачу – привлечь внимание студента к теме, пробудить у него любознательность, любопытство, познавательный интерес.

УДК 378.14

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ДИАГНОСТИЧЕСКОГО АППАРАТА УЧЕБНЫХ ДИСЦИПЛИН КАК ФАКТОР УМЕНЬШЕНИЯ СУБЪЕКТИВНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ СТУДЕНТА

Д. Ю. АЛЕКСАНДРОВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Высшее образование в Республике Беларусь претерпевает существенные изменения, связанные со вступлением в Болонский процесс. К концу 2018 года уже должен быть сформирован и утвержден новый классификатор специальностей, обновлен Кодекс об образовании, постепенно разрабатываются проекты новых учебных планов и образовательных стандартов и т. д. Однако отличия между образовательными системами Беларуси и стран Европы гораздо глубже, чем может показаться на первый взгляд, и они не могут быть преодолены простой адаптацией существующей системы под требуемые нормы. Важнейшее различие между этими системами – отношение потенциального студента к вузу как организации, осуществляющей подготовку высококвалифицированных кадров для различных отраслей промышленности, будущей профессии, а также к системе высшего образования в целом.

Потенциальный студент из стран, входящих в Болонский процесс, более осознанно относится к выбору профессии, его интересует прежде всего возможность реализации своего потенциала, престижность профессии и возможные перспективы карьерного роста. Это приводит к конкурентной борьбе на различных этапах обучения. В данном случае конкуренция является двигателем образования и мотивирует студента качественно выполнять все свои обязанности. В Беларуси абитуриенты практически не осознают, чем они будут заниматься в период обучения, не владеют в нужном объеме представлениями о специальностях высшего образования, не знают, какую профессию выбрать и т. д. Частично на поступление в вуз мотивирует отсрочка от службы в армии. Совместно с этим избыток бюджетных мест приводит к отсутствию конкурса (и что еще хуже – дополнительному набору) на некоторые специальности. Такая совокупность факторов существенно снижает эффективность высшего образования. Решение этой проблемы возможно только при совместной работе всех участников образовательного процесса, а также различных министерств и ведомств.

Возвращаясь к конкурентной борьбе в студенческой среде как движущей силе, следует отметить, что в таком случае для объективного ранжирования студентов (выставления оценки) необходим разнообразный диагностический аппарат. Студент должен четко понимать, на каком уровне он находится, знать свои слабые стороны и иметь возможность целенаправленно работать над совершенствованием своих знаний и навыков. В учебно-методических комплексах большинства дисциплин в разделе, содержащем критерии оценки деятельности студента, содержатся такие критерии, как активная работа на занятиях, участие в групповых обсуждениях проблемных вопросов, высокий уровень культуры исполнения заданий и т. д. Эти критерии вносят существенную субъективную составляющую в общую оценку студента по конкретной дисциплине. Частично это оправдано тем, что у студента появляется стимул посещать занятия и пытаться активно на них работать. Однако негативных последствий в таком случае больше. При таком подходе одинаковые оценки, выставленные различными преподавателями по конкретной дисциплине, имеют разный «вес». Также студент ассоциирует дисциплину с преподавателем и зачастую стремится не углублять свои знания по предмету, а создавать видимость активной работы с относительно удовлетворительным результатом. Традиционные формы сдачи экзамена (зачета), предполагающие ответ на несколько вопросов из всего курса дисциплины, а также возможные задачи, не позволяют оценить знания студента по всему материалу дисциплины в целом.

Необходимо применение таких средств диагностики компетенций, которые бы позволили создать своеобразную «стену» между преподавателем, студентами и предметом, позволяющую прежде всего отделить личность преподавателя от дисциплины. Также важно понимать, что посещаемость занятий и активная работа должны быть обусловлены содержанием материала дисциплины и методиками преподавания, а не возможными «бонусами» за участие. При таком подходе оценка по дисциплине будет полностью соответствовать уровню знаний студента и позволит потенциальному работодателю более эффективно вести работу по подбору кадров.

Для большинства дисциплин, чтобы выставить оценку от 1 до 7 баллов, возможно введение аналога централизованного тестирования, как по отдельным разделам, так и по всем темам дисциплины. Слово «тестирование» не совсем корректно отражает содержание такой аттестационной работы. Также слова «тестирование» или «тесты» воспринимаются некоторыми деятелями образования с некоторым скептицизмом, который обусловлен прежде всего представлениями о таких заданиях, как вопросы с четырьмя вариантами ответов, и не более. Это свидетельствует о низком уровне осведомлённости о возможностях диагностических средств такого рода. Существуют задания открытого и закрытого типов. Задания закрытого (альтернативный выбор, множественный выбор, установление соответствия, установление последовательности) и задания открытого типа (задания-дополнения) эффективны при выставлении оценок от 1 до 7 баллов. При этом возможны различные комбинации заданий закрытого типа. Например, можно комбинировать множественный выбор и установление последовательности: из перечня технологических операций выбрать те, которые относятся к конкретной указанной в задании технологии и расположить их в правильной последовательности. Приведенный пример практически исключает возможность правильного ответа наугад. Также можно комбинировать множественный выбор и установление соответствия – когда в нескольких множествах существуют «лишние» элементы, а между остальными необходимо установить соответствие. Задания закрытого типа с альтернативным выбором (предполагающие только два ответа: «да/нет» или «правильно/неправильно») целесообразно использовать при проверке уровня владения терминологией специальности, понимания сложных процессов, способности работать с материалом в виде графиков или таблиц. Однако число заданий такого типа необходимо минимизировать, так как высока вероятность выбора правильного ответа наугад. Задания-дополнения предполагают самостоятельный ответ на поставленный вопрос, однако возможности студента в этом случае частично ограничены. Например, представлена часть технического текста по специальности с пропущенными словами или другими элементами, и задание предполагает заполнение пропущенных мест в тексте. Такой вариант задания также применим для схем, диаграмм и чертежей.

Целесообразно разделять вопросы по уровням сложности и назначать им различную стоимость в баллах за правильный ответ. Так, альтернативный выбор может быть оценен в минимальную сумму баллов, а множественный выбор и установление соответствия – в максимальную. Составление таких заданий, их корректировка и проверка – достаточно трудоёмкий процесс, даже при использовании современного программного обеспечения. Однако сам процесс приема экзамена или зачета (защиты курсового проекта или работы) в случае использования программного обеспечения и соответствующих технических средств значительно упрощается. Результат становится известен мгновенно и практически не может быть подвергнут сомнению. Однако это возможно лишь только в том случае, если задания были составлены адекватно уровню пониманию студента – вопрос сформулирован четко и правильный ответ не может иметь различных трактовок.

Задания открытого типа (задания свободного изложения) предполагают развернутый ответ на поставленный вопрос и эффективны для выставления оценок от 8 до 10 баллов. Задания свободного изложения – это традиционные вопросы в экзаменационных билетах. Но в таком случае к ним будут предъявляться несколько другие требования, так как прежде всего они должны быть направлены на выявление творческих способностей студента. Они не должны содержать описательной части. Их назначение – моделирование различных ситуаций, для решения которых студент должен использовать междисциплинарный подход, владеть в совершенстве всем объемом материала дисциплины, а также в течение семестра работать с дополнительными источниками литературы.

На кафедре «Проектирование, строительство и эксплуатация транспортных объектов» проходят апробацию различные формы описанных выше аттестационных работ. Они находят применение при защите лабораторных, расчетно-графических работ, курсовых проектов. Также в университетской олимпиаде для студентов специальности «Автомобильные дороги» представлены задания закрытого и открытого типов различного уровня сложности. Аналогичным образом проходит и тео-

ретическая часть международной олимпиады для студентов вузов, осуществляющих подготовку специалистов дорожной отрасли.

Важнейшим этапом является обязательное обсуждение со студентами структуры и содержания работы, а также доступности заданий для понимания. Многолетнее преподавание специальных дисциплин для преподавателя влечет за собой так называемое «проклятие знания». Механизм обратной связи дает возможность преподавателю взглянуть на процесс изучения учебного материала глазами студента и в последствии внести коррективы в аттестационную работу.

УДК 37.017:378.1

ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ МАГИСТРАТУРЫ В ПРОЦЕССЕ ПОДГОТОВКИ ВЫСОКОКВАЛИФИЦИРОВАННЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ

А. Б. БЕССОЛЬНОВ, Н. В. БЕССОЛЬНОВА

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Магистратура как вторая ступень высшего образования играет определяющую роль в подготовке специалистов для всех сфер народного хозяйства. В отличие от первой ступени, бакалавриата, магистранты осваивают дисциплины на более высоком теоретическом и содержательном уровне. К выпускникам магистратуры предъявляются повышенные требования в связи с тем, что они направляются на работу, связанную со сложным и творческим характером самой трудовой деятельности, с умением самостоятельно принимать неординарные решения и нести за них персональную ответственность.

Подготовка работника такого типа через магистратуру обеспечивается постоянным совершенствованием двуединого процесса обучения и воспитания в современном вузе. Причем, если в учебном процессе профессорско-преподавательским составом достаточно активно и успешно используются инновационные методики обучения, то воспитательный потенциал магистратуры, на наш взгляд, во многих отношениях еще не востребован в должной мере.

Мы рассмотрим, прежде всего, воспитательные аспекты преподавания учебных дисциплин, не обращаясь к проблемам внеаудиторной воспитательной работы с магистрантами. Многолетний педагогический опыт нашей работы позволяет наметить ряд подходов в этом направлении.

В каждом учебном курсе целесообразно выделять те элементы его содержания, которые обладают воспитательным потенциалом. Таковыми являются выдающиеся представители данной научной отрасли, известные факты достижений как отечественной, так и мировой науки. Примеры практического применения научных достижений в тех или иных отраслях народного хозяйства, эффективность от их внедрения оказывают сильное воспитательное воздействие на обучаемых. Сама личность педагога, организующего учебный процесс, выступает в качестве активного фактора воспитания. Правда, в этом случае педагог должен обладать целым комплексом морально-нравственных, педагогических качеств, быть интересным собеседником с широким кругозором.

Значительная роль в воспитании современного специалиста, в т. ч. и будущего педагога, отводится дисциплине «Педагогика и психология высшей школы». Главной целью данного учебного курса является формирование у магистрантов психолого-педагогических компетенций, обеспечивающих эффективное решение профессиональных и социально-личностных проблем педагогической деятельности в вузах.

Само теоретическое содержание этого учебного предмета обладает широкими воспитательными возможностями. Так, магистрант, изучая такие темы, как «Основные методы, формы и средства обучения в вузе», «Самостоятельная и научно-исследовательская работа студента» и т. п., совершенствует индивидуальные умения и навыки самообучения и самовоспитания. Такие навыки подкрепляются использованием активных форм преподавания учебного курса: проблемное обучение, диспуты, дискуссии, кейс-технологии и др. Магистранты разрабатывают сценарные планы проведения лекционных и практических занятий, готовят их презентации. Наиболее успешным из них предлагается подготовить и провести часть семинарского или лекционного занятия. Это способствует развитию самостоятельности, креативности, ответственности, коммуникабельности и других необходимых качеств, связанных с будущей профессией.

Специфика развития современных научных отраслей знаний связана с тем, что в них нет окончательных выводов и абсолютных истин. Идет постоянная дискуссия, столкновение различных научных школ и парадигм. Поэтому организация учебных занятий в форме дискуссий и «круглых столов» позволяет преподавателю активизировать учебно-познавательную деятельность магистрантов и усилить воспитательное воздействие таких форм занятий на обучаемых.

В рамках дисциплины «Педагогика и психология высшей школы» магистранты нашего вуза активно принимали участие в обсуждении таких проблем, как «Болонский процесс европейского высшего образования и система высшего образования Республики Беларусь: плюсы и минусы», «Специалист XXI века: каким ему быть?» и др.

В профессиональном становлении и социализации магистрантов решающее значение имеет состояние и качество образовательной среды, их окружающей. Под образовательной средой в современной педагогике понимается система условий, создающихся на уровне целого образовательного учреждения, в котором протекает профессиональная деятельность преподавателей и учебно-познавательная деятельность учащихся, в т. ч. их общение и деятельность по интересам во внеучебное время. Образовательная среда всегда представляет собой совокупность условий и факторов, которые характеризуют собой ту реальность, в которой не просто осуществляется образовательный процесс, а происходит длительная часть деятельности её субъектов: преподавателей, студентов и магистрантов [1, с. 198].

Чем больше и полнее педагог использует развивающие возможности образовательной среды, тем более успешно он обеспечивает развитие личности студентов не только педагогическими средствами и не только в педагогическом процессе. Чем больше и полнее студент или магистрант использует возможности образовательной среды для удовлетворения своих потребностей и реализации своего личностного потенциала, тем более успешно происходит его свободное и активное саморазвитие.

Успешность развития личности и социализации индивида в образовательной среде:

– во-первых, определяются профессиональной компетентностью, уровнем общей культуры, а также личностными особенностями агентов социализации, прежде всего, педагогов, психологов, затем административного и технического персонала, а также сверстников субъектов учения – учащихся или студентов;

– во-вторых, зависят от авторитетности агентов и сверстников для социализируемого индивида и степени доверия к ним с его стороны.

При организации воспитательного процесса в магистратуре профессорско-преподавательскому составу важно знать и представлять те или иные изменения в личностном развитии студенческого контингента, уметь налаживать и эффективно использовать обратную психологическую связь. В этом отношении следует регулярно проводить социологические опросы, анкетирование, позволяющие более-менее точно выявлять мотивацию, запросы и интересы студенческой молодежи.

В современной педагогической науке выделяют ряд признаков для оценки эффективности влияния образовательной среды вуза на социализацию и развитие личности будущего специалиста. Укажем наиболее значимые из них: принятие студентом образовательного учреждения с его функциональными, предметно-рекреационными и эстетическими характеристиками как субъективно аттрактивного пространства и переживание своего пребывания в нём в виде чувства привязанности, комфортности, принадлежности к «своему», духовно-профессиональному сообществу; полнота (разносторонность) вхождения в образовательную среду, открытие для себя возможностей самореализации различного уровня – от эпизодического партнерства до события, дружбы и любви [1, с. 204].

Использование активных, инновационных форм и средств обучения и воспитания в аудиторной работе позволяет формировать у выпускников магистратуры необходимые профессиональные и социальные качества. Но ведущей фигурой в этом сложном процессе всегда был и остается преподаватель высшей школы.

Список литературы

1 **Бордовская, Н. В.** Психология и педагогика : учеб. для вузов / Н. В. Бордовская, С. И. Розум. – СПб. : Питер, 2013. – 624 с.

2 **Бороздина, Г. В.** Основы психологии и педагогики : учеб. пособие / Г. В. Бороздина. – Минск : Выш. шк., 2016. – 415 с.

3 **Невзорова, А. Б.** Философские и социально-гуманитарные аспекты высшего инженерного образования : [монография] / А. Б. Невзорова, Е. Г. Кириченко, А. Б. Бессольнов ; М-во трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2016. – 242 с.

ОРГАНИЗАЦИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ – ОСНОВА ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНТНОЙ ЛИЧНОСТИ СПЕЦИАЛИСТА

Г. И. БЛИЗНЕЦ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Не старайтесь удовлетворить свое тщеславие, обучая слишком многому. Возбудите только любопытство. Откройте своим слушателям глаза, но не перегружайте мозг. Достаточно заронить в него искру. Огонь сам разгорится там, где для него есть пища.

А. Франс

Ключевыми навыками, определявшими грамотность в индустриальную эпоху, были чтение, письмо и арифметика. В XXI веке акценты смещаются в сторону умения критически мыслить, способности к взаимодействию, творческого подхода к делу. Сегодня, чтобы найти свое место в современном мире, необходимо развивать те способности, которые не доступны роботам. Развитие критического и творческого мышления, расширение свободы выбора образовательной траектории как раз позволяют это делать.

Динамизм современного общества, развитие цифровой экономики, возрастание роли человеческого капитала нацеливают высшую школу на формирование творческой личности специалиста, независимо от направления и характера работы, способного к саморазвитию, самообразованию, инновационной деятельности. Студент и выпускник вуза должны не только получать знания по предметам программы, овладевать умениями и навыками использования этих знаний, методами исследовательской работы, но и уметь самостоятельно приобретать новые знания. Решить эти задачи вряд ли возможно только путем передачи знаний в готовом виде от преподавателя к студенту.

По мнению А. Дистервега, развитие и образование ни одному человеку не могут быть даны или сообщены. Всякий, кто желает к ним приобщиться, должен достигнуть этого собственной деятельностью, собственными силами, собственным напряжением, поэтому задача преподавателей научить студентов самостоятельно приобретать знания, анализировать информацию, прорабатывать её и использовать в учебной, научной, профессиональной деятельности; для приобретения способности принимать на себя социальную ответственность, находить конструктивные решения, выход из любой кризисной ситуации и т. д. В этой связи мы согласны с утверждением И. Канта, что «не мыслям надобно учить, а мыслить...».

Мы полагаем, что возможны два основных направления построения учебного процесса на основе самостоятельной работы студентов.

Во-первых – увеличение роли самостоятельной работы в процессе аудиторных занятий. Реализация этого пути требует от преподавателей разработки методик и форм организации семинаров и лекций, способных обеспечить высокой уровень самостоятельности студентов и улучшение качества подготовки.

Во-вторых – повышение активности по всем направлениям самостоятельной работы во внеаудиторное время. Ведущую роль мы отводим самостоятельной управляемой работе студентов (СУРС). Основным принципом её организации на нашей кафедре стал перевод всех студентов на индивидуальную работу с переходом от формального выполнения определенных заданий при пассивной роли самого студента к познавательной активности с формированием собственного мнения при решении поставленных проблемных вопросов и задач.

Цель СУРСа – научить студента осмысленно и самостоятельно работать с учебным материалом, затем с научной информацией, заложить основы самоорганизации и самовоспитания с тем, чтобы привить умение в дальнейшем непрерывно развивать свой интеллектуальный потенциал. При изучении каждой дисциплины организация СУРСа должна, на наш взгляд, представлять единство трех взаимосвязанных форм: внеаудиторная самостоятельная, аудиторная самостоятельная и научно-исследовательская работа.

Важнейшим условием эффективности СУРСа является разработка комплекса методического обеспечения данной формы учебной работы, поэтому нами подготовлено учебно-методическое пособие по организации и контролю самостоятельной работы студентов, в котором показаны различные формы сопровождения СУРС и пути повышения её эффективности.

Размышляя над технологическими аспектами организации самостоятельной работы студентов, мы, в первую очередь, сконцентрировались на выявлении условий активизации СУРС, способствующих формированию учебной и профессиональной компетенции. На наш взгляд, речь должна идти о таких факторах успешного выполнения СУРС, как мотивировка учебных заданий, четкая постановка целей и задач, определение алгоритма при выполнении заданий, проведение групповых и индивидуальных консультаций, определение форм отчетности, объема работы и сроков, индивидуализация заданий. Важно, чтобы студент понимал полезность выполняемой работы (например, результаты его работы используются в учебной и воспитательной работе).

Мы пришли к выводу, что организация самостоятельной работы студентов на рейтинговой основе благоприятно отражается на качестве обучения, так как имеет гибкий, вариативный, разноразноуровневый характер, стимулирует студентов работать систематически, позволяет сократить время на выяснение подготовленности студентов к занятиям, активизировать познавательную и творческую самостоятельность обучающихся, что значительно улучшает качество подготовки будущих выпускников.

Кроме того, самостоятельная работа имеет воспитательное значение: она формирует самостоятельность не только как совокупность умений и навыков, но и как черту характера, играющую существенную роль в структуре личности современного специалиста высшей квалификации, поэтому мы тщательно отбираем материал для СУРСа.

Развивая технологию организации СУРС, мы применяем и знакомим студентов с правилами рациональной организации умственной работы, сформулированными еще Н. А. Введенским (1852–1922): входить в работу не рывком, а постепенно втягиваясь в нее; выработать ритм труда, что служит средством психического побуждения человека и играет в его жизни исключительно высокую роль; соблюдать последовательность в решении всяких задач; разумно чередовать труд и отдых; понимать общественное значение труда.

Таким образом, мы уверены, что самостоятельная работа способствует:

- углублению и расширению знаний;
- формированию интереса к познавательной деятельности;
- овладению приемами процесса познания;
- развитию познавательных способностей.

Именно поэтому мы убеждены в необходимости дальнейшего переосмысления, коррекции и поиска новых решений в организации самостоятельной работы студентов, являющейся главным резервом повышения эффективности подготовки специалистов XXI века.

УДК 378.147

О МОБИЛЬНОМ ОБУЧЕНИИ В ПРЕПОДАВАНИИ ИНОСТРАННЫХ ЯЗЫКОВ

Л. В. БОГДАНОВА

Красноярский институт железнодорожного транспорта, Российская Федерация

В ближайшие годы по прогнозу европейских экспертов в образовании всё больше будут использоваться социальные сети, планшеты и облачные сервисы, что изменит роль преподавателя, а также решит проблему цифровой безграмотности обучающихся.

Сегодня смартфоны и планшеты есть почти у всех студентов, однако пользоваться ими на уроках иностранного языка разрешают далеко не всегда. Преподаватели часто спорят о том, что больше отвлекает от учебы – сам смартфон или разлука с ним. Согласно исследованию, проведенному в Сингапурском университете менеджмента, студенты начинают волноваться и допускают больше ошибок, если отбирать у них телефоны на время занятий. По данным исследователей, студенты, оставшиеся без любимых гаджетов, написали тест на 17 процентных пунктов хуже, чем те, которые всё оставили при себе. Ученые предположили, что снижение результатов может быть связано со страхом, беспокойством и потерей концентрации, ведь современные люди очень сильно привязаны к этим устройствам.

Мобильное обучение зародилось еще в 1990-х годах. Интеграция мобильных приложений в процесс обучения в зарубежных странах началась в 2002 году, и на протяжении последних 15 лет современные ученые продолжают исследовать эту проблему. Сегодня на сайте ЮНЕСКО можно в свобод-

ном доступе найти рекомендации по политике в области мобильного обучения. В отчете аналитической компании Dosebo приводится много интересных данных. Мировой рынок мобильного обучения достиг 5,3 миллиарда долларов в 2012 году. На развитие рынка большое влияние оказывает подход BYOD (Bring Your Own Device, англ. – принеси с собой свое устройство), который заключается в том, что люди приносят собственные устройства в учебные заведения или на рабочее место. Так, 90 % американских служащих используют свои смартфоны в рабочих целях. На встречах с заказчиками, переговорах с партнерами, безусловно, удобно иметь доступ к актуальной корпоративной информации (база контактов, проектов, прайс-листы, презентации и т. д.). Согласно опросу компании Cisco респонденты в России видят основные преимущества BYOD в увеличении производительности и расширении возможностей совместной работы, а также сокращении затрат до 40 %.

Система BYOD, разработанная в Соединенных Штатах Америки в 2005 году Рафаэлем Баллагом, в настоящее время набирает всё большую популярность в Европе и России.

Применение мобильных технологий в образовательной среде обусловлено следующими предпосылками: высоким уровнем и динамикой распространения мобильных устройств (не редкость, когда один пользователь является владельцем двух и более устройств), устойчивым интересом к их применению, возможностью превратить медиаконтент и сопутствующее содержание в инфраструктуру образовательного и научно-исследовательского пространства [1].

Преимущества использования мобильных приложений в образовательном процессе следующие:

- процесс обучения может происходить в любой момент, в любом месте;
- упрощается процедура проведения контрольных работ или индивидуальных заданий;
- производится унифицированный контроль над уровнем знаний обучающихся;
- ускоряется обмен информацией между всеми участниками образовательного процесса.

Положительными сторонами использования смартфонов в образовательных целях являются также персонализация, игрофикация и наглядность; сокращение времени обучения; развитие навыков самообразования и мобильность.

Недостатками являются:

- возможный вред для зрения при длительной работе с мобильным устройством;
- недостаток сконфигурированных смартфонов и планшетов (при концепции BYOD);
- сложность планирования работы;
- неэффективная контент-фильтрация;
- отвлечение обучающихся на другие приложения, которые носят развлекательный характер [2].

К недостаткам, которыми обладает данный вид обучения, относятся также административно-организационные проблемы, некомпетентность преподавательского состава, отсутствие подходящей материальной базы образовательных учреждений.

Следует отметить, что изучение иностранного языка всегда было связано с использованием технических средств (таких как лингафонные кабинеты, ТСО для воспроизведения речи, компьютеры и т. д.). Система работы с ТСО имеет сложившиеся принципы и формы.

Методическая база обучения посредством приложений на смартфонах в данный момент отсутствует в отечественной методике, но Россия имеет хорошую теоретическую базу различных видов обучения, например, дистанционного и смешанного (интеграционного). Полагаем, что основные положения этих видов могут быть эффективно использованы в обучении педагогов новому формату учебного процесса. Готовые образовательные ресурсы полностью доступны для пользования преподавателями иностранного языка в педагогической деятельности.

Выбор педагогом зоны использования мобильных приложений в обучении подразумевает под собой автономную работу обучающегося, аудиторную работу или дистанционное обучение. Но следует отметить, что многие обучающиеся, использующие мобильные приложения для углубления знаний по предмету, признают, что не представляют возможным полностью автономное изучение иностранного языка посредством приложений. Отсутствие мотивации приводит к прекращению регулярных занятий и постепенному ухудшению результата. В связи с этим считается, что наиболее продуктивно обучающиеся приложения действуют вместе с квалифицированным преподавателем. Самой эффективной является следующая схема работы: обучающиеся дома выполняют определенную часть курса при помощи мобильных приложений, а в классе занимаются говорением и аудированием с преподавателем, осуществляя обратную связь.

Преподаватель может варьировать частоту применения мобильных приложений: педагог выбирает полноценный курс, построенный на мобильных приложениях, или их единичную интеграцию

в учебный процесс. Приложения на смартфонах как средство обучения должны полностью соответствовать целям обучающего курса, в связи с чем преподаватель использует либо уже изобретенные платформы, либо самостоятельно создает приложения, отвечающие индивидуальным целям. Преподаватель создает или выбирает задания из приложения, ориентируясь на цели урока и всего обучающего курса. Затем педагог формулирует задачи конкретного урока и анализирует оптимальное сочетание традиционных средств обучения и мобильных приложений.

Инструментальные справочно-ресурсные приложения, такие как различные словари, электронные энциклопедии и книги на иностранном языке, могут помочь педагогу в организации урочной деятельности. Размещение документов в открытом для определенной группы людей доступе можно осуществить посредством следующих мобильных приложений: облако, ментальные карты, документы, блоги. Оформление результатов подготовки к уроку можно представить с помощью мобильных приложений, создающих таблицы, графики, облако слов, диаграммы, схемы, карты, рабочие листы, рисунки, стандартные и мультимедийные презентации.

В настоящее время использование мобильных приложений в образовательном процессе все еще находится на начальной стадии, но стремительно развивается. За рубежом при поддержке крупных брендов идет активное внедрение мобильных устройств в образовательный процесс. Существует значительное количество компаний, занимающихся разработкой мобильных приложений, в том числе такие крупные фирмы, как Whisper Arts, Agile, Softreactor и другие. Процесс обучения посредством мобильных приложений, как показывают опросы обучающихся, вызывает большой интерес и имеет несомненные перспективы.

Список литературы

1 Применение подходов BYOD для построения стратегии информатизации высшего учебного заведения / Д. А. Иванченко [и др.]. – СПб. : Науч.-техн. ведомости СПбГПУ, 2013.– 174 с.

2 Мобильное обучение на мобильных устройствах: прошлое, настоящее и будущее [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://appttractor.ru/mLearning>. – Дата доступа : 05.07.2018.

УДК 004 : 796.02

АПРОБАЦИЯ МЕТОДИКИ ОПТИМИЗАЦИИ ТРЕНИРОВОЧНОГО ПРОЦЕССА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА

М. В. БОРИСЕНКО

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

С. В. ШИЛЬКО, Ю. Г. КУЗЬМИНСКИЙ

Институт механики металлополимерных систем им. В. А. Белого НАН Беларуси, г. Гомель

Очевидно, что в настоящее время информационные технологии применяются во всех сферах деятельности человека. Мониторинг функционального состояния организма при занятиях физкультурой и спортом является одним из самых востребованных направлений. Без учета индивидуальных показателей здоровья и функциональных резервов организма спортсмена невозможно оптимальное построение тренировочного процесса. Использование компьютерных технологий расширяет информационную базу и делает более наглядным контроль безопасности, качества и эффективности тренировок. Таким образом, наиболее актуальным вопросом является разработка методов и средств мониторинга состояния системы кровообращения как основного индикатора резервов организма при спортивной деятельности, средств быстрых, мобильных, экономичных и неинвазивных, а следовательно, пригодных для массового применения.

Примером может служить специализированное программно-аппаратное средство «БИОСПАС», в настоящее время применяемое в экспериментальном режиме в работе со студентами и спортивными командами. Комплекс позволяет проводить мониторинг состояния здоровья и оптимизировать тренировочный процесс. На вход программы поступают антропометрические параметры (рост, вес, возраст, пол), значение нагрузки и контролируемые параметры функционирования системы кровообращения. На основании хранящихся в базе данных нормативных и индивидуальных показателей, результатов нагрузочных тестов, архива моделирования гемодинамики конкретного лица производится расчёт те-

кущих показателей функционирования сердечно-сосудистой системы, определяются гемодинамический профиль, выводятся интегральные показатели, прогнозируются реакции и адаптационные резервы при нагрузках. Преимуществом предлагаемой разработки является возможность хранения архива результатов обследования конкретного лица, возможность дистанционного сбора информации. Предусмотрена возможность статистической обработки данных архива, что позволяет выявить разовые отклонения от нормальных для наблюдаемого лица показателей и намечающиеся тенденции.

Целью исследований в рамках государственной программы научных исследований «Конвергенция» Академии наук Беларуси явилась разработка программно-аппаратных комплексов на основе тонометрии для контроля состояния гемодинамики различной степени сложности посредством сбора физиологических данных и предоставляемой информации. Задачи исследования: разработка модели гемодинамики, создание комплексов для сбора данных, разработка необходимого программного обеспечения для анализа осциллометрических данных по специально разработанным алгоритмам с графической визуализацией и статистической обработки данных, апробация созданных методик на различных контингентах спортсменов.

Обзор современных исследований по гемодинамике и возможностям усовершенствования методики осциллометрии выявляет:

- необходимость учета деформационных свойств стенок кровеносных сосудов, факторов регуляции системы кровообращения и динамики их изменения;
- возможности биомеханических методов, в частности, осциллометрии для получения (помимо Д и частоты пульса) дополнительных важных показателей и индексов;
- целесообразность комплексного использования результатов осциллометрии с применением нагрузочного тестирования и моделирования гемодинамики для оценки функционального состояния ССС.

В статье изложены результаты исследования и разработки методологии и программно-аппаратной базы для проведения оперативной диагностики функционального состояния основанной на комплексном использовании анализа данных артериальной осциллометрии и компьютерного моделирования.

Предложена новая техническая реализация расширения диагностических возможностей метода осциллометрии на примере лабораторного образца программно-аппаратного комплекса «БИОСПАС» биомеханической диагностики гемодинамики сердечно-сосудистой системы. Применение разработки позволяет расширить список результатов тонометрии с 3 до 9 независимых гемодинамических показателей и автоматизировать сравнение с контрольными формами пульсограмм, характерными для нормального и патологических состояний сердечно-сосудистой системы.

Новая методика осциллометрии основана на анализе пульсовой волны и моделировании формоизменения плечевой артерии при действии окклюзионной манжеты. Программно-аппаратный комплекс «БИОСПАС» осуществляет осциллометрическую обработку данных опроса датчика давления полуавтоматического тонометра «LD1» с помощью интерфейсной тензостанции «TS32». Основными доступными для неинвазивного измерения параметрами, характеризующими уровень здоровья при нагрузках и восстановлении, являются ЧСС – частота сердечных сокращений, АД – артериальное давление, ЧД – частота дыхания, УО – ударный объем, СИ – сердечный индекс, индекс Баевского, индекс доставки кислорода. Ключевым диагностическим инструментом является сопоставление портрета пульсовой волны с альбомом из 24 типовых портретов, характерных для нормальных и патологических состояний ССС, что позволяет автоматизировать сравнение рассматриваемого случая с типовыми формами путем масштабирования и вычисления интегрального отклонения портретов.

В исследовании приняли участие: студенты Белорусского государственного университета транспорта (15 юношей и 10 девушек), имеющие массовые разряды по различным видам спорта; 5 студентов факультета физической культуры Гомельского государственного университета имени Ф. Скорины, имеющие звание «Мастер спорта Республики Беларусь»; 4 преподавателя. Все участники эксперимента выполняли стандартный нагрузочный тест (30 приседаний за 30 секунд) с последующим периодом восстановления в течение 3 минут. Особенностью описываемой серии экспериментов является то, что использовалось ручное управление открытия запорного клапана в аппаратной части «БИОСПАС». Продолжительность процедуры регистрации давления составляла не 40 с, как в классической тонометрии, а 240 с, что определяется длительностью стандартного тестового нагружения. Нужно заметить, что давление в манжете (в интервале 90–120 мм рт. ст.) не вызывает существенных изменений просвета брахиальной артерии.

Методика позволила наглядно, в том числе с помощью графиков, отслеживать изменения параметров гемодинамики во время тестирования. Определялись изменения давления, ЧСС, систолического объема, объема утилизируемого кислорода и других показателей. Вычислялись индексы Бавевского и Кердо, интегральный параметр минимума ЧСС. Проведено осреднение полученных результатов и сравнение индивидуальных параметров и средних значений для групп обследуемых. Актуальность такого подхода продемонстрирована исследованиями изменения частоты сердечных сокращений при растущей нагрузке, из которых следует, что максимум ЧСС достигается на этапе восстановления, а снижение этого показателя на этапе восстановления до уровня покоя достигается не менее, чем за 3 минуты.

Выводы: стандартное тестирование с использованием предложенной методики позволяет определить важные показатели физического состояния спортсмена, а также изменения гемодинамических параметров во времени. Получаемые диагностические данные облегчают контроль функционального состояния спортсменов массовых разрядов в тренировочном процессе.

Опыт применения методики студентами при занятиях физкультурой и спортом показывает, что преимуществом разрабатываемой системы является ее доступность, наглядность, что позволяет человеку быть не только пассивным обследуемым, но и способствует его вовлечению в процесс мониторинга, исключению вредных привычек, формирует активную позицию в вопросе повышения уровня здоровья.

УДК 811.161.1

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ К ПРЕПОДАВАНИЮ РУССКОГО ЯЗЫКА КАК ИНОСТРАННОГО В ВУЗЕ

И. И. ВОЛЬСКАЯ, С. О. ВАСЬКОВЦОВА

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

На современном этапе образования классическая модель обучения русскому языку как иностранному (РКИ) постоянно совершенствуется. Встает проблема унификации европейских национальных образовательных систем.

В современной лингводидактике принято выделять несколько уровней владения иностранным языком, в том числе русским как иностранным. В зарубежной классификации выделяется пять уровней: 1) Waystage User; 2) Threshold; 3) Independent; 4) Competent; 5) Good User. Российская классификация предлагает шесть уровней: 1) элементарный; 2) базовый; 3) первый; 4) второй; 5) третий; 6) четвертый. Но методологически ни российская, ни европейская классификация не дают полного представления о содержании каждого конкретного уровня владения языком. В начале XXI века на базе кафедры теории и методики преподавания русского языка как иностранного Белорусского государственного университета кандидатом филологических наук, доцентом С. И. Лебединским была разработана модель образовательных стандартов, которая используется всеми вузами Республики Беларусь. Белорусская классификация выделяет пять уровней: 1) базовый уровень – уровень минимальной коммуникативной достаточности (УМКД); 2) уровень пороговой коммуникативной достаточности (УПКД); 3) уровень коммуникативной насыщенности и профессиональной достаточности (УКНПД); 4) уровень полного свободного и компетентного владения языком (УПСКВЯ); 5) уровень профессионального владения языком (УПВЯ).

Для характеристики каждого из представленных уровней владения С. И. Лебединским разработана система дескриптов (описаний) умений, достигаемых изучающим язык на каждом уровне.

Базовый уровень соответствует подготовке иностранного гражданина на начальном этапе обучения, где будущий студент должен достичь «минимального допустимого коммуникативного уровня в сфере повседневного общения в рамках определенного программой обучения круга ситуаций» [1]. В данном случае мы имеем в виду иностранных граждан, которые не владеют русским языком, но планируют получать высшее образование на русском языке. Как правило, они поступают на подготовительные отделения (факультеты) вузов и в течение полугода изучают в максимальном объеме только РКИ, затем к урокам русского языка добавляются профильные предметы по выбранной специальности. Так, для будущих экономистов предлагаются следующие дисциплины: математика,

информатика, экономическая терминология, для будущих инженеров – математика, информатика, физика и т.д. И только при условии успешной сдачи экзамена (теста) по русскому языку для этих граждан возможно поступление на первый курс выбранной специальности. К сожалению, в силу ряда объективных и субъективных причин иностранцу не всегда удается полностью освоить программный материал. И зачастую вузы (особенно региональные) принимают данных студентов на первый курс.

Уровень пороговой коммуникативной достаточности соответствует первому курсу обучения и предполагает «достаточно свободное нормативное пользование русским языком как средством коммуникации в сфере повседневного и профессионально ориентированного общения» [1, с. 5]. Следует отметить, что на данном уровне у иностранного студента возникают определенные сложности:

- обучение в смешанных группах (иностранцы и белорусские студенты);
- большое количество профильных предметов, преподаваемых на русском языке;
- трудности в восприятии артикуляционных особенностей преподавателей;
- сложности в восприятии письменной речи.

В процессе решения конкретных коммуникативных задач, входящих в обязательный перечень, иностранному студенту необходимо овладеть следующими интенциями: контактоустанавливающей, акционально-регуляционной, оценочно-эмоциональной, коммуникативно-информативной.

Уровень коммуникативной насыщенности и профессиональной достаточности соответствует второму и третьему курсам обучения и предполагает «свободное пользование русским языком как средством коммуникации в сфере повседневного, социально-культурного, официально-делового и профессионального общения в неограниченном круге ситуаций» [1, с. 5]. В данном случае возникающие трудности связаны с восстановлением студентов, переходом из других вузов и с другой формы обучения. Отдельно следует отметить тех иностранных студентов, которые приезжают на обучение, получив в своей стране незаконченное высшее образование по выбранному профилю. Как правило, такие студенты имеют возможность дополнительно заниматься русским языком, так как они «должны в совершенстве владеть стратегиями и тактиками выбора языковых средств, используемых в учебной, учебно-научной и профессиональной деятельности, средствами связи предложений и частей текста (композиционными, логическими и структурными), а также разнообразными языковыми средствами, клише, оформляющими такие жанры научной речи, как аннотация, реферат, тезисы, доклад, рецензия и научная дискуссия» [2, с. 134].

Уровень полного свободного и компетентного владения языком соответствует четвертому и пятому курсам обучения и предполагает «свободное пользование русским языком как средством коммуникации во всех сферах общения и в неограниченном круге ситуаций» [1, с. 5]. Сложность работы на данном этапе состоит в том, что изучение русского языка ограничено первым семестром, но предполагает большую языковую работу по подготовке студента к защите дипломного проекта на русском языке. Как правило, особую сложность вызывает не само выступление, а спонтанные ответы на вопросы членов комиссии, не являющихся преподавателями вузов.

Уровень профессионального владения языком соответствует уровню магистранта и аспиранта и предполагает «полное, свободное и компетентное пользование русским языком как средством коммуникации во всех сферах общения и в неограниченном круге ситуаций. Достижение этого уровня свидетельствует о максимальном приближении обучаемого к уровню «идеального» носителя языка и присвоении ему статуса «профессионального пользователя» [1, с. 5]. Идеальным воплощением данного процесса обучения является овладение иностранцем всех вышеперечисленных уровней языковой подготовки на базе одного вуза. Но последнее время мы всё чаще сталкиваемся с ситуацией, когда в магистратуру и аспирантуру поступают иностранные граждане, получившие высшее образование в своей стране и не владеющие русским языком. В таком случае языковая подготовка соответствует уровню минимальной коммуникативной достаточности. И с такими студентами работа преподавателя РКИ требует индивидуального подхода.

Описанная нами классификация является идеальной моделью подготовки иностранного студента, что, как правило, не всегда соотносится с реальностью и с возможностями обучающихся и обучаемых.

Список литературы

- 1 Лебединский, С. И. Модель образовательных стандартов по русскому языку как иностранному : учеб.-метод. пособие / С. И. Лебединский, Г. Г. Гончар. – Минск : БГУ, 2003.
- 2 Лебединский, С. И. Русский язык как иностранный : типовая учебная программа для иностр. студентов I–IV курсов нефиллол. спец. высш. учеб. заведений / С. И. Лебединский, Г. Г. Гончар. – Минск : БГУ, 2003.

ПРИМЕНЕНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ РАЗВИТИЯ ВОСПИТАТЕЛЬНОГО ПОТЕНЦИАЛА ЧТЕНИЯ НА ИНОСТРАННОМ ЯЗЫКЕ СТУДЕНТОВ ТРАНСПОРТНОГО ВУЗА

Н. А. ГРИШАНКОВА

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Инновационные процессы в педагогической теории и практике образования в соответствии со стандартами третьего поколения предполагают переход от знаниевой модели обучения к компетентностно-ориентированному подходу, от традиционных методик объяснения учебного материала к деятельностно-развивающей технологии.

Новые цели и требования к профессиональной подготовке студентов технического вуза характеризуются особенными ориентирами и установками на воспитание личности, способной к саморазвитию в условиях образовательного пространства высшего учебного заведения [1, 2].

По мере усиления процесса гуманитаризации образования постепенно приходит осознание важной роли иностранного языка в педагогическом процессе учебных заведений, в том числе технического вуза. Современная белорусская система образования заинтересована в повышении качества и продуктивности обучения иностранным языкам. Языковую компетентность, которая «представляет собой профессионально значимое качество специалиста, характеризуемое комплексом знаний, умений и навыков, обеспечивающих ему возможность воспринимать, понимать и порождать сообщения <...> содержащие выраженную специфическими средствами естественного языка (подъязыка профессии) информацию, относящуюся к объекту его профессии, сохранять такую информацию в памяти и обрабатывать ее в ходе мыслительных процессов» [3, с. 11], всё чаще рассматривают как фактор успешности учебной деятельности студентов технического вуза. Потребность современного общества в специалистах транспортного профиля, способных реализовать свою профессиональную компетентность в поликультурном пространстве, постоянно растет. В связи с этим возникает необходимость в разработке соответствующего обеспечения формирования профессионально-языковой компетенции будущего специалиста, в том числе через развитие воспитательного потенциала чтения на иностранном языке, поскольку оно вооружает человека способностью знакомиться с культурными, научными и техническими достижениями другого народа, проникать в его духовной мир. Оно дает ему возможность осуществлять деловое и личное общение путем переписки, коммуникации по скайпу и пр.

При обучении чтению преподаватель часто ставит перед собой только практическую задачу и забывает о необходимости решать и воспитательные задачи.

Занятия чтением должны способствовать воспитанию у обучаемых любознательности, формированию интереса к изучению иностранного языка, к чтению на иностранном языке. Необходимо, чтобы студенты убедились, что чтение на иностранном языке не только расширяет их кругозор, но и учит их мыслить, самостоятельно работать, прививает им качества, необходимые в жизни. Лишь при обильном чтении обучаемые могут научиться читать на иностранном языке. Читая много, они научатся узнавать знакомые им слова, словосочетания, грамматические формы в новых связях, читать тексты разных жанров. Обильное чтение обогатит также их словарный запас.

Учить читать – значит вооружать обучаемого такими умениями, которые помогли бы ему в дальнейшем прочесть, понять и осмыслить любой другой текст такой же трудности. Преподаватель должен научить студента извлекать из прочитанного знания, определять главное, существенное, оценивать прочитанное. Развитие этих умений предполагает длительную, кропотливую работу и выполнение системы заданий. При этом важно предельно точно сформулировать и довести до сведения обучаемых цели занятия, например учить студентов:

- догадываться о значении незнакомых слов, исходя из контекста;
- определять для себя непонятные места в тексте и расшифровывать их;
- переводить заголовки из газет;
- устанавливать основную мысль прочитанного.

В качестве цели указывается не обучение работе со студентами вообще, а конкретно – учить студентов переводу сложных слов, идиоматических выражений и т. п.

Каждый читатель должен осмысливать прочитанное независимо от того, происходит процесс чтения на родном или иностранном языке. Оценка прочитанного (содержания, формы изложения, языка, идейной направленности) учит студентов высказывать свои мысли на изучаемом языке и

является прекрасным средством развития речевых навыков обучаемых. Создается естественная ситуация, при которой студенты обмениваются мыслями.

Речевые задания, связанные с оценкой прочитанного, имеют также большое воспитательное значение. Они развивают логическое мышление обучаемых, их способность наблюдать, анализировать, делать выводы и заключения, служат правильному воспитанию обучаемых. Студент должен проанализировать поступки действующих лиц текста: отметить хорошее и плохое. Они способствуют эстетическому воспитанию, так как приучают их видеть красоту языка.

Занятия по обучению чтению ведутся на иностранном языке. Преподаватель постепенно (по мере того, как усложняется характер чтения, как прививаются различные умения) вводит обороты речи, дающие эту возможность.

Необходимо, чтобы не только преподаватель, но и студенты знали систему работы при чтении. Педагог должен в начале учебного года знакомить обучаемых с расположением материала в учебнике, разъяснять им задачи чтения, поскольку каждый учебник имеет свою специфику, свою систему.

Следовательно, ценность занятий с чтением на иностранном языке заключается в том, что обучаемые учатся извлекать из прочитанного новые для себя знания; целенаправленно читать; следовать определенной системе в работе; самостоятельно работать: пользоваться словарем, справочными пособиями, составлять конспекты; логично мыслить – наблюдать, выделять главное, существенное, обобщать, анализировать и синтезировать; высказывать свое отношение к прочитанному.

Важной задачей преподавательской деятельности, на наш взгляд, является создание условий для качественного скачка, который должен произойти в сознании студента на первых этапах его обучения в университете. А именно: у вчерашнего школьника, привыкшего к обучению под давлением родителей и учителей, меняются приоритеты, он начинает чувствовать свою ответственность за формирование собственной образовательной иноязычной компетентности, видит перспективу, ставит цели своего развития, узнает новые пути и способы приобретения знаний, становится мотивированным к выполнению поставленных перед ним задач, а впоследствии и сам ставит себе образовательные цели и достигает их.

В учебно-воспитательный процесс успешно могут быть интегрированы электронные образовательные ресурсы ведущих методистов в области преподавания иностранного языка, поскольку они довольно удачно сочетаются с традиционными формами языкового обучения. При этом активизируется самостоятельная работа студентов вуза, которую следует рассматривать «как целенаправленную совместную деятельность преподавателей и студентов, предполагающую совершенствование содержания, форм, методов, приемов познавательной деятельности с целью формирования положительной учебной мотивации, повышения профессиональной компетенции будущих специалистов на основе развития таких личностных качеств студентов, как активность, творчество, самостоятельность» [4, с. 11].

Список литературы

- 1 **Иванова, М. А.** Развитие профессиональной компетенции у студентов инженерных вузов на основе самообразовательной деятельности : дис. ... канд. пед. наук : 13.00.08 / М. А. Иванова. – СПб., 2008. – 171 с.
- 2 **Коряковцева, Н. Ф.** Продуктивное языковое образование как реализация развивающей образовательной парадигмы / Н. Ф. Коряковцева // Иностранные языки в школе. – 2018. – № 2. – С. 2–10.
- 3 **Кузнецов, Я. Е.** Профессионально-языковая компетентность как фактор успешности учебной деятельности студентов технического вуза : дис. ... канд. пед. наук : 13.00.08 / Я. Е. Кузнецов. – Красноярск, 2005. – 174 с.
- 4 **Разумова, Л. Н.** Активизация самостоятельной работы студентов вузов в процессе профессиональной подготовки : дис. ... канд. пед. наук : 13.00.08 / Л. Н. Разумова. – Магнитогорск, 2006. – 182 с.

УДК 378.162.37

О РЕАЛИЗАЦИИ ПРИНЦИПОВ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПОЛИТИКИ В СФЕРЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ ПРИ ПОДГОТОВКЕ ИНЖЕНЕРОВ-МЕХАНИКОВ

Е. П. ГУРСКИЙ, Д. А. ЧЕРНОУС

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Функционирование и развитие системы высшего образования осуществляется на основе реализации принципов государственной политики в сфере образования, которые отражены в Кодексе Республики Беларусь об образовании, Национальной стратегии устойчивого социально-экономи-

ческого развития Республики Беларусь на период до 2030 года, Программе деятельности Правительства Республики Беларусь на 2016–2020 годы, Государственной программе «Образование и молодежная политика» на 2016–2020 годы.

Развитие системы высшего образования направлено на решение одной из основных задач – повышение качества подготовки специалистов, эффективности практикоориентированной подготовки и углубление связей с организациями – заказчиками кадров.

В связи с этим на механическом факультете образовательный процесс организован в соответствии с современными требованиями экономики и в тесной взаимосвязи с производством:

- разработаны и внедрены образовательные стандарты и учебные планы по специальностям «Подвижной состав железнодорожного транспорта», «Тяговый состав железнодорожного транспорта», «Техническая эксплуатация погрузочно-разгрузочных, путевых, дорожно-строительных машин и оборудования», «Электроснабжение (по отраслям)», «Оборудование и технологии высокоэффективных процессов обработки материалов»;

- определены базовые предприятия по каждой специальности и заключены договоры о взаимодействии при подготовке специалиста;

- усилена практико-ориентированная подготовка студентов при сохранении уровня теоретических знаний за счет оптимизации содержания образовательных программ высшего образования, сокращения непрофильных учебных дисциплин, совершенствования баланса теоретической, практической и самостоятельной работы студентов;

- оптимизировано содержание учебных программ специальных дисциплин по согласованию с заказчиками, увеличена на 10–20 % нагрузка по специальным и дисциплинам специализации;

- подготовлены учебные планы по заочной форме обучения, интегрированные с образовательными программами среднего специального образования по специальностям «Подвижной состав железнодорожного транспорта», «Тяговый состав железнодорожного транспорта» и «Техническая эксплуатация погрузочно-разгрузочных, путевых, дорожно-строительных машин и оборудования», «Электроснабжение (по отраслям)»;

- в соответствии с планом работы факультета подготовлены и изданы учебно-методические комплексы, учебные пособия и учебники, в том числе электронные, для студентов, обучающихся на всех формах получения образования;

- увеличено количество тем курсовых и дипломных проектов, магистерских диссертаций по запросам реального сектора экономики и согласованных с заказчиками кадров;

- функционируют филиалы кафедр, учебные аудитории, оснащенные современным учебнолабораторным оборудованием, компьютерной техникой, включая лицензионное программное обеспечение для проведения лабораторных и практических занятий, выполнения курсовых и дипломных проектов, прохождения производственных практик, а также для научно-исследовательской работы студентов на ЗАО «Гомельский вагоностроительный завод», ИММС НАН Беларуси им. В. А. Белого, ИЦ ЖТ «СЕКО», ЭРУП «ПМС-116» и др. В Институте механики металлополимерных систем им. В. А. Белого НАН Беларуси (действующий филиал кафедр «Материаловедение и технология материалов» и «Неразрушающий контроль и техническая диагностика») совместно со специалистами из Института механики Болгарской академии наук и Болгарского общества по неразрушающему контролю (г. София) для студентов проводятся лекции и курсы по визуальному неразрушающему контролю (VT), включающие в себя теоретическую и практическую подготовку и сдачу экзамена. Студенты, успешно прошедшие испытания, получают сертификаты специалистов по неразрушающему контролю, соответствующие Европейскому стандарту EN ISO 9712;

- ведется подготовка кадров в магистратуре по специальностям «Транспорт» и «Обработка конструкционных материалов в машиностроении»;

- организованы повышение квалификации и стажировка профессорско-преподавательского состава на передовых производственных предприятиях;

- графиком учебного процесса увеличена практическая составляющая: сроки технологической (на две недели) и преддипломной (на одну неделю) практики с обеспечением высокого уровня организации и контроля;

- открыта специальность «Электроснабжение», востребованная в связи с расширением электрификации железных дорог в рамках реализации Государственной программы развития транспортно-го комплекса Республики Беларусь на 2016–2020 годы;

– функционируют отраслевые и учебные научно-исследовательские лаборатории, ведутся совместные научно-исследовательские разработки по инновационным направлениям на транспорте. В университете создан инновационный испытательный центр железнодорожного транспорта «СЕКО», оказывающий полный комплекс услуг по испытанию новых и модернизированных грузовых и пассажирских вагонов на растяжение-сжатие, удар, а также ходовые и тормозные испытания. Испытательный центр выполняет ряд договоров на проведение испытаний с предприятиями Российской Федерации, Казахстана, Узбекистана, Литвы, Китая и др. Испытательный центр стал не только научной, но и учебной базой для проведения лабораторных и практических занятий студентов, что, безусловно, способствует совершенствованию учебно-познавательного процесса, дает толчок научно-исследовательской работе со студентами, успешно решая задачи «золотого треугольника»: обеспечение процесса обучения, научной деятельности и решение актуальных производственных задач;

– организовано совместное участие в отраслевых итоговых совещаниях, рабочих группах, комиссиях и др.;

– ведутся совместные работы по укреплению материально-технической базы, оснащению кафедр современным учебным и лабораторным оборудованием;

– расширено участие в работе государственных экзаменационных комиссий лиц, представляющих соответствующие отрасли производства.

Таким образом, на факультете организовано взаимодействие с организациями – заказчиками кадров и формирование долгосрочных взаимовыгодных отношений, что существенно повышает качество подготовки специалистов. Ежегодно высокий уровень подготовки подтверждается на итоговой аттестации председателями государственных экзаменационных комиссий и востребованностью инженеров-механиков на производстве.

Однако необходимо продолжать деятельность, направленную на усиление работы с организациями – заказчиками кадров в направлении:

– заключения договоров с базовыми предприятиями, определяющих долгосрочное сотрудничество в соответствии с прогнозными параметрами плана приема и распределения;

– организации новых филиалов кафедр на базе передовых предприятий;

– обеспечения высокого уровня прохождения студентами всех видов производственной практики.

Список литературы

1 Кодекс Республики Беларусь об образовании. – Минск : Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь, 2011. – 400 с.

2 Государственная программа «Образование и молодежная политика» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.government.by/upload/docs/file2b2ba5ad88b5b0eb.PDF>. – Дата доступа: 06.04.2018.

3 Об организации образовательного процесса в учреждениях высшего образования в 2017/18 учеб. году [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.brsu.by/sites/default/files/ucheb/k_nachalu_2017-2018_uchebnogo_goda.pdf. – Дата доступа : 19.05.2018.

УДК 378.141.4

ФОРМИРОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ УЧЕБНЫХ ПЛАНОВ ДЛЯ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ МЕХАНИЧЕСКОГО ФАКУЛЬТЕТА БелГУТа

Е. П. ГУРСКИЙ, Д. А. ЧЕРНОУС

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Основными целями разработки новых образовательных стандартов являются повышение практикоориентированности национального высшего образования и обеспечение его интегрируемости в мировое образовательное пространство [1]. Один из этапов разработки стандарта состоит в формировании нового учебного плана специальности. В настоящем докладе описываются методы и некоторые приемы, используемые группами разработчиков при формировании планов 2018 года приема для специальностей «Тяговый состав железнодорожного транспорта (по направлениям)» (МТ и МЭ); «Подвижной состав железнодорожного транспорта» (МВ и МД); «Техническая эксплуатация погрузочно-разгрузочных, путевых, дорожно-строительных машин и оборудования» (МС).

В качестве наиболее существенных отличий новых планов можно отметить следующее.

1 Перераспределение сроков обучения на ступенях высшего образования: бакалавриат – 4 года; магистратура – 2 года. При этом происходит переход от научно-ориентированной магистратуры к практико-ориентированной.

2 Модульный принцип представления содержания образовательной программы [2].

В соответствии с отмеченными особенностями для формирования нового учебного плана необходимо решить две принципиальные задачи: 1) перераспределить учебный материал по ступеням высшего образования; 2) структурировать учебный материал на каждой ступени последовательным набором модулей. Обе задачи решались на основе компетентного подхода [3]. При этом для каждой ступени высшего образования группами разработчиков составляются компетенции, которыми должен обладать бакалавр и магистр для успешного выполнения профессиональных обязанностей. До настоящего времени на производстве не было необходимости определять функциональные и должностные отличия магистра технических наук. Поэтому первоначально компетенции формулируются коллективами выпускающих кафедр самостоятельно. При этом на механическом факультете принят принцип «пользователь – разработчик». Пользователь (бакалавр) – специалист, обеспечивающий эксплуатацию, обслуживание и ремонт существующих объектов техники на основе известных методик в рамках существующих структур и подразделений. Разработчик (магистр) – специалист, вырабатывающий и реализующий новые технические и производственно-организационные решения. В частности, компетенция СК-9 «Быть способным выполнять тяговые и тормозные расчеты и оценивать эффективность инноваций, направленных на повышение эффективности локомотивной тяги» для первой ступени образования специальности «Тяговый состав железнодорожного транспорта (по направлениям)» подразумевает способность специалиста определять параметры существующих или предлагаемых объектов техники. Близкая ей по смыслу компетенция СК-3 «Быть способным совершенствовать технологии и оборудование локомотивного хозяйства на основе инновационных решений» для второй ступени образования той же специальности подразумевает способность специалиста разрабатывать новые объекты техники.

После составления списка компетенций формулируются названия модулей, каждый из которых должен обеспечить одну или несколько связанных по смыслу компетенций. Затем полученные списки передаются для рассмотрения и согласования базовым предприятиям-заказчикам кадров по каждой специальности. При наличии согласованных с заказчиками списков компетенций и модулей осуществляется «наполнение» модулей учебными дисциплинами. Основным критерием при этом является соответствие дисциплины одной из компетенций, обеспечиваемых модулем. Затем устанавливалась «семестровость» дисциплин. На данном этапе разработки плана необходимо одновременно удовлетворить два требования: 1) логичность последовательности изложения материала; 2) неразрывность модулей.

После предварительного распределения дисциплин по семестрам устанавливается объем каждой дисциплины в академических часах. Определяется количество аудиторных часов в неделю на лекции, практические занятия и лабораторные работы, а также формы отчетности по дисциплине (контрольные, расчетно-графические, курсовые работы или проекты, зачеты или экзамены). На этом этапе разработки плана необходимо одновременно удовлетворить ряд нормативных требований.

1 Трудоемкость дисциплины (совместно с трудоемкостью курсовой работы или проекта) в зачетных единицах должна быть кратна трем. Данное требование не распространяется на социально-гуманитарные дисциплины, количество и трудоемкость которых устанавливает РИВШ.

2 Трудоемкость модуля – не менее 6 зачетных единиц.

3 Недельная аудиторная нагрузка – 30 часов.

4 Суммарная трудоемкость дисциплин за семестр – 30 зачетных единиц.

5 Минимальное N_{\min} и максимальное N_{\max} количество часов в семестре должно определяться соотношениями: $N_{\max} = 54(n_1 + n_2)$, $N_{\min} = 50(n_1 + n_2)$. Здесь n_1 , n_2 – количество недель в семестре и экзаменационной сессии соответственно.

На каждом этапе разработки плана, начиная с «наполнения» модулей учебными дисциплинами, группы разработчиков использовали прием «деления» дисциплины. Принцип «пользователь – разработчик» позволяет определить учебные дисциплины, полностью соответствующие формулируемым в новых планах компетенциям магистра. Данные дисциплины переносятся на вторую

ступень высшего образования. В качестве таких дисциплин можно, в частности, указать «Основы научных исследований и инновационной деятельности», «Основы управления интеллектуальной собственностью», «Математические модели тягового подвижного состава», «Инновационный менеджмент и маркетинг на транспорте» и др. Вместе с тем многие учебные дисциплины должны присутствовать как на первой, так и на второй ступени высшего образования. При этом вместо одной ранее изучаемой дисциплины вводятся две, по которым составляются новые учебные программы. Распределение материала в данных программах осуществляется в соответствии с требованием практикоориентированности высшего образования и принципом «пользователь-разработчик». Так, ранее изучаемая для направления специальности «Тяговый состав железнодорожного транспорта (электрический транспорт и метрополитен)» дисциплина «Технология ремонта электрического подвижного состава» частично оставлена для первой ступени. При этом вместо двух семестров дисциплина преподается в одном семестре, а количество аудиторных часов сокращено на 46. Но на второй ступени предусмотрена новая дисциплина «Проектирование технологического оборудования», в которой изучаются правила и способы проектирования технологического оборудования для ремонта локомотивов и их узлов. «Деление» дисциплины между ступенями высшего образования использовалось не только для специальных дисциплин. Так, на магистратуру перенесены некоторые темы раздела «Машинная графика», изучаемого в рамках «Инженерной графики». При этом формируется новая дисциплина «Компьютерные технологии в профессиональной деятельности». Кроме того, планируется разработка новых учебных курсов для второй ступени высшего образования, включающих некоторые разделы физики («Оптика», «Физика атома и ядра») и математики.

Сложность удовлетворения множеству нормативных требований при распределении по семестрам и определении объемов каждой дисциплины обусловила применение метода «деления» дисциплины и в рамках первой ступени. Так, дисциплина «Теоретическая механика», изучаемая ранее во втором и третьем семестрах, в новых планах представлена двумя новыми дисциплинами: «Статика» (отнесена к «Естественнонаучному модулю») и «Кинематика и динамика твердого тела» (отнесена к модулю «Механика материалов и машин»).

Таким образом, реализация компетентностного подхода и использование приема деления учебной дисциплины обеспечили решение актуальных задач, поставленных перед группами разработчиков новых учебных планов 2018 года приема, и выполнение всех нормативных требований, предъявляемых к данным планам.

Список литературы

- 1 Обновление национальных стандартов высшего образования – проблемы и задачи / М. А. Журавков [и др.] // Высшая школа. – 2016. – № 4. – С. 3–8.
- 2 Применение модульного подхода в проектировании образовательных программ высшего образования / С. М. Артемьева [и др.] // Высшая школа. – 2016. – № 5. – С. 9–13.
- 3 **Макаров, А. В.** Реализация компетентностного подхода в системах высшего образования: зарубежный и отечественный опыт : учеб.-метод. пособие / А. В. Макаров, Ю. С. Перфильев, В. Т. Федин. – Минск : РИВШ, 2015. – 208 с.

УДК 37.016:5023

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММНЫХ ПРОДУКТОВ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ НА АВТОТРАНСПОРТНОМ ПРЕДПРИЯТИИ

В. С. ДЕЦУК

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В настоящее время информационные технологии для мировой экономики имеют огромное значение, а следовательно, для поддержания актуальности и полезности получаемых знаний необходимо применение современных информационных технологий в процессе обучения студентов. Важнейшее место в системе образования должно занимать изучение последних достижений в области информатики, ее средств и методов.

Перед учебными заведениями стоит задача подготовки специалиста, владеющего практически-ми навыками работы в современной информационной среде и умеющего использовать эти навыки в профессиональной деятельности. Поэтому при подготовке специалистов значительную часть учебного времени занимает изучение специализированных программных средств и дисциплин.

Применение информационных технологий в образовании позволяет значительно повысить эффективность работ во всех видах образовательной деятельности. Применение специализированных программных продуктов в процессе обучения формирует у студентов устойчивые навыки работы с программными продуктами и позволяет использовать эти навыки в профессиональной деятельности. В частности, основная задача преподавания экологических дисциплин – научить студентов давать оценку экологического воздействия конкретных объектов на окружающую среду и принимать экологически ответственные управленческие решения. Предложенная работа призвана способствовать совершенствованию учебного процесса в области исследования воздействия автотранспортного предприятия, помогать варьировать различные факторы без временных затрат на трудоемкие расчеты.

В качестве примера рассмотрен анализ экологической ситуации на стоянке дорожных машин (ДМ) и влияние на выбросы загрязняющих веществ различных факторов. Программный продукт позволяет определить количественные и качественные характеристики загрязняющих веществ, которые выделяются в атмосферу от дорожно-строительных машин при организации их стоянки.

Программа имеет в своем арсенале широкий набор средств для редактирования и обработки данных. Она ориентирована, прежде всего, на конечный результат – безупречные, с точки зрения современных нормативно-правовых требований, отчеты.

Для того чтобы решение простых задач не оказалось необоснованно усложнено, интерфейс программы контекстнозависим, т. е. часть инструментов становятся доступными пользователю по мере усложнения задачи. В результате простые задачи решаются максимально быстро.

Программа позволяет исследовать следующие факторы:

- влияние типа дорожно-строительных машин на выбросы загрязняющих веществ;
- длины пробега дорожно-строительных машин на выбросы загрязняющих веществ при выезде и въезде на стоянку;
- времени работы на холостом ходу двигателей дорожно-строительных машин на выбросы загрязняющих веществ при выезде и въезде на стоянку);
- температуры окружающей среды на выбросы загрязняющих веществ двигателей дорожно-строительных машин (таблицы 1–3).

Таблица 1 – Исходные данные для расчета

Наименование ДМ	Тип ДМ	Максимальное количество ДМ				Скорость, км/ч	Электростартер	Одновременность
		всего	выезд/въезд в течение суток	выезд за 1 час	выезд за 1 час			
МТЗ-80	Колесная, мощностью 101–160 кВт (137–218 л. с.)	4	4	1	1	10	+	+

Таблица 2 – Удельные выбросы загрязняющих веществ

Загрязняющее вещество	Пуск	В граммах в минуту						
		Прогрев			Движение			Холостой ход
		Т	П	Х	Т	П	Х	
ДМ колесная мощностью 101–160 кВт (137–218 л. с.)								
Азота диоксид (азот (IV) оксид)	2,72	0,624	0,936	0,936	3,208	3,208	3,208	0,624
Азот (II) оксид (азота оксид)	0,442	0,1014	0,152	0,152	0,521	0,521	0,521	0,1014
Углерод (сажа)	–	0,1	0,54	0,6	0,45	0,603	0,67	0,1
Сера диоксид (ангидрид сернистый)	0,058	0,16	0,18	0,2	0,31	0,342	0,38	0,16
Углерод оксид	35	3,9	7,02	7,8	2,09	2,295	2,55	3,91

Таблица 3 – Время работы пускового двигателя

Тип дорожно-строительной машины	Время		
	Т	П	Х
ДМ колесная мощностью 101–160 кВт (137–218 л. с.)	1	2	4

В таблице 4 приведены характеристики выделений загрязняющих веществ в атмосферу, полученные на основании расчета программным продуктом в соответствии с данными таблиц 1–3.

Таблица 4 – Характеристика выделений загрязняющих веществ в атмосферу

Загрязняющее вещество		Максимально разовый выброс, г/с	Годовой выброс, т/год
код	наименование		
301	Азота диоксид (азот (IV) оксид)	0,0017627	0,0092900
304	Азот (II) оксид (азота оксид)	0,0002863	0,0015091
328	Углерод (сажа)	0,0002611	0,0013762
330	Сера диоксид (ангидрид сернистый)	0,0002811	0,0014816
337	Углерод оксид	0,0050356	0,0265394

Программа снабжена обширной справочной базой, которая позволяет проводить расчеты с любой современной строительной техникой, учитывать любые режимы работы и природные условия.

Таким образом, моделируя различные ситуации, программа позволяет уже на стадии проектирования или реконструкции транспортного предприятия путем подбора и сочетания различных факторов оптимизировать выбросы загрязняющих веществ и экологическую ситуацию на объекте в целом.

УДК 625.71.8:378.1

ДЕЛОВЫЕ ИГРЫ – ОДНА ИЗ ФОРМ ОБУЧЕНИЯ СТУДЕНТОВ

Л. В. ДОВНОРОВИЧ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Работа предприятий транспортного строительства и путевого хозяйства в условиях рыночной экономики требует подготовки высококвалифицированных специалистов. Современный специалист должен не только иметь глубокие знания по специальности, но и обладать творческими способностями, проявлять инициативу и предприимчивость, идти на оправданный риск при принятии решений.

Активные формы обучения, к которым можно отнести «деловые игры», позволяют развить теоретические и практические знания студентов, улучшить подготовку к производственной деятельности.

Первые деловые игры появились в XVII–XVIII вв. при подготовке офицеров к ведению боевых действий. Первая деловая игра в СССР была разработана в 1932 году М. М. Бирштейн и называлась «Перестройка производства в связи с резким изменением производственной программы». С 1938 года в СССР деловые игры по политическим мотивам попали под запрет.

Второе рождение деловых игр произошло в США в конце 50-х годов XX века. В СССР дальнейшее развитие деловых игр также можно отнести к концу 50-х годов прошлого века, внедрение деловых игр в учебный процесс произошло в 1970-х начале 1980-х годов.

В настоящее время в Республике Беларусь деловые игры широко применяются как на предприятиях, так и в учебном процессе.

Автор ежегодно проводит деловые игры на практических занятиях по дисциплинам «Экономика отрасли» и «Строительство железных дорог». Все они относятся к коллективным деловым играм.

Одна из деловых игр называется «Расчет сроков выполнения работ по возведению участка железнодорожного земляного полотна и принятия решения при конкретной производственной ситуации». Она проходит в несколько этапов:

- I этап – подготовительный;
- II этап – расчет сроков выполнения земляных работ (расчет сетевого графика секторным методом);
- III этап – принятие решения при конкретной производственной ситуации;
- IV этап – обсуждение ответов на вводные и подведение итогов.

На I этапе определяется количество механизированных колонн (МК) по возведению земляного полотна (производственных коллективов). Затем назначаются начальники МК. Причем если изначально их назначал преподаватель, прислушиваясь к мнению студенческой группы, теперь происходит тайное голосование при выборе кандидатов на эту должность. Каждый студент пишет на листочке фамилии кандидатов на должность начальника МК, причем он имеет право написать и свою фамилию. После этого на основании подсчета голосов определяются начальники МК. Затем поочередно начальники МК из нераспределенных студентов выбирают себе заместителей, главных инженеров, начальников ПТО и т. д., т. е. формируют свой коллектив (МК). Оптимальное количество МК – четыре. Если в группе студентов более двадцати, число МК может быть увеличено до шести, но не более.

Затем коллективы рассаживаются в аудитории по своим местам. Преподаватель, который проводит занятия, является руководителем деловой игры и арбитром. Он рассказывает правила игры, какие исходные данные получают участники, какие конечные материалы они должны представить и в каком виде, приводит форму таблицы для подсчета баллов при проведении игры. На этом этапе общаться с преподавателем и задавать вопросы может любой студент группы.

На II этапе начинается деловая игра.

В качестве исходных данных студенты получают:

- продольный профиль участка производства работ, который состоит из выемки и насыпи с указанием группы сложности разработки грунта на каждом участке;
- парк машин для выполнения подготовительных, основных и отделочных работ, с указанием ведущей машины;
- технические характеристики машин;
- состав бригад;
- сетевую модель, на которой указаны наименования и объемы работ.

Общаться с руководителем во время проведения деловой игры могут только начальники МК. Так соблюдаются дисциплина и рабочая обстановка во время игры. В случае необходимости при решении конкретной производственной ситуации начальник МК вместо себя может назначить одного из членов своего коллектива для общения с руководителем деловой игры. Перед началом деловой игры каждая из мехколонн получает на свой расчетный счет определенное количество баллов.

Во время проведения деловой игры предусматриваются штрафы (минус 30 баллов за каждое нарушение). Штрафы назначаются в случае нарушения трудовой дисциплины, опоздания, промышленного шпионажа.

Студенты во время проведения деловой игры могут брать «платные» консультации (десять баллов каждая). Причем консультация предусматривает ответ руководителя игры только на один вопрос. Если студенты просят объяснить, как считать дальше, это еще одна консультация. Причем на подготовительном этапе преподаватель заостряет внимание на правильной формулировке вопроса (какой вопрос – такой и ответ).

Расчет сетевого графика предусматривает определение:

- сроков выполнения работ;
- раннего и позднего сроков наступления событий;
- полного и частного резервов времени;
- критического пути.

При расчете сетевого графика каждая минута расчета – минус один балл. При правильном и полном расчете сетевого графика добавляются 50 баллов, при неправильном или неполном вычитаются.

На III этапе МК получают вводные с конкретными производственными ситуациями и выбирают из приведенных ответов тот, который считают правильным. Причем МК имеют право дополнить ответ или написать свое решение выхода из нештатной производственной ситуации. Каждая минута решения вводных – минус один балл.

На IV этапе происходит обсуждение ответов на вводные, с начислением положительных или отрицательных баллов, подведение итогов и определение победителей. В обсуждении ответов на вводные могут участвовать все студенты группы. Обычно при обсуждении решения вводных студенты спорят между собой, доказывая, что их ответ правильный. Оценку в баллах за решение вводной определяет руководитель деловой игры.

При изучении дисциплины «Экономика отрасли» студенты участвуют в деловой игре «Подготовка тендерной документации для участия в торгах по выбору генерального подрядчика для выполнения строительно-монтажных работ (СМР)».

Подготовительный этап данной деловой игры аналогичен подготовительному этапу игры «Расчет сроков выполнения работ по возведению участка железнодорожного земляного полотна и принятия решения при конкретной производственной ситуации». Только вместо МК в игре участвуют сотрудники производственно-технического отдела (ПТО) строительной организации, которые выступают в роли генерального подрядчика. Функции Заказчика выполняет преподаватель – руководитель деловой игры.

Основным критерием при определении победителя является минимальная стоимость выполнения СМР при рентабельной работе строительной организации, также используется балльная оценка, которая учитывает время, затраченное ПТО строительной организации для подготовки тендерной документации.

УДК 13+378

ФИЛОСОФИЯ И ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ В УСЛОВИЯХ АНТРОПОЛОГИЧЕСКОГО КРИЗИСА

А. П. ЕЛОПОВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Работа философов за пределами специализированных философских факультетов всегда была сопряжена с необходимостью оправдывать свое присутствие в жизни будущих инженеров, экономистов, врачей и т. д. Однако за разговорами о бесполезности философии многие ее критики не заметили тот момент, когда был не только поставлен, но и перенесен в практическую плоскость вопрос о бесполезности (!) самого человека. Только на первый взгляд такая постановка вопроса может показаться излишне дерзкой и абсурдной. На самом деле она вполне законна в рамках сциентистско-технократической парадигмы, кроме того, под ней имеется серьезная объективная основа.

Четвертая промышленная революция, разворачивающаяся на наших глазах, ведет к тотальному господству киберфизических систем и вытеснению живого человеческого труда из сферы общественного производства. Человек-работник оказывается экономически-избыточным звеном в отношениях между машинами. Сокращаются или роботизируются десятки, если не сотни профессий. Нарастает технологическая безработица, которая в перспективе грозит распространиться и на ИТ-отрасль – по мере того, как создаваемые здесь программы будут приобретать способность кооперироваться и совершенствоваться без участия людей.

Всё более стирается грань между человеческим и искусственным интеллектом, причем не только за счет усложнения последнего, но и вследствие примитивизации первого. Философы, культурологи, психологи и педагоги с некоторых пор заговорили о массовом поглуплении людей в странах, гордящихся своей высокоразвитостью. Причины происходящего находят в психотравмирующих потоках информации и технических особенностях ее представления, в гедонизации и сексуализации культуры, в разрушении классической школы и ставке на подготовку узких специалистов с ограниченным набором рыночно-устанавливаемых компетенций.

Глобальный экологический кризис, порожденный техногенной цивилизацией, масса мутагенных и стрессообразующих факторов, которыми переполнено наше общество, подрывают природно-биологические основы существования человечества на Земле. Широчайшее распространение получили психические болезни, прежде всего, депрессия и синдром хронической усталости, а также поведенческие отклонения и сексуальные расстройства. С учетом всего вышесказанного мы, люди, оказываемся очень ненадежным инструментом в распоряжении современной рыночной экономики. Хотя глобальный бизнес, с одной стороны, совсем не прочь наживаться на наших пороках и проблемах, но, с другой, он предпочел бы минимизировать свои расходы на воспроизводство рабочей силы. Инвестиции в робототехнику в этом смысле представляются хозяевам денег более рациональными и перспективными.

Мы назвали далеко не все причины и проявления того антропологического кризиса, благодаря которому мог быть поставлен вопрос о дальнейшей бесполезности человека – в сравнении с им же созданной техникой и в глазах сциентистски настроенной элиты. Секулярная модель эволюции, господствующая в современной науке и принятая массовым сознанием, подталкивает нас к одному непростому выводу: в нынешнем своем формате человек не жизнеспособен, он должен или признать себя эволюционным тупиком, или подготовить себе сменщика, того, кто будет эволюционировать дальше.

Эта мысль могла бы показаться еще одним примером бесплодного философствования, если бы в мире к настоящему времени не сформировалось мощное трансгуманистическое движение (от лат. *trans* – сквозь, через, за и *homo* – человек), среди участников которого имеются не только крупные ученые и философы (например, см. список членов Стратегического общественного движения «Россия 2045»), но также влиятельные политические и бизнес-структуры наподобие NASA и Google в США. Опираясь на совокупность т. н. НБИК-технологий (наномедицину, генную инженерию, компьютерную трансплантологию, загрузку сознания (трансиоморфот) и т. д.), трансгуманисты хотят произвести радикальную трансформацию человеческой природы и создать на базе человека принципиально новое существо – бессмертное, бесполое, не привязанное к одному телу и размножающееся искусственным путем. Один из главных теоретиков трансгуманизма, Ник Бостром, обещает: «В качестве постчеловека вы будете обладать умственными и физическими возможностями, далеко превосходящими возможности любого не модифицированного человека. <...> Ваше тело не будет подвержено заболеваниям, и оно не будет разрушаться с возрастом, что обеспечит вам неограниченную молодость и энергию. Вы сможете получить гораздо большие способности испытывать эмоции, удовольствие и любовь или восхищаться красотой. Вам не придется испытывать усталость или скуку и раздражаться по мелочам» [1].

Захватывающие перспективы, не правда ли? Они способны восхитить и тех из нас, кто фанатично влюблен в науку, и тех, кого избаловало общество потребления. Но философски просвещенный ум обязан умерить всеобщий энтузиазм и задать целый ряд отрезвляющих вопросов. Например, какая любовь может быть у существ, лишенных и возможности, и необходимости создавать семьи, заботиться о детях и стариках, хранить верность друг другу и совершать акты самопожертвования? Будут ли радоваться жизни и развивать культуру «постлюди», над которыми не тяготеют ни смерть, ни нужда, у которых в запасе безбожная вечность? Не приведет ли успех трансгуманистического проекта с его весьма спорной нравственной составляющей к созданию нового кастового строя или фашизма?

Вопросов к трансгуманизму, а также к его идейным предшественникам и союзникам (сциентизму, технократизму, секуляризму, «сознанию New Age», движению ЛГБТ и т. д.) на самом деле очень много. Они имеют и очевидно животрепещущий, злободневный и безусловно, философский, вечный характер. Как пишет философ В. Катасонов, «трансгуманизм не просто какая-то новая идеология в ряду других, а проект, который ставит перед человеком фундаментальные вопросы его бытия, и требует от него глубочайшей духовной честности и ответственности в ответе на них» [2].

Вольно или невольно, но трансгуманизм содействует актуализации философской проблематики и выявляет социальную значимость философского знания. Давно замечено, что философия, образно говоря, расправляет крылья в кризисные моменты человеческой истории, когда привычные модели миропонимания дают сбой и приходит в упадок прежняя система ценностей. На путях и средствами философии человек совершает акт личностного самоопределения, если не самоконструирования, выводящий его из состояния гносеологической, аксиологической и социальной дезориентированности. Кризис же, который мы переживаем ныне, имеет беспрецедентный характер, поскольку связан с прямой и близкой перспективой исчезновения всего нашего рода.

В огромной степени этот кризис вызван успехами научно-технической мысли, которые мы не успеваем адаптировать к возможностям и потребностям своего духовно-нравственного развития. Стоит согласиться с философом В. Лекторским, заявившим: «Наука и порожденный с ее помощью мир – это сегодня главное проблемное поле философских исследований. <...>. Как раз именно потому, что современная «технонаука» может выйти из-под человеческого контроля, осознается существенная необходимость философии. Ибо речь идет о судьбе самого человека» [3, с. 34].

Образовательный процесс в техническом вузе – одна из основных «площадок» для встречи, взаимного обогащения и даже обоюдного спасения (!) философии и науки. Без тесного контакта философов с нынешними и будущими творцами техносферы философия вырождается в никчемную схола-

стику, а техническое образование (двигатель науки и технического прогресса) будет приобретать всё более дегуманизирующий характер. И все вместе мы – философы, ученые, инженеры и т. д. – подпишем приговор человеку.

Список литературы

- 1 **Бостром, Н.** FAQ по трансгуманизму / Н. Бостром // Virtual & Really.Ru – Реально о Виртуальном [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://really.ru/articles/20/91#text_1-1. – Дата доступа : 25.06.2018.
- 2 **Катасонов, В. Н.** Трансгуманизм: новая цивилизационная угроза человечеству / В. Н. Катасонов // Российский институт стратегических исследований [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://riss.ru/analytics/6613/>. – Дата доступа : 05.07.2018.
- 3 **Лекторский, В. А.** Философия, общество знания и перспективы человека / В. А. Лекторский // Вопросы философии. – 2010. – № 8. – С. 30–34.

УДК 629.4.014.7.001.2

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРИ РАЗРАБОТКЕ КОНСТРУКЦИИ ВАГОНОВ

Т. В. ЗАХАРОВА

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Подготовка конкурентоспособных специалистов-вагонников требует инновационного подхода к руководству дипломным проектированием. Будущие специалисты должны обладать профессиональными компетенциями, позволяющими плодотворно работать в течение всей своей деятельности: применять на практике современные технологии, уметь находить рациональные решения поставленных перед ними задач.

Специалист-вагонник должен уметь ориентироваться не только в области своей специализации, но и применять в работе наиболее прогрессивные решения проблемных задач в контакте с представителями других специальностей.

Поэтому уже в университете на стадии дипломного проектирования очень важно применять междисциплинарный подход как основной способ решения проблемных задач, поставленных преподавателем перед студентом. Будущий инженер должен творчески мыслить и применять свои знания на практике, что является надежным залогом его дальнейшей работы.

От знаний учащегося, его интеллектуальной активности в познавательной деятельности зависит эффективность обучения. Необходимо развивать инициативу, ответственность, самостоятельность студента, умение ориентироваться и выбирать главное в литературных источниках, в пространстве Интернета.

Непрерывное самообразование и личное совершенствование должны стать потребностью будущего специалиста.

Дипломники специализации «Вагоны», выполняющие проекты по совершенствованию конструкции вагонов, должны подходить всесторонне к поставленным перед ними задачам. Им потребуется вспомнить, а иногда повторить пройденный ранее материал, учесть изменения, внесенные в международные и государственные стандарты, технические регламенты и др., поскольку требования во многих областях науки, в стандартизации постоянно могут изменяться.

Базовыми являются знания, которые получили студенты в процессе изучения дисциплин и на практике. Поскольку темы дипломного проекта у студентов различные, например, «Совершенствование конструкции кузова вагона-хоппера», «Разработка конструкции тележки и автосцепного устройства пассажирского вагона», «Совершенствование конструкции тележки грузового вагона» и т. д., каждый студент знакомится с зарубежным опытом стран ближнего и дальнего зарубежья по теме своего проекта. Источниками информации являются библиотечные и кафедральные журналы и книги, а также источники из Интернета. Иногда информация на экране дисплея бывает представлена на иностранном языке и студентам приходится сталкиваться с переводом, возможен автоматический перевод или применение знаний по иностранному языку.

При этом дипломник анализирует основные направления развития вагоностроения в разных странах и на основе ранее полученных базовых знаний знакомится с опытом современного мирового вагоностроения, который можно будет применить в своем дипломном проекте.

Эти изменения должны соответствовать перспективным тенденциям совершенствования конструкции вагонов, которые будут строиться или эксплуатироваться в Республике Беларусь. Чтобы знать, какие узлы и детали вагона следует усовершенствовать в первую очередь, необходимо изучить основные неисправности вагонов, возникающие в эксплуатации. Базовая основа для выполнения поставленной задачи заложена дисциплиной «Технология вагоностроения и ремонт вагонов».

Чтобы выбрать наиболее рациональное решение по улучшению конструкции, студент изучает патенты, связанные с темой дипломного проекта. Здесь проявляется умение студента анализировать и выбирать наиболее рациональное решение из значительного объема информации.

Так, дипломник вычерчивает беззазорное автосцепное устройство, которое в нашей республике еще не используется, а применяется в России для поездов, состоящих из локомотива и двухэтажных вагонов. При этом студент-дипломник вносит конструктивные изменения, которые выбрал по патентному поиску или при ознакомлении с зарубежными разработками. Такие поезда при наличии на втором этаже некоторых вагонов купола для обозрения местности вполне возможно, в будущем могут применяться для туристических маршрутов по Республике Беларусь.

Значительное количество патентов, которые студенты внедряют в свои дипломные проекты, принадлежит ученым и изобретателям БелГУТа, которые работают на кафедре «Вагоны» и в лаборатории ОНИЛ «ТТОРЕПС». К таким разработкам относятся, например, сливной прибор цистерны с тройным запирающим устройством, который исключает потери груза и обеспечивает экологическую безопасность при эксплуатации цистерны. Применение патента по совершенствованию крыши вагона-хоппера предотвращает значительные коррозионные повреждения при эксплуатации вагона.

Для поиска и выбора наиболее рациональных решений, развития творческой инициативы студентам на консультации предлагается вести дискуссию, аргументировать и оценивать предложения по совершенствованию конструкции. Применяются алгоритмические и эвристические методы: метод элементарных вопросов, мозговой штурм, метод аналогий и т. д.

При таком подходе возрастает инициатива дипломника, самостоятельность, повышается грамотность и выбирается наиболее рациональный конечный вариант.

Знание материаловедения, технологии материалов, сварочного производства позволяют правильно выбрать материалы, определить, какая сварка будет применяться для соединения деталей.

Обоснование конструкции вагона является следующим этапом выполнения дипломного проекта. Чтобы приступить к оформлению чертежей студент выбирает основные параметры вагона и производит вписывание вагона в габарит с целью обеспечения безопасности движения.

Дисциплины «Сопромат» «Строительная механика», «Конструкция, теория и расчет вагонов», изучаемые в процессе обучения в университете, позволяют студентам выполнить расчеты конструкции на прочность или на выносливость. На кафедре «Вагоны» и в библиотеке университета имеется достаточное количество учебных пособий и методических материалов по расчету конструкций вагонов. При выполнении расчетов учитываются конструктивные изменения, внесенные автором в дипломный проект.

Базовые знания по оформлению чертежей и при выполнении курсовых проектов, полученные студентами на младших курсах, дают студенту возможность грамотно выполнить графическую часть проекта с применением вспомогательных прикладных программ AutoCAD, COMPAS и др.

Задача преподавателя – способствовать самостоятельности студента, развитию его творческих способностей. К каждому студенту должен быть индивидуальный подход с учетом особенностей характера, типа нервной деятельности, эрудированности, целеустремленности. Немаловажными факторами являются положительная мотивация и ценностная ориентация. Преподаватель анализирует эффективность проделанной студентом работы, дает рекомендации, направляет дальнейшую деятельность студента.

Обязательно в дипломном проекте рассматриваются вопросы экологической безопасности и охраны труда. На железной дороге трудятся работники различных специальностей, деятельность

которых требует нахождения в непосредственной близости от вагонов, в зоне повышенной опасности. Поэтому для обеспечения безопасности работников, например составителей, дипломник проектирует и рассчитывает лестницы, поручни или вагон на устойчивость против схода с рельсов, предусматривает наличие переходных площадок.

На заключительном этапе работы осуществляется нормоконтроль с целью полного соответствия и соблюдения требований Единой системы конструкторской документации (ЕСКД).

Подготовка к защите дипломного проекта предполагает индивидуальную работу преподавателя с каждым студентом. По результатам выполнения работы определяется склонность дипломника к научным исследованиям или к практической деятельности.

Завершающим этапом является выступление студента на защите с 7–10-минутным докладом.

Итог защиты зависит от качества выполненного дипломного проекта, умения преподнести материал и ответить на вопросы, от опыта выступлений студента.

Пройденное обучение в вузе и выполненный на достаточно высоком уровне дипломный проект способствуют подготовке конкурентоспособного специалиста, востребованного на рынке труда.

УДК 159.9

ОСОБЕННОСТИ ОЦЕНКИ УПРАВЛЕНЧЕСКОГО ПЕРСОНАЛА НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

А. Г. ЗЕНКЕВИЧ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Инновационный уровень развития экономики в нашей стране характеризуется обострением конкурентной борьбы, выходом ее на новый качественный уровень. Наряду с традиционными для Республики Беларусь формами: протекционизмом, открытой борьбой, лоббизмом, всё большую роль приобретает качество персонала организации, как фактор конкурентной борьбы, который позволяет побеждать тогда, когда остальные способы не работают. Всё это присуще и предприятиям железнодорожного транспорта. При прочих равных условиях выигрывает тот, кто обладает более мощным потенциалом сотрудников. Любой руководитель в своей работе постоянно сталкивается с необходимостью оценивать подчиненных – для принятия решений о поощрениях, продвижении, обучении, результатах испытательного срока, изменении заработной платы или премировании [1].

Оценка труда персонала представляет собой одну из важнейших функций управления трудом. Многообразие и широта спектра профессий, а также различие квалификационных уровней составляют огромную систему областей человеческой деятельности. И каждое составное звено этой огромной системы, каждый вид деятельности, каждая профессия и специальность требуют соответствия личных данных работника конкретным функциям самого трудового процесса, его специфике и особенностям. Этим и обуславливается значимость оценки работника на разных стадиях его участия в труде.

Ученые-экономисты, социологи, философы уделяют внимание рассмотрению вопросов методологии и методического обеспечения оценки труда персонала.

Под оценкой персонала следует понимать комплекс организационных мероприятий по установлению соотношения фактического уровня развития профессиональных и личностных качеств и тактовых уровней, предусмотренных профилем соответствующей должности.

Проблема оценки управленческих кадров в настоящее время находится на пике своей актуальности. Интерес к ней особенно возрос в последние годы (с созданием различного рода кадрового резерва руководителей), как в бизнесе, так и в структурах государственного управления, в том числе и железнодорожного транспорта. Необходимость формирования системы преемственности и обновления управленческого корпуса поддерживается сейчас на самом высоком уровне [2].

Об этом свидетельствует издание и исполнение в нашей стране таких нормативных документов, как Указ Президента Республики Беларусь от 26.07.2004 № 354 «О работе с руководящими кадрами в системе государственных органов и иных государственных организаций»; Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 20 октября 2004 г. № 1304 «О некоторых мерах по реализации Указа Президента Республики Беларусь от 26 июля 2004 г. № 354».

Необходимыми условиями и требованиями к технологии оценки управленческого персонала являются [3]:

- объективность – проведение оценки независимо от каких-либо частных мнений или отдельного набора суждений;
- надежность – относительная свобода от влияния ситуативных факторов (настроение, погода, прошлые успехи и неудачи, возможно, случайные);
- достоверность в отношении деятельности – оценивать необходимо только реальный уровень владения навыками – насколько успешен работник в своем деле;
- возможность прогноза – оценки должны давать данные о том, к какому виду деятельности и насколько профессионально работник потенциально имеет склонность;
- комплексность – оценивают не только каждого из членов организации, но и ряд связей и отношений внутри организации, а также ряд возможностей данной организации как единого целого;
- процесс оценки и ее критерии являются доступными не узкому кругу специалистов, а вполне понятны и тем, кто оценивает и наблюдает, и тем, кого оценивают (то есть обладают свойствами внутренней очевидности);
- проведенные оценочные мероприятия должны не дезорганизовывать работу коллектива, а быть встроенными в общую систему работы по развитию персонала в организации с тем, чтобы реально способствовать процессам ее развития и совершенствования.

Система оценки как персонал-технология представляет собой непрерывный процесс на железнодорожном транспорте (рисунок 1) [4].



Рисунок 1 – Взаимосвязь системы оценки с общей системой управления персоналом

Грамотно проведенная оценка персонала обеспечивает руководство предприятия железнодорожного транспорта информацией об индивидуальных особенностях работников, выполнении ими своих должностных обязанностей, поведении на рабочем месте, лояльности и т. д. Такая информация помогает принимать обоснованные решения и формировать сбалансированную кадровую политику.

Список литературы

- 1 Берглезова, Т. В. Проблемы управления процессами формирования и использования кадрового потенциала предприятия / Т. В. Берглезова // Корпоративный менеджмент (электронный журнал). – 2008. – № 12.
- 2 Авдеев, В. В. Управление персоналом: технология формирования команды / В. В. Авдеев. – СПб. : Финансы и статистика, 2002. – 544 с.
- 3 Гончаров, В. В. В поисках совершенства управления: руководство для высшего управленческого персонала : в 3 т. / В. В. Гончаров. – М. : МНИИПУ, 2002. – Т. 1. – 815 с.
- 4 Карманова, А. В. Понятие оценки персонала и ее роль в управлении персоналом / А. В. Карманова // Молодой ученый. – 2017. – № 9. – С. 409–411.

САМОПОДГОТОВКА И КОНТРОЛЬ ЗНАНИЙ СТУДЕНТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПЬЮТЕРОВ

Л. А. ИОФФЕ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В. А. КОРОТКЕВИЧ

Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины, Республика Беларусь

Одним из средств активизации учебного процесса является использование компьютеров на всех этапах процесса обучения. Длительный опыт преподавания различных дисциплин показывает, что эффективно создавать условия для обязательной компьютерной самостоятельной работы студента.

В преподавании постоянно ведется работа по разработке и внедрению в учебный процесс электронных справочных материалов, обучающих программ и компьютерных тестов по всем преподаваемым дисциплинам.

Например, использование программных продуктов, основанных на базах данных, требует практических навыков в области написания запросов к СУБД на структурированном языке запросов SQL. Независимость этого языка от специфики компьютерных технологий, его поддержка лидерами промышленности в области технологии реляционных баз данных сделали SQL основным стандартным языком, что, вероятно, сохранится в обозримом будущем. По этой причине специалисты транспортной области, работающие с базами данных, должны знать SQL.

Чтобы обеспечить для обучаемых возможность самостоятельного приобретения практических навыков использования языка SQL, а для преподавателей – возможность проведения контрольных мероприятий, авторами было разработано и внедрено в учебный процесс интернет-приложение «SQL-тренажер».

Разработанное приложение позволяет обучаемым в удобное для них время осуществлять самоподготовку путем выполнения предлагаемых тестовых заданий по написанию запросов к СУБД. На странице приложения, доступной обучаемому, приводится схема данных (визуальное графическое представление связей между таблицами базы данных), а также вкладки для просмотра структуры и содержимого таблиц, по которым нужно будет составить запросы. В качестве проблемной области выбрана область, знакомая всем студентам: учебный процесс в университете. Соответствующая база данных содержит информацию о таких сущностях, как факультетах, кафедрах, преподавателях, группах, студентах и др. Сущности связаны как простыми иерархическими отношениями принадлежности (кафедра – преподаватель, группа – студент и т. п.), так и более сложными (успеваемость, руководство курсовыми и дипломными проектами, специализация групп на кафедрах, кураторство и др.). Предлагаемые студентам тестовые задания разделены на группы по сложности и тематике, позволяют получить практические навыки в написании SQL-запросов следующих видов:

- запросы на выборку из одной таблицы с различными способами фильтрации данных;
- многотабличные запросы с различными способами определения связей между таблицами;
- запросы с группировкой данных и использованием функций агрегирования данных;
- запросы с использованием вложенных и связанных подзапросов;
- запросы на добавление, изменение и удаление данных.

Отличительной особенностью данной системы от разного рода других тестовых систем является методика проверки заданий. Система проверяет задание не путем сравнения написанного запроса с текстом эталонного запроса, а посредством выполнения его и сравнением с результатом выполнения эталонного запроса. Таким образом, верно написанные запросы, отличающиеся по синтаксису от эталонного запроса, будут оценены как успешное решение задачи. Подобный подход позволяет повысить эффективность контроля (самоконтроля) знаний, а также практически исключает возможность «угадывания» студентом верного ответа. Вопросы в системе не содержат подсказок в виде готовых ответов. В результате студенту приходится при решении задания опираться только на свои знания и опыт. Студенту предоставляется не ограниченный список решений, а практически бесконечное количество возможных решений, некоторое подмножество из которых является верными. Это повышает точность оценки качества освоения материала. Также при данном под-

ходе при оценивании знаний снижается вероятность передачи материалов между студентами и сдачи заранее подготовленных ответов. Преподаватель при этом экономит время, которое раньше затрачивалось на визуальную проверку текстов запросов.

Запрос, подготовленный студентом в качестве ответа на тест, автоматически выполняется приложением. При наличии синтаксических ошибок, обнаруженных сервером баз данных, соответствующее сообщение сервера отображается студенту. Иначе полученный результат сравнивается с результатом эталонного запроса, подготовленного преподавателем. Оба результата и вердикт системы (соответствуют ли полученные данные ожидаемым) отображаются обучаемому.

Кроме целей самоподготовки студентов приложение может быть использовано преподавателем для проведения контрольных мероприятий. В этом случае преподаватель определяет состав тем, по которым проводится контрольная, количество вопросов по каждой теме и длительность контрольной работы. Как только обучаемый начинает контрольную работу, запускается таймер и на экране появляется заданное количество случайных задач по темам, включенным в контрольную работу. Студент решает данные задачи, отправляет, нажимает «Завершить» (либо время истекает) и получает результат своей контрольной работы, который также отображается преподавателю.

Административная часть приложения, доступная пользователям, которые зарегистрированы в качестве преподавателей, позволяет:

- редактировать данные в таблицах, используемых в запросах;
- создавать и редактировать условия тестов и эталонные запросы;
- создавать и редактировать условия контрольных работ;
- получать сведения об активности и результатах самостоятельной работы студентов, результатах контрольных работ по группам студентов.

Практика показывает, что использование SQL-тренажера существенно помогает студентам в усвоении учебного материала, учит студентов самостоятельно думать, раскрывать свои возможности. При этом приобретенные практические навыки в области разработки приложений, использующих базы данных, безусловно, помогут студентам в дальнейшей профессиональной деятельности.

УДК 378.1

РЕАЛИЗАЦИЯ МОДЕЛЕЙ СМЕШАННОГО ОБУЧЕНИЯ ПРИ МЕТОДИЧЕСКОЙ РАЗРАБОТКЕ КУРСА СПЕЦИАЛЬНЫХ ДИСЦИПЛИН ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ

Н. А. КЕКИШ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Специальные дисциплины технологического профиля, которые преобладают в учебной программе транспортных специальностей, имеют ряд особенностей, среди которых:

- широкое использование документов нормативно-правового характера;
- упор на важности не только содержания определенных технологических операций, но и их правильной последовательности, особенно в условиях автоматизации выполнения операций;
- необходимость выработки системного подхода для понимания взаимосвязей между отдельными компонентами, функционирующими в рамках единого транспортного комплекса;
- четкая практическая направленность.

Данные особенности вызывают необходимость применения специальных методических приемов и технических средств обучения для развития академических, социально-личностных и профессиональных компетенций. В основе современной методики преподавания специальных дисциплин технологического профиля должны лежать принципы смешанного обучения, которые одновременно позволяют повысить долю активной самостоятельной работы студентов над освоением материала, расширить практическое применение полученных теоретических знаний путем использования открытых образовательных ресурсов и преодолеть ограничения технического характера. Однако прежде всего необходимо коснуться вопроса готовности студентов к использованию моделей смешанного обучения как в отношении уровня их цифровой грамотности, так и в отноше-

нии технической возможности. С большой долей уверенности можно утверждать, что в настоящее время существуют все возможности для реализации предлагаемой модели смешанного обучения по обоим заявленным аспектам, поскольку все студенты технических вузов к моменту начала изучения специальных дисциплин (обычно это пятый семестр) обладают:

– базовыми навыками цифровой грамотности, приобретенными ими как в ходе изучения дисциплин данного профиля в общеобразовательной школе и вузе («Информатика», «Основы информационных технологий»), так и неформальным путем (практикой использования компьютера и мобильных устройств для личных целей);

– технической возможностью в виде наличия компьютера и/или мобильного устройства (смартфона, планшета) с периодическим (как минимум) доступом в Интернет.

В качестве примера рассмотрим, как простейший вариант модели смешанного обучения может быть реализован в преподавании дисциплины «Управление грузовой и коммерческой работой» специальности «Организация перевозок и управление на железнодорожном транспорте» и как с помощью доступных онлайн-инструментов может быть улучшено качество образовательного процесса. В учебной программе данной дисциплины для очной формы обучения предусмотрено несколько видов учебных занятий: лекции, практические работы, лабораторные работы, курсовое проектирование. В качестве базового технического обеспечения модели смешанного обучения предлагается использовать *G Suite* – пакет компании Google. Данный пакет имеет бесплатную версию для индивидуального использования, бесплатную специальную версию для учреждений образования, локализацию на русский язык и содержит целый комплекс многофункциональных онлайн-инструментов (часть имеет мобильные версии).

Организация и хранение учебных материалов. Обеспечение постоянного доступа к учебным материалам курса является залогом активной самостоятельной работы студентов. Среди наиболее простых и доступных способов организации при отсутствии действующей электронной системы управления обучением можно рекомендовать два: платформу *Google Classroom* и простой сайт на базе *Google Sites*. Оба варианта позволяют эффективно организовать хранение разнообразных учебных материалов по курсу в одном месте с простым дистанционным доступом.

Лекционный курс. В дополнение к учебникам и учебно-методическим пособиям по дисциплине к каждой лекции курса прилагается презентация с визуальными материалами и интерактивными элементами. Презентации рекомендуется выполнять в редакторе *Google Slides*. Его преимущества: работа в онлайн- и офлайн-режимах, богатые графические возможности, наличие готовых шаблонов оформления, возможность удаленной совместной работы, возможность установления различных режимов доступа к контенту презентации. С методической точки зрения особенно хотелось бы отметить наличие функции *Q&A*, позволяющей аудитории отправлять текстовые вопросы докладчику. Использование данной функции способствует более активному вовлечению студентов в ход лекционного занятия. Фиксация этих вопросов в письменном виде внутри самой презентации позволяет использовать их позже как для корректировки лекционного материала на следующий год с учетом выявленных наиболее сложных для понимания аспектов данной темы, так и для составления тестовых материалов по курсу.

Практические занятия. Материалы для практических занятий в различной форме (тексты, фото и видеоматериалы, презентации, графики и таблицы) также могут быть размещены на сайте курса с тем, чтобы студенты смогли ознакомиться с теоретической частью еще до занятия и большую часть занятия посвятить решению практических задач под контролем преподавателя и очным консультациям по сложным вопросам. В качестве технических средств выполнения можно порекомендовать текстовый редактор *Google Docs* и табличный редактор *Google Sheets*. С методической точки зрения особое внимание следует обратить на возможности этих инструментов для организации групповой работы студентов как во время аудиторных занятий, так и после них. Групповая работа наиболее достоверно имитирует реальные процессы взаимодействия на рабочем месте, что делает такую форму организации занятий наиболее предпочтительной с точки зрения развития у студентов необходимых профессиональных и социально-личностных компетенций. В то же время специальные функции рекомендуемых инструментов дают возможность объективно оценить качество и объем индивидуальной работы каждого участника группы. Облачное хранилище *Google Drive* позволяет оставить все работы в доступе у студента на протяжении всего времени его обучения, что может быть очень полезным при выполнении курсового и дипломного проектирования на старших курсах, при подготовке к государственному экзамену.

Лабораторные работы. Особенностью лабораторных работ по рассматриваемой дисциплине является достаточно большое количество тем, посвященных порядку заполнения различных учетных и отчетных форм. Поскольку на практике в настоящее время такие формы заполняются с помощью автоматизированных систем, в частности, с помощью системы САПОД, то выполнение лабораторных работ с ручным заполнением бланков недостаточно адекватно имитирует реальную технологическую операцию. Хотя для лабораторных занятий и предоставляется аудитория с установленным программным обеспечением САПОД, но ограниченное время аудиторного занятия в большинстве случаев не позволяет студентам выработать стойкий навык его использования. Практиковаться в другое время они, как правило, не могут, поскольку аудитория занята под проведение других занятий. Практика в достаточном объеме может быть осуществлена путем имитации заполнения бланков в редакторах *.pdf*.

Защита практических и лабораторных работ и промежуточный контроль знаний могут быть частично или полностью проведены в виде контрольного тестирования с использованием тестов *Google Forms*. Функции встроенной автоматической проверки и отзыва и возможность включения визуальных объектов в тест позволяют с успехом применять *Google Forms* как инструмент для формирующего оценивания и для самостоятельной подготовки к контрольному оцениванию (экзамен, зачет).

Курсовое проектирование. Инструменты пакета *G Suite* позволяют выполнить все части курсового проекта (текстовую, расчетную, графическую, презентационную). При этом создается уникальная возможность для студентов постоянно поддерживать коммуникацию с преподавателем через систему комментариев и внутреннего чата, а для преподавателя – в режиме реального времени контролировать объем и качество выполнения курсового проекта, корректируя, при необходимости, работу студентов.

Таким образом, правильная интеграция онлайн-инструментов открытого доступа при методической разработке курса специальной дисциплины технологического профиля способна повысить качество образовательного процесса при отсутствии дополнительных затрат как со стороны учреждения образования, так и со стороны студента. Одновременно обе стороны учебного процесса постоянно совершенствуют свои навыки цифровой грамотности.

УДК 378.14

О ГУМАНИТАРИЗАЦИИ ИНЖЕНЕРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ В ТЕХНИЧЕСКОМ ВУЗЕ

Е. Г. КИРИЧЕНКО

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В Республике Беларусь завершается практическое оформление новой парадигмы высшего образования. Её основными компонентами являются переход к двухступенчатой системе высшего образования, сокращение сроков обучения некоторых специальностей до 4–4,5 лет в соответствии с Программой перехода на дифференцированные сроки подготовки специалистов, перевод учебного процесса на новые стандарты третьего поколения, реализация модели инновационного образования.

Новая парадигма высшего образования является, на наш взгляд, парадигмой развивающего, личностно ориентированного обучения, которое приходит на смену традиционному, нормативно-предписывающему обучению.

Важнейшей целью современного образования является формирование у молодых людей принципиально нового миропонимания, способного адекватно отразить сущность современных процессов. Реализация модели инновационного образования должна смягчить противоречия техногенной цивилизации, связанные с односторонним развитием наук о природе в ущерб наукам о человеке, с гипертрофированным рационализмом в ущерб нравственно-эстетическому развитию. В центре внимания инновационного образования должны быть интересы человека (студента, преподавателя), его духовного и культурного развития.

В современных условиях университетское образование должно быть направлено на формирование специалиста нового типа, обладающего интеллектуальным и креативным потенциалом, компе-

тентного и профессионального работника, готового конкурировать на рынке труда не только нашей страны, но и за её пределами, имеющего решать нестандартные задачи. Особая роль в этом принадлежит блоку социально-гуманитарных наук, ориентированных на формирование мировоззрения, моральных ценностей, воспитание гражданской позиции студенческой молодежи.

Развитие социально-гуманитарных наук является важнейшим показателем уровня цивилизованности общества. XXI столетие ЮНЕСКО объявил веком «гуманитарной экспансии». Это вовсе не означает отказ от точных наук или принижение значимости техникотехнологического знания в современном обществе. Техническое образование нельзя сводить до инструменталистского уровня, необходимо расширять так называемую «гуманистическую составляющую».

Технократический подход в образовании, который некоторыми экспертами выдвигается на первый план, сводит профессиональное обучение молодого человека к усвоению ограниченного набора умений и навыков, стандартных операций и процедур. Это ведёт к формированию человека-пользователя, человека-функции, «одномерного человека» (Г. Маркузе), который не способен креативно мыслить, занимать гражданскую позицию. Ограниченность рамками узкой специальности, отсутствие мировоззренческих представлений о мире, тенденциях развития современного общества, нивелирование ценностного сознания ведет к порождению феномена так называемого «профессионального идиотизма» (К. Маркс).

В модели национального образования Республики Беларусь важнейшее место занимает концепция гуманитаризации образования, первоначальный вариант которой был разработан научным коллективом Республиканского института высшей школы и гуманитарного образования (1995 г.). Данная концепция гуманитаризации была рассчитана, в основном, на переходный период социально-экономического и политического развития Республики Беларусь и предусматривала реализацию следующих основных направлений: овладение общечеловеческими ценностями, способами деятельности и национальными традициями; демократизация учебного процесса; преподавание широкого спектра социально-гуманитарных наук; деидеологизация учебного процесса; возможность альтернативных концепций обучения; свобода выбора обучаемыми дисциплин гуманитарного профиля; интегративность и преемственность курсов в программах подготовки специалистов и магистрантов; обязательная углубленная языковая подготовка; введение курсов и спецкурсов, учитывающих профиль учебного заведения.

Белорусский государственный университет транспорта за последние 20 лет накопил опыт реализации в условиях практико-ориентированной подготовки специалистов транспортного комплекса двух основных трендов инженерного образования – фундаментализации и гуманитаризации. В 1990 году был открыт непрофильный для университета гуманитарный факультет, призванный стать центром гуманитаризации инженерного образования.

С 1994/95 уч. г. гуманитарный факультет стал выпускающим и переименован в гуманитарно-экономический.

Процесс гуманитаризации не сводится только к чтению стандартного объёма социально-гуманитарных дисциплин, программы которых были подвергнуты серьёзной концептуальной переработке. Важнейшим элементом этого процесса является работа как научно-исследовательская преподавателей и студентов, так и воспитательная, культурно-просветительская – одна из самых сложных сфер деятельности в университете.

Гуманитаризация, на наш взгляд, должна быть распространена не только на социально-гуманитарные дисциплины, но и на фундаментальную, специальную подготовку студентов. Сила современной науки – в синтезе естественнонаучного и гуманитарного знания. Ярким примером внедрения междисциплинарного подхода в организацию учебного процесса является образовательный опыт США. Процесс модернизации обучения включает два направления:

- введение в технические вузы обязательных дисциплин социально-гуманитарного цикла;
- активное проникновение в гуманитарные специальности основ естествознания и техникотехнологического знания.

Междисциплинарный подход к обучению, по мнению американских специалистов, способствует формированию у студентов всестороннего мировоззрения. Эти два направления осуществляются на основе введения в программы американских вузов блока обязательных социально-гуманитарных дисциплин.

Начиная с 2014 года преподавание социально-гуманитарных дисциплин осуществляется на основе Рекомендаций по реализации Концепции оптимизации содержания, структуры и объёма социально-гуманитарных дисциплин в учреждениях высшего образования, утвержденных Министром

образования Республики Беларусь 22.05.2014, Образовательного стандарта высшего образования «Высшее образование. Первая ступень. Цикл социально-гуманитарных дисциплин (15.07.2014) и с учетом типовых учебных программ по обязательным модулям цикла социально-гуманитарных дисциплин для учреждения высшего образования, утвержденных 30.06.2014.

На первой ступени преподавания социально-гуманитарных дисциплин рекомендована модульная система, которая предусматривает выделение блока обязательных дисциплин: «История», «Философия», «Политология», «Экономика» и блока специализированных дисциплин по выбору: «Великая Отечественная война советского народа (в контексте Второй мировой войны)», «Культурология», «Логика», «Этика», «Религиоведение», «Белорусоведение», «Права человека», «Социология управления».

Вторая ступень обучения (магистратура) предусматривает как специальную подготовку, научно-исследовательскую работу, так и подготовку по общеобразовательным дисциплинам для сдачи по ним в высших учебных заведениях кандидатских экзаменов и зачетов в целях последующего обучения в аспирантуре. В структуру социально-гуманитарного блока на второй ступени образования внесены следующие дисциплины: «Философия и методология науки», «Педагогика и психология высшей школы», «Иностранный язык».

Таким образом, гуманитаризация как важнейшая ценностная ориентация включает в себя гуманизацию образования, предполагающую поворот к целостному человеку; овладение общечеловеческими ценностями и способами деятельности; формирование гуманистического мировоззрения; сохранение инвариантности базового цикла социально-гуманитарных дисциплин как фундаментального с широким спектром свободного выбора спецкурсов, факультативов по интересам; демократизацию учебного процесса; языковую подготовку и, наконец, синергию естественнонаучных и гуманитарных дисциплин. Сегодня необходимо преодолеть односторонность подхода к подготовке специалистов технических специальностей. Техническое образование не должно иметь чисто технократической и прагматической направленности, а должно быть соотносено с культурными, духовно-нравственными ценностями общества. Только так можно гармонизировать личность, активизировать креативные способности студенческой молодежи, востребованные в современных условиях.

УДК 378.1:327.5

ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ СТАНДАРТОВ В МОРСКОЙ ОТРАСЛИ УКРАИНЫ

Т. А. КОВТУН, А. Г. ГАБ

Одесский национальный морской университет, Украина

Несмотря на практически полное отсутствие собственного флота, Украина всё еще является морской державой и занимает, по данным BIMCO и ICS, пятое место в рейтинге стран – поставщиков специалистов морской отрасли на международный рынок труда [1]. Сложившаяся ситуация объясняется заинтересованностью иностранных работодателей в украинских специалистах, что обусловлено рядом причин: высоким уровнем квалификации украинских моряков, относительно низким уровнем оплаты труда, качественными практическими навыками и др. Действительно, украинцы обходятся работодателю дешевле европейских специалистов, а по уровню квалификации и практическим навыкам значительно превосходят азиатских конкурентов.

Современная система морского образования базируется на различных требованиях и нормах, начиная с пожеланий работодателей и заканчивая нормами международных конвенций. С развитием технологий и техники постоянно меняются требования к специалистам, что в свою очередь вынуждает менять программы подготовки, методики и методы контроля полученных знаний. К сожалению, на сегодня нет общей системы стандартов, позволяющей определять результат (качество) подготовки специалистов морской отрасли.

Качество образования (подготовки) специалистов морской отрасли неумолимо отстает от требований, предъявляемых нынешними реалиями, которые определяются скоростью развития современных технологий в морской отрасли. Для устранения возникающего несоответствия и поддержки

качества подготовки моряков на должном уровне необходимо постоянно совершенствовать систему образования. Решить проблему возможно благодаря разработке технологично нового подхода в системе стандартов подготовки для скорейшего внедрения инноваций в процесс обучения специалистов. Современные системы навигации, автоматика ходовых машин, новые виды топлива и другое требуют моментального внедрения обновлений в программы подготовки, что в свою очередь позволит повысить уровень и актуальность получаемых специалистами знаний.

Чаще всего в учебных заведениях используют стандарт управления системой качества в соответствии с требованиями международного стандарта ISO 9001, государственные образовательные стандарты подготовки, разработанные профильными НИИ и типовые учебные планы и программы дополнительной подготовки. Государственные образовательные стандарты подготовки включают в себя образовательно-квалификационную характеристику, типовой учебный план, типовые учебные программы по учебным предметам и производственному обучению, предусмотренные типовым учебным планом, критерии квалификационной аттестации выпускника. Учебные заведения для получения/продления лицензии Министерства образования, должны следовать этим стандартам, изменения в программе допускаются не более 5 %. Кроме того, эти стандарты зачатую в большей мере учитывают требования национального законодательства и в меньшей – требования международных конвенций, поправок к ним и требования работодателей.

Например, «Государственный стандарт профессионально-технического образования по профессии «Матрос» (ГСПТО 8340.01.61.00–2014, код: 8340), квалификация: матрос второго класса, матрос первого класса» [2] разработан в соответствии со статьей 32 Закона Украины «О профессионально-техническом образовании» [3] и «Методикой разработки государственных стандартов профессионально-технического образования по конкретным рабочим профессиям», утвержденной приказом Министерства образования и науки Украины от 15 мая 2013 года № 511, зарегистрированной в Министерстве юстиции Украины 29 мая 2013 года под № 832/23364 [4], а также с учетом требований Международной конвенции ПДНВ-78 [4], включая поправки, принятые на конференции от 25.06.2010 г. в г. Манила. Конечно, в этом стандарте частично учтены требования Международной конвенции ПДНВ-78 с учетом требований Манильских поправок. Но, как показывает практика, конвенция ПДНВ-78 довольно часто изменяется путем издания поправок, директив, дополнений, т. е. нельзя базироваться только на поправках 2010 г. Новые требования необходимо отслеживать и внедрять в учебную программу регулярно, а для этого необходим соответствующий механизм.

Также можно рассмотреть международный стандарт управления системой качества в соответствии ISO 9001:2015. ISO 9001:2015 устанавливает критерии системы менеджмента качества и является единственным стандартом серии, по которому возможно осуществлять сертификацию (хотя это не является обязательным требованием). Он может быть использован любой организацией вне зависимости от сферы деятельности. Как известно, в более чем 170 странах существует более одного миллиона компаний и организаций, сертифицированных согласно ISO 9001 [5]. Данный стандарт основан на ряде принципов менеджмента качества, таких как ориентация на клиента, мотивация и вовлеченность высшего руководства, процессный подход и постоянное совершенствование. Применение ISO 9001:2015 гарантирует, что клиенты получают высококачественные товары и услуги, которые, в свою очередь, способствуют получению прибыли компаниями.

Цель серии стандартов ISO 9000 – стабильное функционирование документированной системы менеджмента качества продукции предприятия-поставщика. Исходная направленность стандартов серии ISO 9000 была именно на отношения между компаниями в форме потребитель – поставщик. С принятием в 2000 году третьей версии стандартов ISO 9000 большее внимание стало уделяться способностям организации удовлетворять требования всех заинтересованных сторон: собственников, сотрудников, общества, потребителей, поставщиков. ISO 9000 делает акцент на достижение устойчивого успеха. Указанные стандарты помогают предприятиям (организациям) формализовать их систему менеджмента путем ввода таких системообразующих понятий, как внутренний аудит, процессный подход, корректирующие и предупреждающие действия.

Стандарт ISO 9001:2015 включает в себя совершенствование системы и контроль качества как конечный результат, имеет довольно широкий спектр применения и используется в самых различных сферах бизнеса. В нём описываются только общие принципы, и для получения оптимального результата предприятие адаптирует его положения с учетом специфических характеристик своей деятельности. Так, процессы создания продукции входят в цепь «поставщик – организация – потре-

битель» и в стандарте определяются как «выпуск продукции». Учитывая специфику подготовки специалистов морской отрасли в Украине, процесс предоставления образовательных услуг (выпуск продукции) можно представить как цепь заинтересованных участников:

– поставщики – учебные заведения 1–3-го уровня аттестации (школы, лицеи, профессионально-технические училища и др.);

– организации – учебные заведения 1–4-го уровня аккредитации, осуществляющие подготовку специалистов морской отрасли (университеты, институты, академии, техникумы, колледжи и др.);

– потребители – организации, заинтересованные в специалистах морской отрасли (судоходные компании, компании-судовладельцы, крьюинговые, рекрутинговые агентства и др.).

Если же говорить о качестве подготовки с постоянным мониторингом и внедрением обновлений, следует отметить, что данный аспект образовательной деятельности опирается на государственный стандарт, внесение изменений в который недопустимо. В сфере образования и подготовки конечным пользователем качественной услуги в большей степени является работодатель и основным двигателем должны быть пожелания работодателя. Учитывая современные реалии, было бы целесообразно разработать современную систему стандартов подготовки моряков в Украине, которая позволит быстро реагировать на изменения рынка труда и своевременно вносить необходимые изменения, соответствующие требованиям работодателей и международных конвенций, в образовательный процесс.

Список литературы

1 Manpower Report from BIMCO and the International Chamber of Shipping (ICS) [Electronic resource]. – Mode of access : <https://www.bimco.org/products/publications/other-manuals/manpower-report-2015>. – Date of access : 03.03.2018.

2 Затвержені стандарти професійно-технічної освіти 2006–2016 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://mon.gov.ua/ua/osvita/profesijno-tehnicna-osvita/derzhavni-standarti-navchalni-plani-ta-programi/zatverdzeni-standarti-profesijno-tehnicnoi-osviti-2006-2016>. – Дата доступу : 15.03.2018.

3 Закон від 10.02.1998 № 103/98-ВР «Про професійно-технічну освіту» [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/103/98-%D0%B2%D1%80>. – Дата доступу : 15.03.2018.

4 Про затвердження Методики розроблення державних стандартів професійно-технічної освіти з конкретних робітничих професій. Наказ МОН № 511 от 15.05.2013 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0832-13>**Ошибка! Недопустимый объект гиперссылки..** – Дата доступу : 15.03.2018.

5 **Иванова, Н.** Краткий обзор Евразийского рынка сертификации / Н. Иванова [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://easy-standart.by/ПЕСВ-post.html>. – Дата доступа : 15.03.2018.

УДК 378.4

РАЗВИТИЕ СИСТЕМЫ МАТЕРИАЛЬНОГО СТИМУЛИРОВАНИЯ ПЕРСОНАЛА ТЕХНИЧЕСКОГО ВУЗА КАК СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ПОДГОТОВКИ ИНЖЕНЕРНЫХ КАДРОВ

М. Г. КУЗНЕЦОВА

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Н. Н. МОРОЗОВА

Академия управления при Президенте Республики Беларусь, г. Минск

В Республике Беларусь постоянно разрабатываются меры обеспечения заложенных темпов роста экономики за счет трудовых ресурсов в нужном количестве и имеющих требуемую квалификацию, т. е. преобладает производственный подход. Застой многих предприятий сегодня обусловлен отсутствием эффективной системы стимулирования трудовой деятельности персонала, определяющим, в том числе, инновационную ориентированность производства, интеграцию с отечественными и зарубежными производителями. В Программе социально-экономического развития Республики Беларусь на 2016–2020 годы указано, что развитие человеческого потенциала является одной из основных целей социальной политики Республики Беларусь, которая достигается посредством решения задач по повышению эффективности использования рабочей силы, где стимулом, в определенной степени, выступает оплата труда.

Целью представленной работы является поиск возможных путей развития материального стимулирования персонала учреждения образования «Белорусский государственный университет

транспорта» и решения проблемы материального стимулирования оплаты трудовой деятельности профессорско-преподавательского состава вуза, оказывающего значительное влияние на мотивацию к труду и повышающая до определенного предела его эффективность, а также качество подготовки инженерных и управленческих кадров в сфере транспорта и строительства.

Понятиям мотивации и стимулирования труда персонала организации посвящено значительное число как русскоязычных, так и иностранных публикаций А. Я. Кибанова, В. Arif, В. Рап, О. Н. Римской, А. К. Ключкова, М. В. Гнеденко, В. Д. Зинченко и др. Вопросы материального стимулирования рассматривались в трудах таких ученых, как Е. А. Князева, Н. С. Пряжников, Е. А. Югов, А. В. Модорский, О. В. Митина и пр. В исследованиях Н. Л. Ивановой, В. П. Киреева, Е. А. Неретиной, О. А. Груниной указывается на проблему точного учета результатов труда ППС и возможности только косвенной оценки этого труда спустя продолжительное время. Имеется достаточно большое количество исследований, выполненных в том числе зарубежными авторами. Такие исследования представляют собой оценку факторов, влияющих на мотивацию и стимулирование труда преподавателей и ученых на основе проведенного анкетирования, например, работы В. Arif, С. В. Юдиной, Л. Е. Душацкого, А. В. Куперы, Ю. В. Шмидта, Е. С. Nulty и др. Так, Н. В. Бутримова отмечает практически полное отсутствие мотивации инновационной деятельности вузов. Однако до настоящего времени нет единого подхода к оценке деятельности труда преподавателей вузов.

В результате оценки системы материального стимулирования профессорско-преподавательского состава (ППС) БелГУТа было выявлено, что существующая система оплаты труда в малой степени учитывает качественные характеристики труда преподавателей; для молодых преподавателей без ученой степени и звания практически отсутствует мотивация к карьерному росту. Эти проблемы оказывают влияние на возрастную структуру и наличие оттока молодых кадров. Размер заработной платы для молодого преподавателя с небольшим стажем педагогической деятельности напрямую зависит от занимаемой должности, поэтому необходимо ввести такую оценку работы преподавателя, которая позволит независимо от занимаемой должности материально стимулировать работника. Для качественной оценки работы преподавателя (независимо от занимаемой им должности) предлагается использовать рейтинговую оценку. Возможная методика расчета предлагаемой оценки следующая:

$$R = R_y + R_d + R_m + R_k + R_o,$$

где R_y – результативность учебной деятельности студентов; может быть определена как отношение уровня подготовки на начальном этапе занятий к уровню студентов по окончании изучения дисциплины; R_d – результативность дополнительной работы по подготовке студентов к олимпиадам, участию в конференциях; может учитывать количество студентов, занявших высокие места на олимпиадах различного уровня, а также принимавших участие в конференциях различного уровня; R_m – результативность методической работы; отношение числа фактически изданных методических пособий к плановой величине; R_k – результативность кураторской деятельности; может быть определена по результатам опроса студентов кураторской группы, тестирования студентов кураторской группы на предмет знания нормативных правовых актов Республики Беларусь; учета поощрений и взысканий, наложенных на студентов кураторской группы при возможности влияния куратора на это событие; R_o – рейтинг преподавателя по результатам опроса студентов и самоопроса; рассчитывается как средняя оценка по выбранной шкале по нескольким критериям: доступность подачи материала; соответствие внешнего вида преподавателя; уровень преподавания; соблюдение профессиональной этики и общепринятых культурных норм.

Предлагаются следующие виды денежного материального стимулирования ППС: доплата за используемые в работе ППС практические навыки и знания; премия за высокий рейтинг по предложенной методике; премия за публикации в научных изданиях; премия за научно-исследовательскую работу, выполняемую параллельно основной преподавательской; поощрение за изобретения и инновационные разработки; доплата за разработку учебных курсов; за привлечение в вуз грантов и хоздоговоров; премирование за научно-исследовательскую работу студентов под руководством конкретного преподавателя. Также предлагается рассмотреть следующие варианты денежного материального стимулирования персонала вуза: предоставление рабочего места или персонального помещения для научной и преподавательской работы; возможность использования транспорта учреждения; использование в служебных целях мобильной связи; проведение конкурса на возможность оплачиваемой вузом зарубежной командировки; бесплатный доступ к библио-

течным и электронным источникам информации; пользование объектами социального назначения вуза (служебное жилье, детский сад, спорткомплекс, база отдыха); социальная забота о работниках (страховка, медицинское обследование, бесплатное питание, оплата проезда к месту работы; ссуды на различные нужды; возмещение расходов, связанных с защитой докторских и кандидатских диссертаций).

Наряду с материальным денежным и неденежным стимулированием рекомендуется применять депремирование за невыполнение письменных решений ректората, кафедры и иных органов, отделов и служб вуза; неоднократное опоздание на работу, срыв занятий (со второго раза); невыполнение учебного плана по неуважительным причинам; нарушение профессиональной этики и корпоративной культуры. Депремирование рекомендуется применять наряду с премированием для улучшения качества работы ППС, повышения уровня квалификации и сохранения имиджа преподавателя.

Финансирование на выплату премий за одновременное выполнение педагогической и научно-исследовательской работ может быть осуществлено за счет перераспределения дохода университета от научно-исследовательской деятельности. В настоящее время только 40 % от суммы по калькуляции научно-исследовательских проектов, хоздоговорных тем и иных программ научных исследований направляется на выплату заработной платы преподавателям как научным сотрудникам. Предлагается 50 % выделять на заработную плату ППС, за выполнение параллельно научной работы. Соответственно разница 10 % между существующей и предлагаемой суммой позволит проводить стимулирующие выплаты таким работникам. Также необходимо обратить внимание на новые инструменты финансирования вузов, которые могут быть разрешены и закреплены законодательно и позволят поддержать необходимый уровень и качество обучения в высшей школе, например, использование эндаумент-фондов.

В целом должна существовать всеобщая заинтересованность в решении рассматриваемой проблемы. При создании оптимальной системы материального стимулирования труда преподавателей вузов необходимо применять различные виды стимулирования, учитывая многовариантность способов их сочетания, а также для конкретного вуза определять актуальность и приоритеты стимулов, размер премиального фонда. Всё вышеперечисленное позволит повысить престижность и привлекательность педагогического труда в вузах, заметно улучшить качество жизни преподавателей и уровень подготовки инженерных кадров, и, как следствие, усилить человеческий потенциал Республики Беларусь, что положительно скажется на позиции государства в мировом рейтинге.

УДК 378.11

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ВЫСШЕГО ТРАНСПОРТНОГО ОБРАЗОВАНИЯ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Ю. И. КУЛАЖЕНКО, Н. Н. КАЗАКОВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Специфика транспортного образования определяется тем, что учреждения высшего образования должны не только соответствовать требованиям, которые предъявляются к высшей школе обществом, но и работать над реализацией своей исторической миссии – обеспечивать кадровое и научное сопровождение развития транспортного комплекса страны. Тот факт, что по законам регионального развития транспорт должен развиваться опережающими темпами относительно других отраслей экономики, определяет значимость транспортного образования в реализации функций инновационного развития экономики всего региона: города, области, страны, объединений стран.

Именно для эффективной реализации названной миссии необходимо применять инновационную модель транспортного образования, главной особенностью которой является возможность эффективного реагирования на изменяющиеся тенденции долгосрочных периодов, а не решение задач выживания в краткосрочной перспективе. Для этого представители современной сферы обра-

зовательных услуг должны сформировать модель подготовки специалистов, адекватную запросам не только транспортного рынка, но и глобальным тенденциям мировой экономики. Говоря иначе, при сохранении базовых ценностей транспортное образование должно адаптироваться к требованиям времени.

Эпоха глобализации выявила ряд нерешенных и принесла новые проблемы в развитии транспортного образования. Часть из них, связанная с обеспечением готовности молодежи жить и творить в быстро изменяющемся мире, используя современные информационные средства и технологии, вписываясь в систему межкультурных связей открытого мира, в котором должны быть обеспечены доступность и непрерывность образования достаточно высокого качества, носит глобальный характер. Но решать их можно только с учетом национальной специфики и условий развития конкретного региона.

Важно отметить, что реалии современной социокультурной и экономической ситуации не позволяют использовать для Республики Беларусь скопированную модель образования, характерную для других стран и регионов. При этом для обеспечения благоприятных перспектив развития транспортного образования ни в коем случае нельзя занимать и выжидательную позицию.

Несмотря на аргументированные выводы о том, что в долгосрочной перспективе транспортные специальности будут востребованы обществом, необходимо учитывать и те факторы внешнего окружения, которые определяют мотивацию абитуриента при выборе специальности сегодня, а не в некоторой отдаленной перспективе. Сегодня, когда мотивация абитуриента определяется в первую очередь не осознанным выбором будущей специальности, как это наблюдалось раньше, а количеством набранных баллов по результатам централизованного тестирования, стоимостью и сроками обучения, конкурентным окружением транспортного вуза в регионе, это особенно актуально.

Одним из главных критериев инновационного учреждения высшего образования является не уровень школьной подготовки поступающих в транспортный университет, а реальный уровень компетенций выпускника этого университета. При этом зависимость между уровнем абитуриента и ресурсным обеспечением образовательного процесса в университете имеет обратную зависимость: чем выше уровень абитуриента, тем проще обеспечить качество выпускника, и наоборот.

Таким образом, важнейшей тенденцией развития транспортного образования является изменение формата получения компетенций по востребованным специальностям.

Формат образования как совокупность способов построения учебных планов и форм их реализации характеризуется, во-первых, сроками, и только во-вторых – технологиями обучения по специальности. Такое ранжирование определяется спецификой выбора абитуриентом своего будущего, что характерно для настоящего времени, о котором было сказано выше.

Тенденции, характерные для всего географического пространства Болонского процесса, связанные с распространением бакалавриата, во многом определяют вектор развития транспортного образования. Так, у наших коллег по Пространству 1520 имеется опыт и подготовки бакалавров, и сохранения специалитета по транспортным специальностям. Отстраняясь от обсуждения достоинств и недостатков каждой из перечисленных форм образования, следует обратить особое внимание на учет специфики внешнего окружения, характерного для конкретного региона.

Важно отметить, что при оценке специфики внешнего окружения в качестве региона следует рассматривать не только страну или их совокупность (СНГ, ЕАЭС, пространство Болонского процесса и т. д.), но и район, город. Например, представители столичных университетов, столкнувшись с проблемой выбора абитуриентом специальности чуть позже, прежде всего, вследствие того, что абитуриент из регионов страны пока отдает большее предпочтение столичным вузам.

Однако необходимо понимать, что поведенческая модель абитуриента, которую нам важно видеть и осознавать, гораздо более сложная. Поэтому следует тщательно обдумать распространение непрерывной формы образования в транспортных, да и в других университетах страны, осуществляющих подготовку по транспортным и другим техническим специальностям. Кажущаяся на первый взгляд тенденция сохранения таким способом пятилетнего образования содержит ряд угроз, и наибольшей из них является то, что в сфере повсеместного распространения четырехлетнего образования на непрерывную форму придет абитуриент с более низким уровнем, но из которого университет должен подготовить магистра: привить ему навыки создания креатива и инноваций, проектирования новых технологий и объектов.

Несомненно, университеты Республики Беларусь справятся с этой задачей посредством профессионализма профессорско-преподавательского состава, информационно-коммуникационных технологий и инновационных методов обучения, а также поддержки предприятий – заказчиков кадров. Но нужны ли сейчас университетам подобные риски, ресурсное обеспечение которых может быть использовано гораздо более эффективно путем развития материально-технической базы образовательного процесса, лабораторного оборудования, использования современных информационных систем и технологий обучения, развития программ академической мобильности, повышения квалификации сотрудников и профессорско-преподавательского состава?

Таким образом, сегодня ключевую роль для развития транспортного образования в нашей стране играет разработка новых специальностей, которые не только будут востребованы у заказчика кадров, но и станут привлекательными для абитуриента. В этом направлении важно реализовать два аспекта: во-первых, создать эффективный классификатор специальностей на уровне всей страны, во-вторых, спроектировать структуру подготовки выпускника каждой специальности, эффективно распределив формируемые компетенции между двумя ступенями обучения.

Решение последней задачи требует от университета – разработчика учебных планов тщательной и детальной проработки каждого профиля специальности, каждой компетенции, анализ мнений по ним, данные о востребованности этих компетенций у будущего специалиста-транспортника. Именно этот шаг определит сферы деятельности выпускника и позволит более плотно работать с заказчиками кадров по реализации принципа практикоориентированности высшего образования.

Не менее важным элементом решения вышеуказанной задачи является эффективное распределение компетенций между бакалавриатом и магистратурой. На этом этапе необходимо принимать сбалансированное решение по ряду сложных вопросов, каждый из которых может выступать как самостоятельное направление совершенствования подготовки специалистов с высшим образованием. Так, концепция подготовки специалиста по схеме «4+2» не должна рассматриваться разработчиками структуры специальностей как форма сокращения обучения до четырех лет. В этом случае, как показывает установившаяся практика, разработчики склонны сокращать объемы и трудоемкость изучения фундаментальных дисциплин в большей степени, чем специальных. Такой подход неверен и может крайне негативным образом сказаться на качестве подготовки выпускника с высшим техническим образованием в области транспорта и строительства. Поэтому, решая поставленную задачу, необходимо с особой тщательностью и при тесной связи с представителями производства (заказчиками кадров) распределять компетенции и дисциплины между учебными планами первой и второй ступеней высшего образования.

Важно понимать, что в современных условиях, только реализуя этот и другие базовые принципы транспортного образования, университет сможет подготовить выпускника, который за шесть лет станет создателем и проектировщиком инновационных технологий, за которого нам будут благодарны представители реального сектора экономики Республики Беларусь.

УДК 811.161.1

ФОРМИРОВАНИЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ КОМПЕТЕНЦИИ НА УРОКАХ РКИ КАК ЗАЛОГ БУДУЩЕЙ УСПЕШНОЙ КАРЬЕРЫ СТУДЕНТА

Н. В. КУЛАЖЕНКО, Н. А. ЛЮБОЧКО

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Одним из главных направлений в обучении русскому языку как иностранному является формирование у иностранных студентов профессиональной компетенции.

Обучение иностранных учащихся в учебно-профессиональной сфере должно решать следующие задачи:

- 1) введение и закрепление минимума общенаучной и специальной лексики для изучения обязательных предметов;
- 2) расширение лексического запаса обучающихся на морфологической и синонимической основе и создание потенциального словаря, необходимого для рецепции;

3) формирование навыков диалогического общения и монологического высказывания на материале, близком к профилю будущей специальности студента.

Потребность в профессиональном общении стимулирует процесс восприятия и усвоения иностранными учащимися специальной лексики. Будущая специальность требует максимальной активизации и расширения знаний у студентов в области терминологии. Кроме того, обучение в вузе диктует необходимость формирования достаточно большого словарного запаса, в который входят слова, хотя и не изученные ранее, но понятые студентами в результате обоснованной языковой догадки.

Для формирования языковой компетенции у студентов используются различные виды, формы и методы работы: работа с текстами, написание рефератов и докладов, выполнение лексико-грамматических упражнений, составление терминологического словаря по специальности, участие в уроках-семинарах, конференциях.

В этом русле наиболее важным является усвоение терминологической лексики – необходимого языкового пласта для успешного обучения в вузе и дальнейшего углубления в профессиональную деятельность.

Терминология всегда представляла интерес для мыслителей, изобретателей разных эпох. Так, бельгийский учёный Карнуа писал, что специальные термины «необходимы прежде всего потому, что человеческая мысль, посвящая себя исследованию какой-нибудь определённой области, открывает нам множество знаний, которые не могут быть выражены средствами общего языка». Развиваясь, каждая наука требует словесного выражения, точного и грамотного, и должна иметь строгую научную терминологию. Уже учёные XV–XVI вв. (Леонардо да Винчи, Галилей, Альбрехт Дюрер и др.) определяли сущность научных понятий и тем самым влияли на развитие языка. Основоположником русской научной терминологии по праву считается М. В. Ломоносов, который внёс огромный вклад в формирование естественнонаучной и технической терминологии на русском языке. Он говорил: «Принужден я был искать слова для наименования некоторых физических инструментов, действий и натуральных вещей, которые сперва покажутся странны, однако надеюсь, что они со временем через употребление знакомее будут».

Первое знакомство с терминологической лексикой в вузе слушатели подготовительного отделения получают на уроках по научному стилю речи. При изучении физики, математики, информатики возникает необходимость использования общенаучной терминологии. Далее, при изучении дисциплин по специальности, внимание студентов акцентируется на узкоспециальной терминологической лексике. Для лучшего усвоения языка специальности студентами преподавателю необходимо выстроить алгоритм работы с терминологией. Здесь можно выделить следующие виды работы:

- выявление значения термина по его составляющим (автомотриса, автосцепка, автоблокировка; гидравлика, гидротрансформатор, гидромурфта; изоляция, изотермический и др.);
- установление смысловых отношений в терминологических словосочетаниях (габарит погрузки, габаритные ворота, гидравлическая турбина, колёсная пара, снегоуборочная машина и др.);
- изучение способов образования новых терминов (сложение: электропоезд, электровоз; суффиксальный: тормозной, транзитный; приставочный: разъезд, съезд и т. д.).

При семантическом анализе терминов важно обращать внимание на их происхождение и подбор к ним русских эквивалентов (макро – большой; микро – маленький; гипер – сверх; поли – много и т. д.).

Анализ специальной лексики в текстовом материале способствует формированию активного словаря студента, состоящего из наиболее употребительных единиц научно-профессиональной сферы и дальнейшему использованию лексики в связном высказывании на профессиональном уровне. Работа по аудированию, конспектированию, реферированию облегчает восприятие лекционного материала и формирует навыки и умения аргументировать свою точку зрения и участвовать в дискуссии.

Таким образом, изучение языка специальности создаёт предпосылки для формирования профессионально-ориентированной языковой компетенции.

Список литературы

1 Аросева, Т. Е. Пособие по научному стилю речи для подготовительных факультетов СССР. Технический профиль / Т. Е. Аросева, Л. Г. Рогова, Н. Ф. Сафьянова. – М. : Русский язык, 1980.

2 Русский язык будущему инженеру : учеб. по науч. стилю речи для иностр. граждан (довузовский этап). Книга для преподавателя / Е. В. Дубинская [и др.]. –3-е изд., перераб. – М. : Флинта: Наука, 2003.

ФОРМИРОВАНИЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ УМЕНИЙ И НАВЫКОВ УЧАЩИХСЯ ПОСРЕДСТВОМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ ТРЕНАЖЕРОВ

А. В. ЛАПКОВИЧ

Минский государственный профессионально-технический колледж железнодорожного транспорта им. Е. П. Юшкевича, Республика Беларусь

Одной из важнейших задач подготовки специалистов является формирование профессиональных умений и навыков, освоение и выполнение известных способов деятельности. Успешно решать данную задачу помогают инструктирующие и тренинговые технологии. В основе этих технологий лежит показ способа решения задачи и тренинг его применения [1]. При подготовке поездных электромехаников, проводников пассажирских вагонов мы создаем и используем электронные тренажеры, предполагающие многократное выполнение учащимися определенных способов деятельности с целью закрепления изучаемого материала и отработки практических действий по их применению.

Основное рабочее место для поездного электромеханика или проводника – это вагон. Изучение устройства вагонов и правильное применение полученных знаний на практике – важнейшее условие успешной профессиональной деятельности в будущем. С целью совершенствования процесса усвоения знаний и отработки необходимых умений и навыков пришла идея создать виртуальный вагон. Обучение в виртуальном вагоне может осуществляться по двум обучающе-контролирующим программам: «Электрические щиты пассажирских вагонов» и «Система отопления пассажирских вагонов».

Обучающе-контролирующая программа «Электрические щиты пассажирских вагонов» (рисунок 1) включает в себя три электронных тренажера: «Электрический щит вагона 47 К/к», «Щит 2ПУ-013», «Щит Экспресс-4». Каждый тренажер состоит из трех частей: обучение, тренинг и контроль (рисунок 2).



Рисунок 1 – Фрагмент программы



Рисунок 2 – Режимы тренажера

1 Обучение. Для обучения был создан фильм «Электрический щит вагона 47 К/к», а также презентация щитов.

Учебный фильм обеспечивает процесс самообучения. Благодаря фильму (рисунок 3) учащиеся могут ознакомиться с устройством щита, расположением его основных узлов переключателей и услышать соответствующие комментарии. В фильме также рассказывается, как работает электрощит, какие переключения необходимо произвести, чтобы включить тот или иной потребитель, какие действия должен предпринимать проводник в аварийных и нестандартных ситуациях.



Рисунок 3 – Фрагменты фильма «Электрический щит вагона 47 К/к»

В презентации рассказывается об устройстве щитов, расположении кнопок, переключателей, тумблеров; какие переключения необходимо произвести для отдельных потребителей.

2 Тренинг. Режим «Тренинг» используется для закрепления навыков и умений работы со щитом, что обеспечивается возможностями программы Microsoft PowerPoint. Учащиеся самостоятельно работают в данном режиме, выполняют задание (рисунок 4) на основании знаний, полученных в первой части, т. е. изучив презентацию и посмотрев фильм, производят необходимые переключения согласно условию задания. При



Рисунок 4 – Фрагмент задания



Рисунок 5 – Сообщение об ошибке

неправильном выполнении задания на экране появляется сообщение об ошибке (рисунок 5) и правильное решение задания. Учащийся тренируется до тех пор, пока не выполнит задание правильно. Только после этого он может перейти к следующему упражнению.

3 Контроль. В режиме «Контроль» также выдаются задания, однако, в отличие от тренажера, допущенные при выполнении упражнений ошибки исправить уже невозможно. На экране выдается сообщение об ошибке и следующее задание. В конце выполнения определенного количества заданных упражнений на экране появляется отметка (рисунок 6).



Рисунок 6 – Фрагмент этапа контроля

Обучающая программа «Система отопления пассажирских вагонов» предназначена для отработки действий при эксплуатации системы отопления.

Для изучения устройства и эксплуатации системы отопления первоначально была создана flash-анимация которая показывает работу системы, и алгоритм действий при устранении неисправностей. Но изучение системы отопления вагона только по схеме не дает полного представления о ее устройстве и принципе работы. Кроме того, будущий проводник должен получить знания как о работе системы отопления, так и о ее неисправностях и способах их устранения. Для этого необходимо хорошо ориентироваться в вагоне, знать, где расположены нужные краны и вентили, в какой последовательности их необходимо открывать или закрывать.

В дополнении к flash-анимации был создан тренажер системы отопления на реальном вагоне, с указанием расположения вентилей, кранов.

Программа имеет два режима: тренинг-обучение и контроль.

В режиме обучения учащийся выбирает неисправность, и, пользуясь подсказками-инструкциями, отрабатывает действия по ее устранению (рисунок 7).



Рисунок 7 – Фрагмент режима обучения

В режиме контроля (рисунок 8) учащийся должен пройти виртуальный квест, выбирая один вариант действия из нескольких предложенных. При правильном выборе порядка действий учащийся успешно справляется с заданием. Оценивание производится в двух режимах: «Зачет сдан»; «Зачет не сдан».



Рисунок 8 – Фрагмент режима контроля

Использование электронных тренажеров в процессе подготовки поездных электромехаников и проводников пассажирских вагонов облегчает преодоление трудностей в усвоении учебного материала, делает процесс обучения интересным и занимательным.

Список литературы

1 Студопедия [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://studopedia.info/1-17810.html> . – Дата доступа : 22.06.2018.

УДК 378.147:811.111

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МУЛЬТИМЕДИЙНЫХ ПРЕЗЕНТАЦИЙ НА ЗАНЯТИЯХ АНГЛИЙСКОГО ЯЗЫКА

М. Н. ЛИПСКАЯ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В современных условиях важной задачей образования является формирование коммуникативной культуры обучающихся. Информационные компьютерные технологии становятся эффективным средством, которое способствует расширению образовательного пространства. Мы живем в век развития современных информационных технологий, когда огромное количество информации оказывает значительное влияние на любого человека. Сейчас нужно уметь получать информацию из различных источников, пользоваться ей и создавать ее самому. Использование информационных компьютерных технологий расширяет возможности преподавателя в обучении иностранному языку. Использование мультимедийных средств обучения – закономерный этап развития педагогических технологий.

Обучение английскому языку с помощью информационно-коммуникативных технологий характеризуется такими особенностями:

- возможностью двустороннего общения студента с преподавателем.
- доступом к разным источникам языковой и неязыковой информации.

В учебном процессе преподавателями кафедры «Славянские и романо-германские языки» часто используются такие средства информационных компьютерных технологий, как: электронные энциклопедии и справочники, электронные учебники и пособия, демонстрируемые с помощью компьютера и мультимедийного проектора; образовательные ресурсы Интернета; тренажеры и программы тестирования; проекты и научно-исследовательские работы.

Основные цели использования информационно-коммуникативных технологий на уроках английского языка:

- повышение мотивации к изучению языка;
- развитие речевой компетенции;
- увеличение объема лингвистических знаний;
- расширение объема знаний о социокультурной специфике страны изучаемого языка;
- развитие способности и готовности к самостоятельному изучению английского языка.

Использование информационно-коммуникативных технологий на занятиях английского языка – требование настоящего времени. Преподаватель затрачивает больше времени на подготовку к занятию, но результат того стоит, так как информационно-коммуникативные технологии создают идеальные условия для формирования интеллектуальной компетентности и креативности обучаемых. Использование этих средств на занятиях помогает создать в группе атмосферу взаимопонимания и сотрудничества между студентами, стимулирует активность и творчество у обучаемых, формирует положительное отношение к учебной деятельности, развивает мотивацию.

На своих занятиях мы используем такие технические средства, как аудио, видео, компьютер, проектор. Все эти технические средства помогают нам успешно справляться с решением задач современной образовательной системы. Интерактивное обучение на основе мультимедийных программ позволяет нам реализовывать методические, дидактические, педагогические и психологические принципы, делает процесс обучения занимательным и креативным.

Преподавателями кафедры активно применяются мультимедийные презентации в процессе обучения. Студенты используют Интернет, чтобы найти материал и подготовить проект. Для подготовки презентации студент должен провести научно-исследовательскую работу, использовать и изучить большое количество источников информации и выбрать необходимый материал. Каждая презентация – продукт индивидуального творчества, индивидуальной работы. В процессе работы над презентациями развивается мотивация к изучению иностранного языка, расширяются фоновые знания обучаемого, кругозор, развиваются интеллектуальные функции. Мультимедийная презентация даёт прекрасную возможность реализовать коммуникативную функцию языка. Мультимедийная презентация с иллюстрациями, звуком делает занятие занимательным и красочным. Презентацию преподаватель может подготовить сам или подключить к работе студентов. Готовя презентацию, студент тренируется логически правильно строить своё выступление, выражать законченную мысль, имеющую коммуникативную направленность, логически рассуждать, сопоставлять и сравнивать полученный им материал. Мультимедийные презентации могут быть использованы на «открытых» уроках, текущих уроках, внеаудиторных мероприятиях.

На занятиях английского языка в основном применяются обучающие презентации. Каждая тема всегда заканчивается повторением, закреплением и обобщением изученного материала. Студентам предлагается на этапе повторения создать проект. Например, при работе над темами «Социально-политический и социокультурный портрет Республики Беларусь» и «Социально-политический и социокультурный портрет страны изучаемого языка» студентам предлагается, самостоятельно изучив, собрав и обработав материал по темам, создать презентацию. Группа предварительно делится на две команды, затем, получив задание, команды начинают работу над созданием презентации. Работая над презентацией, обучаемые систематизируют приобретенные знания и применяют их на практике. Студенты работают над презентацией с удовольствием и интересом, видят результат своей деятельности. На итоговом занятии студенты из разных команд представляют презентацию по теме. Затем команды-противники задают различные вопросы, направленные на получение дополнительной информации, а также уточнение заинтересовавших их фактов. С каждым разом обучаемые выполняют мультимедийные презентации более качественно.

Готовясь к занятиям, мы часто сталкиваемся с проблемой отсутствия раздаточного материала. Решить эту проблему помогают мультимедийные презентации. В настоящее время только учебника и преподавателя для формирования самостоятельности мышления недостаточно. Необходима информация, отражающая разные точки зрения на одну и ту же проблему, дающая обучаемым пищу для размышлений, анализа, самостоятельных выводов, сравнения.

Роль педагога меняется на занятиях при работе с информационно-коммуникативными технологиями. Его основная задача – поддерживать и направлять обучаемых в их работе. Отношения со студентами строятся на принципах сотрудничества. Современный преподаватель должен считаться с тем, что информационно-коммуникационные технологии обучения прочно вошли в нашу жизнь. Использование новых информационных технологий на занятиях расширяет рамки образовательного процесса, способствует повышению мотивации обучаемых на занятиях, развитию интеллектуальных, творческих способностей, их умений самостоятельно приобретать знания.

Итак, дополнительные образовательные ресурсы являются неотъемлемой и очень важной частью информационно-образовательной среды. Использование информационно-коммуникативных технологий делает процесс обучения более эффективным, интересным, способствует развитию личностных качеств обучаемых.

Можно сделать вывод, что объем выполненных заданий на занятиях с использованием информационно коммуникативных технологий значительно больше того, что было бы сделано на обычном занятии. Использование информационно-компьютерных технологий позволяет повысить качество обучения, решать такие задачи, как наглядность, доступность, индивидуальность, самостоятельность, помогает активизировать учебно-познавательную деятельность и осуществлять индивидуальный подход к каждому студенту. Конечно, необходимо помнить, что компьютер не может заменить преподавателя на занятии. Необходимо тщательно планировать время работы с компьютером и использовать его именно тогда, когда эта работа действительно необходима.

УДК 377.1

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ДОПОЛНЕННОЙ И ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ В ПРЕПОДАВАНИИ СПЕЦИАЛЬНЫХ УЧЕБНЫХ ПРЕДМЕТОВ ПРИ ПОДГОТОВКЕ ПОМОЩНИКОВ МАШИНИСТА

К. Н. МАШКОВ, А. С. СУШКЕВИЧ

*Минский государственный профессионально-технический колледж
железнодорожного транспорта им. Е. П. Юшкевича, Республика Беларусь*

Когнитивный опыт является основным элементом содержания образования, так как без знаний невозможно не только осуществлять творческую деятельность, но и научиться выполнять известные способы практической деятельности. Методом, обеспечивающим усвоение знаниевого аспекта образования, согласно М. Н. Скаткину, считается объяснительно-иллюстративный, направленный на формирование понятия, изучения и усвоение его назначения, связи его с другими понятиями. Возможности традиционных демонстрационных приемов ограничены: не позволяют в полной мере показать внутреннее строение механизмов.

Разносторонность и вариативность восприятия явления и описывающих его понятий эффективно обеспечивается с помощью современных информационных технологий, позволяющих преодолеть время, пространство, невозможность активного взаимодействия с изучаемым предметом [1]. Технологии мобильного обучения, такие как технологии дополненной и виртуальной реальности, использование QR-кодов, помогают привнести в традиционные формы подачи материала элемент компьютерной визуализации, способствуют развитию пространственного мышления.

В педагогической практике колледжа мы используем технологию дополненной реальности, взяв за основу мобильное приложение HP Reveal. Технология дополненной реальности – это технология наложения виртуальной (цифровой) информации на видимый объект. В качестве основы (маркера) может выступать изображение, фотография, схема или другой видимый объект. С помощью специальных программ на основу добавляются виртуальные объекты: ссылки на веб-страницы, видео, текст, графика и 3D-объекты (рисунок 1). Пользоваться ресурсами дополненной реальности учащиеся могут, установив мобильное приложение HP Reveal на свой мобильный телефон и подключившись к публичному каналу колледжа.

Мобильное приложение HP Reveal, дает возможность не только распознавать объекты, размещенные в библиотеке приложения, но и создавать собственную дополненную реальность. Так как готового наглядного материала, необходимого для изучения устройства тепловозов и электровозов в формате 3D практически нет, решили заняться созданием собственных 3D-моделей, воспользовавшись программой Autodesk Inventor Professional.

Программное решение Autodesk Inventor предлагает профессиональные инструменты для 3D-проектирования в машиностроении, выпуска документации и моделирования изделий. Это инструмент, позволяющий воплощать полный цикл инженерной задумки: от набросков до двухмерных чертежей, визуализации прототипов и анимации [2].

Созданные нашими учащимися объекты демонстрируют устройство сложных деталей железнодорожного транспорта, помогают визуализировать объекты, увидеть их принцип работы при помощи 3D-анимации. На рисунке 2 представлены примеры созданных объектов.



Рисунок 1 – Использование дополненной реальности

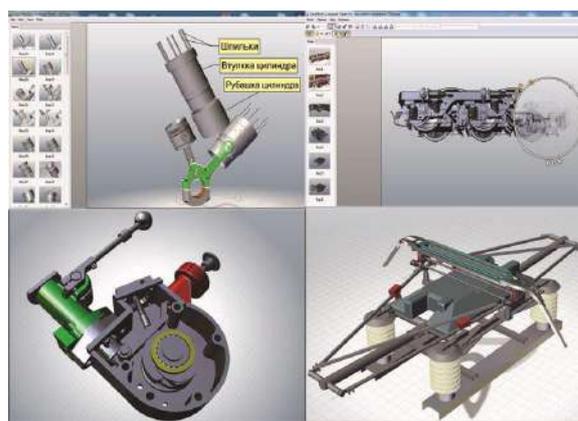


Рисунок 2 – Примеры 3D-моделей, созданных в программе Autodesk Inventor

3D-модели используются преподавателями на учебных занятиях. Для того чтобы учащиеся могли пользоваться созданными моделями при самостоятельном изучении материала, при подготовке к экзаменам и зачетам, мы сконвертировали модели для использования в мобильном приложении «CAD Assistant».

Любой учащийся, установив данное приложение и скачав 3D-модели с нашего сайта или СДО на своё мобильное устройство, может просматривать их, вращать, разбирать, делать разрезы и сечения по плоскостям и т. д. (рисунок 3).

Следующим этапом в нашей работе стал перенос 3D-моделей в виртуальную реальность. Виртуальная реальность радикально преобразовывает принцип наглядности, создавая подобие реальных объектов за счет информационного моделирования [3], позволяет представить модели в трех измерениях с возможностью изменения изображения в режиме реального времени и переживания эффекта присутствия. Конвертировав наши 3D-модели в файлы для приложения виртуальной реальности ViewER-VR, мы предоставили учащимся возможность изучать их, погружаясь с помощью VR-очков в мир, наполненный 360-градусными визуальными эффектами (рисунок 4).

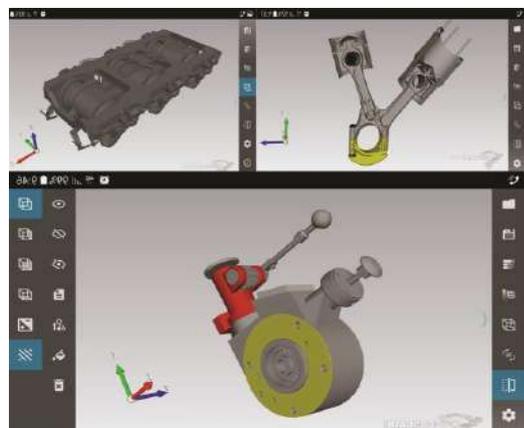


Рисунок 3 – Примеры 3D-моделей в мобильном приложении «CAD Assistant»

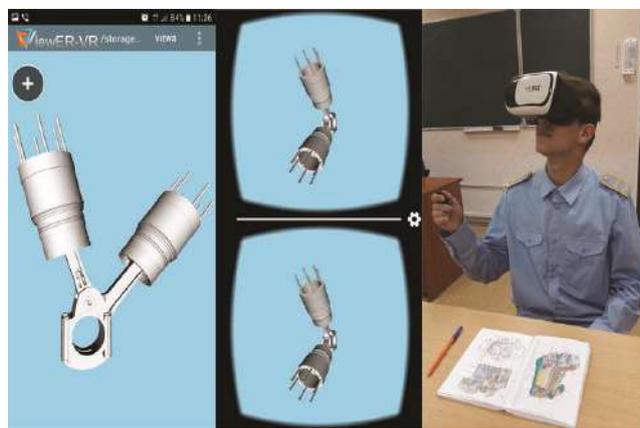


Рисунок 4 – Примеры 3D моделей в мобильном приложении «ViewER-VR»

Создание 3D-моделей – кропотливый труд, требующий не только специальных знаний, точных чертежей, но и усидчивости, ответственности, большого количества времени. Привлечение учащихся к созданию таких моделей положительно влияет на усвоение ими учебного материала, так как дает возможность всесторонне изучить необходимое устройство или механизм, а также совершенствовать компьютерную грамотность учащихся, развивать их творческие способности, пространственное и логическое мышление, совершенствовать навыки самостоятельной работы.

Технологии дополненной и виртуальной реальности помогают создать интерактивный дидактический материал для учебных занятий, а также усовершенствовать опорные конспекты, «оживив» на их страницах статичные иллюстрации деталей и механизмов, предназначенных для изучения. Использование технологий дополненной и виртуальной реальности, с одной стороны, расширяет

возможности наглядного метода, позволяет разнообразить формы и методы подачи материала, с другой – повышает интерес к учебным предметам, способствует более качественной подготовке будущих специалистов.

Список литературы

- 1 Студопедия [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://studopedia.info/1-17810.html> . – Дата доступа : 22.06. 2018.
- 2 Autodesk-inventor : программа для машиностроительного проектирования // Группа компаний ИНФАРС [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://promo.infars.ru/autodesk-inventor> . – Дата доступа : 29.06. 2018.
- 3 Селиванов, В. В. Виртуальная реальность как метод и средство обучения / В. В. Селиванов, Л. Н. Селиванова [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://cyberleninka.ru/article/n/virtualnaya-realnost-kak-metod-i-sredstvo-obucheniya> . – Дата доступа : 04.07. 2018.

УДК 378

ФОРМИРОВАНИЕ КОМПЕТЕНТНОСТИ БУДУЩИХ СПЕЦИАЛИСТОВ ТАМОЖЕННОГО ДЕЛА

О. В. МОРОЗОВА

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Компетентностный подход к определению содержания образования в настоящее время провозглашен в качестве доктринального положения в области политики развития высшего образования в Республике Беларусь и определяет необходимость результативно-целевой направленности и усиления практикоориентированности обучения, подчеркивает роль умений в реализации знаний и решении поставленных задач.

Республика Беларусь относится к числу малых индустриальных стран с ограниченными природными ресурсами, незначительной емкостью внутреннего рынка, и ее устойчивое развитие в значительной степени зависит от качественного расширения внешнеэкономических связей, что обусловлено ориентацией важнейших отраслей производства и сферы услуг на внешний рынок. В связи с этим активная внешнеэкономическая деятельность приобретает приоритетное значение и во многом определяет общий характер развития хозяйственного комплекса страны.

В условиях глобализации мировой экономики, расширения и углубления интеграционных процессов в рамках Евразийского экономического союза, усиления транзитной роли Республики Беларусь в межрегиональных экономических связях организация внешнеэкономической деятельности требует квалифицированного подхода, который включает в себя управление достаточно обширной областью хозяйственной деятельности. Поэтому возрастает потребность в специалистах, способных выполнять:

- комплексный анализ условий внешнеторговых операций с учетом знаний международных и белорусских правовых норм по организации экспортно-импортной деятельности, таможенного законодательства ЕАЭС;
- технико-экономическое обоснование внешнеэкономических операций и международных проектов;
- задачи по анализу и развитию внешнеэкономических связей предприятия, повышению его конкурентоспособности на национальном и зарубежных рынках, поскольку в современном мировом сообществе организации, ведущие внешнеэкономическую деятельность, получают дополнительные преимущества от участия в международном разделении труда.

Кафедра «Таможенное дело» Белорусского государственного университета транспорта осуществляет подготовку специалистов для системы таможенных органов и других органов государственного управления, а также для субъектов в сфере таможенного дела (таможенные представители, таможенные перевозчики, владельцы складов временного хранения, таможенных складов, магазинов беспошлинной торговли, уполномоченные экономические операторы), для организаций, осуществляющих внешнеэкономическую, логистическую виды деятельности и др.

В 2016/17 учебном году в рамках работы Межвузовского научно-практического центра по подготовке специалистов в сфере таможенного дела (в настоящее время – Межвузовского науч-

но-методического совета) представителями вузов, осуществляющими подготовку специалистов в сфере таможенного дела, и Государственным институтом повышения квалификации и переподготовки кадров таможенных органов Республики Беларусь был разработан проект учебного плана поколения 3+ по специальности «Таможенное дело», где обоснованы: перечень первичных должностей служащих по ОКРБ 006, отнесение специальности в группу «Экономическая безопасность» направления «Службы безопасности», необходимость включения в классификатор магистратуры «Таможенное администрирование», компетенций и учебных планов по двум ступеням получения образования.

Формирование компетентности будущих специалистов таможенного дела включает систему мер подготовки, направленных:

- на обеспечение высокого уровня выполнения профессиональных функций в качестве исполнителя;
- осознание социальной значимости и личной ответственности за результаты профессиональной деятельности;
- реализацию способности самостоятельно и компетентно принимать решения, готовности к саморазвитию и самореализации в профессиональной деятельности;
- развитие аналитических навыков.

Основой применения и развития образовательных технологий в плане совершенствования подготовки высококвалифицированных специалистов таможенного дела является формирование *обучающе-исследовательской системы подготовки*.

Образовательный процесс на кафедре «Таможенное дело» ориентирован на совершенствование фундаментальной подготовки будущих квалифицированных специалистов, усиление ее практической значимости и направленности:

- дисциплины специализации, осуществление процедуры государственного экзамена и защиты дипломных работ проводят должностные лица таможенных органов;
- учебная документация (учебные программы, тематика дипломных и курсовых работ и т. п.), тематика НИР согласовывается с таможенными органами;
- учебная и производственные, в т. ч. преддипломная, практики студентов проходят в таможенных органах и их структурных подразделениях во всех регионах Республики Беларусь и в организациях, осуществляющих внешнеэкономическую деятельность.

Для закрепления полученных знаний по специальным дисциплинам и совершенствования профессиональных компетенций:

- сформирован комплекс учебных видеофильмов по организации таможенного дела;
- используется программное обеспечение «Консультант+» и АС «Декларант+» (демо-версия) для проведения практических занятий;
- организуются выездные занятия в Государственном институте повышения квалификации и переподготовки кадров таможенных органов Республики Беларусь, структурные подразделения таможенных органов, организации, осуществляющие внешнеэкономическую деятельность;
- организуется участие студентов в мероприятиях, способствующих выработке аналитических навыков и специальных компетенций (конференциях, семинарах, олимпиадах и т. п.).

Преподаватели постоянно работают над усовершенствованием образовательного процесса путем внедрения высокоэффективных методов обучения, используют при чтении лекций мультимедийные технологии, применяют инновационные методы обучения на семинарских и практических занятиях (работа студентов в группах, использование методов критического мышления, проблемного изложения, проведение дискуссий, написание эссе, индивидуальных презентаций и др.), участвуют в разработке учебно-методического обеспечения, в т. ч. в разработке курсов лекций и практических заданий по дисциплинам.

Научно-исследовательская деятельность студентов является одной из важнейших составляющих организации образовательного процесса и эффективным средством повышения качества подготовки высококвалифицированных специалистов в сфере таможенного дела, ориентированных на инновационное развитие, способных вести самостоятельную аналитическую работу, включенных в философию непрерывного образования.

Организация научно-исследовательской работы студентов осуществляется посредством их участия в научных исследованиях кафедр; Республиканском конкурсе научных работ студентов; конкурсе дипломных работ студентов специальности «Таможенное дело», проводимом Государствен-

ным таможенным комитетом Республики Беларусь; работе студенческих научных кружков; подготовке докладов и публикаций по результатам проведенных исследований для научных и научно-практических конференций.

Таким образом, формирование обучающе-исследовательской модели образования является основой системы высшего образования. Это позволяет обеспечить высокий уровень качества обучения будущих специалистов таможенного дела посредством приобщения обучающихся к научному поиску и разработкам, перехода к активному обучению. Студенты формируют навыки самостоятельного поиска путей решения сложных проблем, развивают способности профессионального самосознания, умения действовать в условиях неопределенности, компетентно принимать решения, критически мыслить, работать в коллективе, быть инициативными и самодисциплинированными.

УДК 101+37.026

СОВРЕМЕННАЯ ФИЛОСОФИЯ В ТЕХНИЧЕСКОМ ВУЗЕ

О. В. НИЗОВА

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

*Старайся знать всё о чём-нибудь и немного обо всём.
Генри Брум*

В шестую технологическую эпоху, когда БелГУТ отмечает 65-летний юбилей, мы подготавливаем специалистов для седьмой эпохи и поэтому можем ориентироваться на следующие требования к компетенциям студентов, изложенные Организацией экономического сотрудничества и развития в проекте «Будущее образования и умений 2030»: актуальность знания, умение применять его на практике, создание новых ценностей (инноваций), системность мышления, в т. ч. междисциплинарность, предвидение и оценка рисков, ответственность в принятии решений, способность работать в международном коллективе, снятие напряжения и противоречий в социуме [1].

Футурология располагает следующими прогнозами в отношении профессий будущего: для «умных» и экологических городов понадобятся инженеры самоуправляемых операционных систем, операторы новых видов транспорта, в т. ч. автопилотного, аналитики транспортного движения, строители с навыками работы с новейшими электроэлементами, архитекторы-инженеры, дизайнеры разноразмерных систем и т. п. [2].

Какой вклад может внести дисциплина «Философия» в образование специалистов и развитие технологий будущего? Во-первых, она ответственна за формирование научной картины мира и за её постоянное обновление, поэтому она всегда стремилась быть на передовых научных рубежах. В связи с этим преподаватель и студенты должны опираться в своей работе на новейшие публикации солидных научных изданий, таких как Nature, Science, Astrophysics и др. Как показала практика, студенты с интересом реагируют на новые космологические модели астрофизики, последние достижения квантовой физики, математики, расшифровку генома в генетике, данные нейронаук, последние археологические находки в антропологии и т. п., сравнивая их с ранее полученными сведениями. Таким образом, соблюдается не только актуальность знания, едва достижимая в учебниках, но и развиваются аналитические навыки студентов.

Во-вторых, культура мышления совершенствуется путём синтеза различных областей знания. Одна из ценных возможностей, предоставляемых философским знанием, – системный подход, выходящий за пределы специализированного знания. Например, современному инженеру, как и архитектору, желательно обладать запасом фундаментальных биологических знаний, поскольку в данный момент техника и архитектура стремятся к сознательному использованию биоформ (так называемая «биомиметика»), не лишним будет и знание математических пропорций красоты, сформулированных в эстетике, или топологии для разных пространственных решений. Кроме того, в наше время реализуются такие проекты, как совмещение музыкальной акустики и поиска алгоритма помехоустойчивого кодирования ДНК [3], что может вдохновить студентов на создание собственных междисциплинарных инноваций.

В-третьих, философия способствует личностному росту студента: от первичной кристаллизации мировоззрения (с поиском готовых ответов на вопрос о фундаментальных законах мироздания, смысле жизни и т. п. в философских системах) до творческих поисков и саморазвития. Какие для этого существуют методы?

Непременное требование к докладам по философии – самостоятельная передача информации, поскольку оформленная студентом мысль становится ступенью в его личном развитии. Любые готовые сообщения из Интернета уравнивают студента с сетевой личностью, растворённой в поисковой строке, принимающей решения вместо него, что является мечтой главы корпорации Google Э. Шмидта [4]. Примечателен тот факт, что половина студентов уже сейчас неспособна правильно сформулировать поисковый запрос по интересующей теме. Кроме того, сокращение объёма человеческой памяти ведёт к снижению уровня творчества [3], т. к. гениальное мышление создаёт новые связи в огромном поле воображаемых возможностей. Свободное философствование – это вакцина против различных видов протезирования мыслительных способностей, хотя не многие студенты способны это осознать. Привлекательность и доступность «готового» знания лишает студентов видения проблем и поиска их решений, а значит, тормозит развитие науки.

В качестве контрмеры к сдаче студентами интернет-рефератов возможно введение заданий СУРС по не решённым наукой проблемам возникновения мира, происхождения жизни на Земле и т. п. в исследовательских подгруппах студентов. Научная деятельность в такой подгруппе может быть распределена по профессиональным ролям сборщика первичной информации, её аналитика, координатора проекта и т. п. Такого рода работа развивает как коммуникативные навыки, так и повышает продуктивность результата.

Что касается творческой составляющей, развития воображения, то студентам можно предложить поработать в стиле science-art – направления в современном искусстве, превращающего научное знание и технологии в художественный объект (например, совместить фото, полученные при помощи электронного микроскопа и телескопа, для демонстрации красоты материального единства мира). Студенты архитектурной специальности частично знакомы с этим направлением благодаря 3D-моделированию архитектурных объектов и соответствующему преобразованию городской среды. По мнению философа И. Н. Вольнова, инженерам тоже необходимо знакомство с художественными практиками, поскольку носителями диалектического единства science-art (сайенс-арт) являются инженеры как создатели технологий, а не художники и не учёные [5]. Но возможности этого направления, совмещающего разные виды технических устройств, биологических объектов, разных типов коммуникации, широки и поэтому открыты любым типам творчества. Интересным может получиться проект в стиле сайенс-арт в объединённой группе студентов разных факультетов, поскольку в общем проекте будут использованы разные знакомые студентам по специальным дисциплинам технологии. При этом заметим, что студенты считают наиболее доступными для себя проекты в стиле трэш-арт, т. е. создание арт-объектов из технического утиля, подобных тем, что были представлены на гомельской выставке «Рободизайн». Это направление в искусстве частично решает экологические проблемы в процессе художественной переработки отходов, поэтому тоже может использоваться в учебных целях.

Будущее создаётся нашими усилиями уже сегодня, поэтому хорошо, если мы увидим результаты творчества студентов не в отдельном помещении, а во внешнем и внутреннем облике университета: в декорированных стенных панелях, оригинальном освещении-подсветке здания, архитектуре малых форм на его территории, ландшафтном дизайне и т. п., как это произошло в европейских, азиатских и американских университетах. Осуществление научно-художественных проектов в самом университете повысит ответственность студентов, а полученная практика плавно станет в началом карьеры.

Список литературы

1 The Future of education and skills. Education 2030 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [https://www.oecd.org/education/2030/E2030%20Position%20Paper%20\(05.04.2018\).pdf](https://www.oecd.org/education/2030/E2030%20Position%20Paper%20(05.04.2018).pdf). – Дата доступа : 28.06.2018.

2 Хель, И. Работа будущего: насколько интересней станут рабочие места / И. Хель // Новости высоких технологий [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://hi-news.ru/research-development/rabota-budushhego-naskolko-interesnej-stanut-rabochie-mesta.html>. – Дата доступа : 28.06.2018.

3 Смирнова, Н. М. Научная жизнь / Н. М. Смирнова, А. Ю. Алексеев // Философия творчества : материалы Первой Всероссийской науч.-практ. конф. (г. Москва, 8–9 апреля 2015 г.) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://iphras.ru/uplfile/root/biblio/ps/ps_21_1.pdf. – Дата доступа : 28.06.2018.

4 Царёва, Г. «Нейронет» – дорожная карта уничтожения человечества / Г. Царёва // Информационный портал Координационного комитета против внедрения универсальной электронной карты [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://protivkart.org/main/8119-neyronet-dorozhnaya-karta-unichtozheniya-chelovechestva-galina-careva.html>. – Дата доступа : 28.06.2018.

5 Вольнов, И. Н. Science-art: единство науки и искусства / И. Н. Вольнов // Вестник РУДН серия «Философия». – 2017. – Т. 21. – № 4 (557–564) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://cyberleninka.ru/article/v/science-art-edinstvo-nauki-i-iskusstva>. – Дата доступа : 28.06.2018.

УДК 004.58

ТЕХНОЛОГИИ РАЗРАБОТКИ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ

Е. О. ПОЛЕВ, Т. А. ГОЛДОБИНА

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Интернет заполнен общедоступными справочными материалами, охватывающими самые разнообразные сферы человеческой деятельности. Основной задачей справочных систем является систематизация огромного объема информации и представление ее в наиболее удобной для пользователя форме. Использование программ для создания справок позволяет решать более широкие задачи: проектировать и создавать не только справки, но и различную техническую документацию, каталоги, обзоры коллекций, электронные книги и т. д.

Справочные системы создаются вручную или посредством специализированных программ.

Одной из самых распространенных технологий разработки справочных систем, используемых как в desktop-, так и в web-приложениях, в том числе в программах для мобильных устройств, является применение html-страниц и, более углубленно, сопутствующих технологий оформления страниц с помощью каскадных таблиц стилей и скриптового языка программирования для включения элементов интерактивного поведения. Разработчик справочной системы, имеющий представление о языке гипертекстовой разметки, может создать для каждого раздела или подраздела справки отдельную страницу и связать их оглавлением, содержащим список тем, переход к которым осуществляется с помощью гиперссылок.

Альтернативным методом разработки справочных систем является применение фреймовых структур (рамок). В этом случае в одну из рамок помещают заголовок справки, в другую – оглавление, в третью – само содержимое справки. Преимущество этого метода заключается в том, что при просмотре страниц справки фреймы с заголовком и оглавлением остаются неизменными, загружается только справочная информация, т. е. отдельные страницы.

В случае разработки справочных систем сложной иерархической структуры, включающей множество разделов, подразделов и страниц, описанные выше методы могут оказаться неудачными, поскольку оглавление справки пропорционально увеличивается в размерах и становится неудобным для использования.

В большинстве структурированных справочных систем в качестве оглавления применяется элемент управления «раскрывающийся список» – при щелчке по разделу отображается дополнительный список подразделов, а при щелчке по подразделу раскрывается список составляющих его страниц. Обычно для создания справок достаточно трехуровневого раскрывающегося списка. Структура более трех уровней является избыточной.

Наиболее простым способом подготовки справочных систем является применение специализированных программ и сред, использование которых не требует от создателя справки знания html, css и javascript, поскольку разработка выполняется в визуальном режиме, и программа сама создает исходный код. Некоторые программные среды обладают дополнительным функционалом, позволяющим добавлять к справке эффекты, например, временно исчезающее оглавление, освобождающее место на экране компьютера.

Наиболее популярными программами для разработки справочных систем в настоящее время являются Microsoft HTML Help Workshop, Help and Manual, Dr.Explain, HelpMaker и др. Новейшие программы обладают более адаптированным интерфейсом для пользователей.

Справки или справочные системы могут создаваться в нескольких форматах, среди которых наиболее распространены CHM, Web Help и HTML.

Формат СНМ (Compiled HTML Help), или HTML Help (иначе, Windows СНМ), является проприетарным форматом фирмы Microsoft. Чаще всего этот формат, разработанный в 1997 году, используется для создания справочных программ (так называемых «контекстных справок»), работающих под управлением операционных систем семейства Windows.

Формат СНМ позволяет объединить несколько отдельных файлов в один, который можно вызывать и применять без подключения к интернету. На последнем шаге разработки справочной системы выполняется компиляция (сборка), т. е. объединение отдельных файлов .html, .css и .js в один результирующий файл, имеющий формат .chm. Возможна также обратная операция декомпиляции – разборка единого файла на составляющие его части.

Еще одним распространенным форматом является Web Help, или Browser-based Help, – формат справки, которая размещается на определенном сайте в интернете или интранете, и, как видно из названия, для ее использования необходимо подключение к интернету или размещение файлов на некотором доступном посредством web-клиента сервере локальной сети.

Справка формата HTML, постепенно вытесняемая более современными технологиями, располагается на некотором сайте, и пользователи могут просматривать ее с помощью браузера. При создании справки формата HTML, как правило, используется фреймовая структура, html, css и не применяется javascript. Оглавление представляет собой обычный (не раскрывающийся) список, отсутствует поиск, список индексированных слов и избранное.

Другими форматами, получившими широкое распространение для создания справочных систем, являются PDF, формат документов Microsoft Word, e-Book, JavaHelp и пр.

Как правило, справочная система состоит из нескольких компонентов:

- содержание (содержимое) справки – набор страниц, включающих непосредственно справочные материалы;
- оглавление, часто называемое ТОС (table of contents), – обеспечивает переход к требуемой странице справки. Оглавление представляет собой раскрывающийся список, располагающийся в левой части окна справки. Все пункты и подпункты оглавления отмечены специальными значками;
- индекс (index) – список индексированных (ключевых) слов. В список включаются слова или словосочетания, облегчающие пользователям переход к требуемому разделу справки или к разъяснению определенных слов и терминов. Список ключевых слов создается автором справки;
- поиск (search) – позволяет пользователям найти любое слово или фразу в справке. Программы по созданию справок генерируют инструмент поиска автоматически;
- избранное (favorites или bookmark) – создается пользователем справки. В список избранного пользователь может включить все требуемые разделы справки.

В рамках разработки информационной системы электронных учебно-методических комплексов (ИС ЭУМК) спроектирована сопутствующая справочная система (рисунок 1).

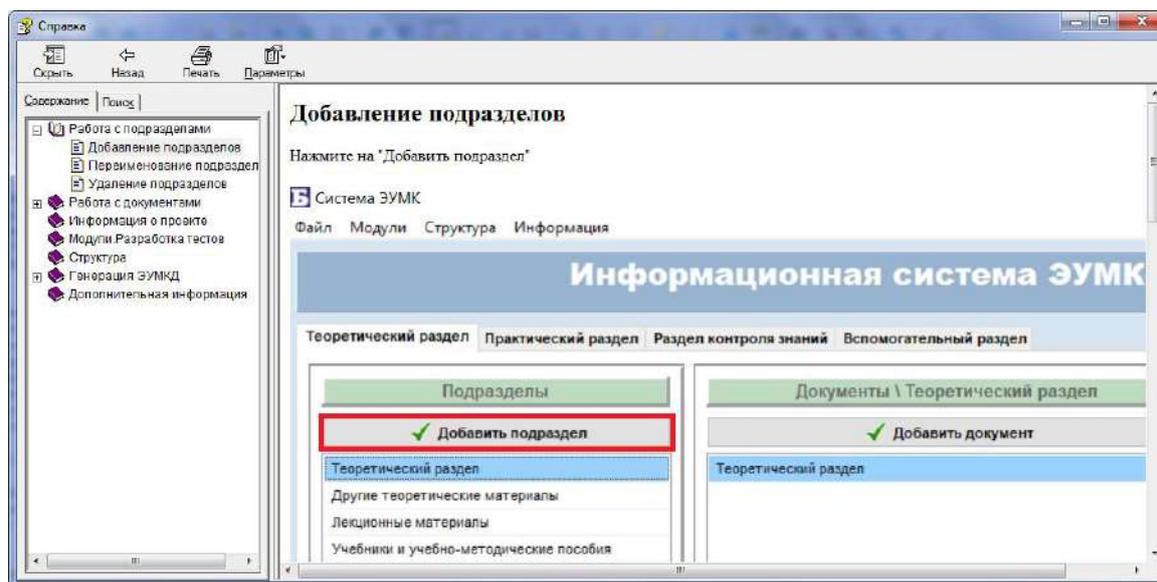


Рисунок 1 – Интерфейс справочной системы ИС ЭУМК

Для создания справочной системы применена программа HTML Help Workshop. Изначально справка включает содержание и поиск. Содержание имеет иерархическую двухуровневую структуру. Наполнение информацией организовано с помощью языка HTML.

Таким образом, положено начало для справочной системы ИС ЭУМК, которая будет полезна пользователям, применяющим ИС ЭУМК для проектирования и генерации электронных учебно-методических комплексов. В дальнейшем планируется развивать и оптимизировать структуру справки, дополнительно включая необходимые компоненты.

УДК 94(100) «1939/45»

РАЗВИТИЕ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА ПОСЛЕ ВЕЛИКОЙ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ВОЙНЫ

Н. А. РЯБЦЕВА

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В период Великой Отечественной войны железнодорожному транспорту республики оккупанты нанесли огромный ущерб. Почти полностью были выведены из строя железнодорожные узлы Витебск, Минск, Гомель, Орша, Могилев, Полоцк, Барановичи и другие. Из общей протяженности в 5,5 тыс. км железнодорожного полотна немецко-фашистские захватчики уничтожили свыше 4 тыс., разрушили или вывезли 3,5 тыс. стрелочных переводов, сожгли около 90 % строений жилого фонда и производственных зданий железных дорог. Например, Минская железная дорога, которая находилась в полосе военных действий и на территории, временно оккупированной врагами, подвергалась значительным разрушениям. Разрушено было около 1454 км пути, 1076 искусственных сооружений (мосты, трубы и прочие сооружения), почти вся линия связи, вагонные и паровозные депо.

С первых дней освобождения от фашистских захватчиков в восточных районах Беларуси началось полномасштабное восстановление народного хозяйства. В Постановлении СНК СССР и ЦК ВКП(б) от 21 августа 1943 г. «О неотложных мерах по восстановлению хозяйства в районах, освобожденных от немецкой оккупации» был специальный раздел, касающийся железнодорожного транспорта. Неотложными задачами Народного комиссариата путей сообщения СССР, местных партийных и советских органов признавались скорейшее восстановление и строительство путей, вокзалов, необходимых зданий и помещений.

Задачи окончательного возрождения и дальнейшего укрепления транспортного хозяйства возлагались на специально созданное управление строительно-восстановительных работ (УСВР), которое подчинялось Центральному управлению Народного комиссариата путей сообщений (НКПС) СССР. Привлекались и специальные формирования комиссариата: головные ремонтные поезда, машинно-путевые станции (МПС), рельсосварочные поезда, паровозные колонны, поезда по ремонту водообеспечения (Водремы), поезда по ремонту подвижного состава (Подремы), вагоноремонтные колонны. Также в восстановительных работах первой очереди прибыли специалисты с Московско-Донбасской и Омской магистралей.

Уже в начале 1945 г. удалось добиться существенных успехов в возрождении дорог. Было восстановлено и сдано в эксплуатацию более одной тысячи объектов, в том числе 9 паровозных депо и мастерских на 68 стойл, 47 мостов. Вновь отреставрированы и отстроены десятки служебно-технических зданий (для кондукторских резервов, технических контор, стрелочных будок), вокзалы на станциях Добруш, Новобелицкая, Закопытье, Рогачев, Быхов, Коммунары, Бельинковичи, Кричев, Чаусы, Луполово, сортировочная горка в Гомеле.

Однако, несмотря на начатые восстановительные работы, остро не хватало стройматериалов, горючего, механизмов, инструмента, а главное – квалифицированных кадров.

Подготовка новых квалифицированных рабочих кадров в период восстановления народного хозяйства для железных дорог Беларуси проходила по двум основным направлениям: в специально восстановленных и созданных для этого железнодорожных училищах и школах фабрично-заводского обучения и на предприятиях железнодорожного транспорта с отрывом и без отрыва от производства. Кадры молодых рабочих в этот период не имели достаточного уровня подготовки,

так как были сформированы в экстремальных условиях военного времени. Поэтому именно подбору и подготовке квалифицированных рабочих кадров массовых профессий уделялось большое внимание на железнодорожном транспорте республики.

Восстановление учебных заведений и учреждений технической пропаганды на железнодорожном транспорте Беларуси начиналось в первые дни освобождения от немецко-фашистских захватчиков. На Брест-Литовской железной дороге были открыты 5 августа 1944 г. Брестская, 20 августа – Барановичская дорожно-технические школы с пропускной способностью 250 человек каждая. В этих дорожно-технических школах готовили специалистов по связи на железнодорожном транспорте, движению и грузовой работе. За 1944 г. в Барановичской дорожно-технической школе было подготовлено 353 человека, в Брестской – обучено 321 рабочих. В 1945 г. в этих дорожно-технических школах было подготовлено более 1000 квалифицированных кадров массовых профессий. Позднее были открыты Гродненская школа паровозных машинистов, в которой готовили квалифицированные кадры по паровозному хозяйству. В Столбцовской технической школе обучались будущие специалисты вагонного хозяйства. Также дорожно-технические школы были открыты на Минском, Полоцком, Могилевском, Жлобинском и других отделениях железных дорог Беларуси.

Таким образом, после освобождения территории Беларуси от немецко-фашистских захватчиков были восстановлены учреждения технической пропаганды, железнодорожные училища, школы фабрично-заводского обучения. Привлечение высококвалифицированных кадров и передовиков производства к делу подготовки кадров массовых профессий с отрывом и без отрыва от производства позволило уже в 1945 г. Брест-Литовской, Западной и Белорусской железным дорогам перевыполнять план подготовки кадров в среднем на 181,5 %.

В сентябре 1946 г. состоялась VIII сессия Верховного Совета БССР, которая приняла Закон «О пятилетнем плане восстановления и развития народного хозяйства». В нем возрождение железных дорог расценивалось как одна из кардинальных экономических и социальных проблем того времени. До конца 1950 г. предусматривалось полностью завершить капитальное восстановление мощных двухколейных магистралей Москва – Минск – Брест, Москва – Минск – Калининград и ряда других основных линий со всеми искусственными сооружениями и хозяйственными объектами.

В отличие от восстановительных работ первой очереди введенные за пятилетку в строй железнодорожные линии отличались лучшей технической оснащённостью. Если во время войны часто укладывали в путь рельсы длиной 3,5 м и даже короче (так называемые «рубки»), не насыщенные антисептиками шпалы, а искусственные сооружения обычно делали временного типа, то теперь проводили их капитальное восстановление в соответствии с техническими требованиями и с расчетом на будущее. Шпалы и рельсы, которые за продолжительное время эксплуатации имели большой износ, заменяли новыми. До конца пятилетки из общего количества шпал главного пути на Западной магистрали примерно треть была уложена в 1946–1950 гг.

За годы этой пятилетки возросли энергетические мощности предприятий железнодорожного транспорта, а потребление электроэнергии увеличилось в 2,8 раза. Появились новые электро- и трансформаторные подстанции. Транспортное хозяйство пополнилось большим количеством паровых турбин и машин, локомотивов, дизелей, генераторов, силовых трансформаторов.

Впечатляющим было и оснащение новой техникой. Появились мощные паровозы серий Л и СО, 4-осных грузовых и цельнометаллических пассажирских вагонов. Примечательная деталь: почти в 3 раза увеличилось общее количество спальных мест.

На первую послевоенную пятилетку приходятся и первые послевоенные выпуски в Оршанском, Гродненском, Брест-Литовском и Гомельском железнодорожных техникумах, которые готовили техников по многим специальностям.

Изменения произошли в структуре управления. В соответствии с постановлением Совета Министров СССР центральное место в системе принятых мер заняло создание железнодорожных округов. В них концентрировалась вся деятельность подведомственных дорог. Новым звеном в системе организации управления на транспорте явились и основанные в 1946 г. отделения дорог. Главной их функцией являлось улучшение руководства низовыми линейными хозяйственными единицами, которые им передавались.

Таким образом, на основе совершенствования способов формирования поездов, роста технической вооруженности диспетчерских служб, повышения квалификации кадров и других мер, широко проводимых на дорогах республики, были достигнуты высокие показатели, характеризующие движение поездов. Процент отправления и следования грузовых поездов по графику на всех трёх доро-

гах в 1947 г. превысил уровень 1940 г. К концу первой послевоенной пятилетки качественный и количественный состав рабочих кадров массовых профессий на белорусских железных дорогах улучшился. Общий контингент кадров массовых профессий на Белорусской железной дороге составлял 33511 рабочих при плане 32964 (101,6 %); на Брест-Литовской соответственно: 26310; 25867 (101,7 %); на Западной магистрали – 51817; 51749 (100,1 %). По таким решающим службам, как паровозная, движения, вагонная, пути, связи, коммерческая, пассажирская, белорусские железные дороги были укомплектованы кадрами ведущих профессий более чем на 100 %.

УДК 94 «1941/1945»:372.8

К ВОПРОСУ О МЕТОДОЛОГИИ ИЗУЧЕНИЯ ПРОБЛЕМ ИСТОРИИ ВЕЛИКОЙ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ВОЙНЫ

Л. С. СКРЯБИНА

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Воспитательное воздействие конкретных исторических фактов, при соответствующей методологической подаче, неоспоримо. Именно методологическое обеспечение изучения истории Великой Отечественной войны служит основой для формирования, корректирования исторической памяти молодого поколения.

В этой связи логически встает вопрос: как нужно преподавать и изучать этот курс? Ответ однозначен – нужно стремиться к полному и правдивому сохранению памяти как о героических страницах пути к Победе, так и о трагических фактах войны, особенно из истории Беларуси в годы Великой Отечественной войны.

Необходимо использовать новые методологические подходы для изучения широкого спектра вопросов военной истории – истории войны и оккупации Беларуси. Мы обратим внимание лишь на некоторые из них.

Например, мы очень хорошо знаем летопись сражений, цифры, даты, легко ими оперируем. Но не менее важен и фронтовой быт. При традиционном подходе к изучению и преподаванию истории войны за кадром остается жизнь рядового бойца. А как тяжело было на войне просто жить! Не выжить, а жить. Каждый день нужно было есть, каждый день – спать на мерзлой земле, иногда шинель примерзала к земле, каждый день очень хотелось, чтобы из дома пришла весточка... Методологически очень важно отобрать соответствующие факты. Их много. Особую ценность среди них имеют прямые свидетельства ветеранов Великой Отечественной войны.

Обратимся к другим страницам из истории Великой Отечественной войны, которые долгое время замалчивались или односторонне трактовались. Это касается, прежде всего, повседневной жизни населения в период оккупации. Как люди существовали: бывали ли в кино, ходили ли дети в школу, как лечились, чему учили? Что придавало сил жить? Иначе говоря, существует необходимость адекватно и правдиво сохранить в исторической памяти молодого поколения военную повседневность, наиболее характерную для Беларуси периода войны.

Как известно, мужественные защитники Брестской крепости, которая только через 20 лет после Победы получила почетное звание «Крепость-герой», долгое время оставались безымянными. Причиной тому был «немецкий плен». В соответствии с приказом № 270 от 16 августа 1941 г. пленный не мог быть героем, а поэтому военнослужащие, которые попали во вражеский плен, становились «трусами и дезертирами». Возвращение славы и имен защитников Брестской крепости стало делом чести и данью исторической памяти только в последние годы, когда суверенная Беларусь начала раскрывать правду о подвигах своих сыновей и дочерей, выявлять различные факты о героической и трагической судьбе людей нашей страны. Правдиво показывать различные стороны Великой Отечественной войны – задача современной методологии. Получение правдивых исторических знаний может стать тем фундаментом, на котором общество сумеет прочно сохранить события истории Великой Отечественной войны в исторической памяти белорусского народа, в том числе, молодого поколения. Той памяти, которая является для белорусского народа своеобразным «историческим компасом». Именно тема войны дает белорусскому народу возможность идентифицировать себя

с военным подвигом, всенародной партизанской борьбой. Война постепенно стала частью политической культуры белорусского народа, обязательным элементом социальной политики послевоенной Беларуси. Поэтому в людской памяти не может быть места для забвения этих великих и трагических событий.

Историческая память о войне объединила ее ветеранов и молодое поколение. Объединила потому, что ратные подвиги защитников Родины в годы Великой Отечественной войны останутся священными на все времена, беспримерное мужество и героизм советских людей, их сплоченность, готовность жертвовать во имя Победы – всегда источник патриотических чувств, фундамент национальной гордости и общественного согласия.

Можно говорить об определенном успехе, достигнутом совместными усилиями преподавателей кафедры «Философия, история и политология» и воспитательного отдела университета в обеспечении героико-патриотического воспитания.

В решении задач воспитания студенческой молодежи в духе патриотизма, высокой гражданской ответственности, любви к Родине важное место отводится совершенствованию методики преподавания всех дисциплин гуманитарного цикла и, в первую очередь, спецкурса «Великая Отечественная война советского народа (в контексте Второй мировой войны)», при этом используются разнообразные формы проведения занятий.

Изучение этого спецкурса сопровождается мультимедийными презентациями, показом документальных фильмов о войне, посещением Гомельского областного музея военной славы, встречей с ветеранами, проведением студенческих научных конференций, выставок плакатов по военной тематике.

Весьма эффективной формой учебно-воспитательной работы является проведение занятий-экскурсий по памятным историческим местам, в музеи, на выставки и т. п. Эта форма работы основана на широком использовании подлинных исторических памятников, обладающих наибольшим эмоционально-психологическим воздействием.

Особую роль в патриотическом воспитании играет Гомельский областной музей военной славы, который помогает студентам приобщаться к ратному подвигу своего народа. Вот фрагменты из эссе студентов первого курса БелГУТа после посещения Гомельского областного музея военной славы:

«...Нам, родившимся в мирное время, уже трудно понять, какой ценой досталась нашим дедам и прадедам Победа.

Слушая рассказы о героях, я задумалась о мотивах их действий, об их убеждениях, нравственных устоях, благодаря которым они жертвовали собой, лишая себя главного – жизни. Кто и когда им – девчонкам и мальчишкам, многим из которых не довелось получить вообще никакого образования, привил этот самый патриотизм, патриотическое убеждение и сознание, эту самую любовь к Родине?

И как необходимо нам выработать в себе эту стойкую гражданскую позицию, гордость за свою страну и уважительное отношение к ее истории.

Посещение музея военной славы – это одна из ступеней познания историко-культурных корней, осознание неповторимости нашей страны, ее судьбы, гордости за своих предков и ответственности нас – молодежи за происходящее в обществе.

Благодаря таким экспозициям, рассказам, воспоминаниям мы, ныне живущие, обязаны извлечь урок. Урок истории, урок мужества и чести, урок патриотизма и любви к нашей родине, чтобы не допустить военных действий на нашей белорусской земле...».

«...На мой взгляд, роль Гомельского музея военной славы очень важна в патриотическом воспитании молодежи. Музей показывает, что кроме нас самих никто не будет защищать, уважать и улучшать нашу Родину. Музей показывает наглядные примеры, как это делали наши предки в те годы. Нет, я не говорю, что людям обязательно надо сделать такие же подвиги, как герой Советского Союза Александр Матросов, который закрыл собой амбразуру немецкого дзота, отдав свою жизнь ради спасения большого числа солдат. Надо хотя бы начинать с малого – не бросать на улице мусор, не кидаться, как делают это нынешние школьники, хлебом (ведь это неуважение к тем людям, которым не хватало еды в годы войны), уступать людям преклонного возраста место в общественном транспорте, посещать парады Победы, возлагать венки и цветы к памятникам погибшим воинам. Ведь даже на праздник День Победы, который проходит 9 мая, мало приходит людей. Они не понимают, что ветераны Великой Отечественной войны очень рады видеть благодарных людей, ведь они делали это не только для себя, но и для всех людей нашей страны.

Мы – последнее поколение, которое видело ветеранов войны, они не бессмертные, с каждым годом их всё меньше и меньше, скоро их вообще не будет. Для молодежи ветераны – это память тех военных лет. Я надеюсь, что будущая молодежь задумается о роли патриотизма в своей стране, и будет делать всё, чтобы улучшать нашу страну...».

Прошлое уходит в историю, острота событий стирается во времени, идет переоценка ценностей, но Великая Победа советских людей не будет забыта никогда. Великий подвиг советского народа в годы Великой Отечественной войны вечен.

УДК 338.1

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ НОВЫХ ИНФОРМАЦИОННО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКЕ

Ю. И. СОКОЛОВ, И. И. СОКОЛОВА, Н. Н. ГРИНЧАР, А. Д. СОЛОВЬЕВ
Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва

Целью развития цифровой экономики является создание благоприятных организационных и нормативно-правовых условий для эффективного развития институтов цифровой экономики при участии государства, национального бизнес-сообщества и гражданского общества и обеспечения быстрого роста национальной экономики за счет качественного изменения структуры и системы управления национальными экономическими активами, достижения эффекта «российского экономического чуда» в условиях формирования глобальной цифровой экосистемы.

Поскольку в экономике нового уклада ключевыми факторами экономической деятельности становятся электронные технологии и услуги, а также представленные в цифровом виде объемные, многоотраслевые данные, обработка и анализ которых позволяет по сравнению с традиционными формами хозяйствования существенно повысить эффективность и качество в производстве и потреблении товаров, работ и услуг, а также в процедурах управления, конкурентным преимуществом обладают те государства и компании, экономика которых основывается на наиболее продвинутых электронных технологиях и услугах, включая технологии анализа «больших данных» и прогностические технологии.

Переход к цифровой экономике также повлечет новые требования и изменение образовательной среды, как в учебных организациях, так и в компаниях. На наш взгляд, можно выделить следующие информационные тренды в этой области:

- высокий темп увеличения объемов информации;
- высокая скорость обновления актуальной информации – знания, которые еще вчера казались актуальными и релевантными, сегодня уже устарели и в целом не нужны;
- усложнение техники и технической инфраструктуры.

В таких условиях обеспечение актуальности образовательных программ только лишь за счет классических, «аудиторных» технологий представляется труднореализуемым. С учетом достаточного уровня компьютеризации и наличия интернета практически в любой точке света актуальным является применение образования в качестве дополнительного инструмента информационно-образовательных технологий, таких как дистанционное обучение.

При этом применение только электронных курсов, направленных на усвоение теоретических аспектов, является недостаточным для обеспечения конкурентного преимущества. Очевидно, что для таких практико-ориентированных отраслей, как транспорт и промышленность необходимо внедрение виртуальных технологий, моделирующих поведение реальных сложных объектов, для последующего изучения на практике их особенностей и аспектов.

Для решения подобных задач эффективным, на наш взгляд, является применение «цифровых двойников». Цифровой двойник – это компьютерный образ конкретного физического объекта, машины, комплекса. Подобное решение может включать в себя:

- визуализацию (3D-модель);
- детализацию комплектации;
- историю создания, проектирования, реализации, эксплуатации;
- алгоритм используемой производственной технологии;

- внешние ограничения на конкретной географически определённой площадке (ландшафт, экология и т. д.);
- потребляемые ресурсы, сырьё;
- активность потребителей производимого продукта и поставщиков сырья, график остановочных ремонтов;
- расход запчастей, реквизиты их поставщиков, варианты замены;
- мониторинг механической целостности, иных рисков безопасности; и т. д.

Обучающие форматы в виртуальной реальности с точки зрения сложности их производства могут быть классифицированы следующим образом (рисунок 1).



Рисунок 1 – Классификация обучающих форматов виртуальной реальности

Обучающие модули на основе фото-видео съемки используют наложенную инфографику об устройстве и его особенностях. Акцент делается на информативные выделения и подсказки на объектах в ходе показа. Подобный формат для обучения удобен, когда необходимо в точности показать, как что-то устроено в отдаленном месте, будь то другая страна или отдаленная производственная площадка. Другой вариант – это объяснение работы сложного дорогого оборудования, которое есть не у всех организаций или его дорого перевозить.

Форматы на основе 3D-моделирования более трудоемки в производстве и создаются при помощи специализированного программного обеспечения. Обучающая анимация – видео-ролик, который демонстрирует устройство и динамику явления. По сравнению с виртуальной инструкцией позволяет визуализировать абстрактные сущности или процессы, которые сложно воспринимать в силу неудобного для человека масштаба или необходимости дополнительного оборудования для демонстрации. Это неинтерактивный формат, однако с хорошо написанным сценарием и динамичной анимацией может увлекательно объяснить явление.

Формат обучающей игры может быть использован для поведенческой симуляции – отработки правил поведения в конкретных местах и ситуациях. Существуют два варианта в зависимости от точности и свободы действия: симуляция рабочей ситуации и «VR-песочница». Первый вариант предполагает относительно линейный сценарий и отработку конкретного регламента действий. Например, Deutsche Bahn создали симуляцию инспекции электриком поезда. Она используется для привлечения персонала и первичного обучения. Симуляция позволяет не задействовать реальное оборудование при обучении. Это удобно для обучения специалистов начального уровня и отработки действий в нестандартных ситуациях. Обучающая песочница – это виртуальное пространство, где доступно нелинейное взаимодействие с большинством окружающих предметов. Это средство самостоятельной отработки действий и экспериментирования. Самый популярный пример таких песочниц – химические лаборатории. В них можно провести стандартные эксперименты или произвольно смешивать вещества, чтобы убедиться в отрицательных эффектах в той или иной ситуации без вреда для здоровья.

Российский университет транспорта также работает над внедрением цифровых двойников в транспортную отрасль. Так, в 2015–2016 годах разработаны виртуальные классы по охране труда для различных хозяйств железнодорожного транспорта. На данный момент разрабатывается комплексное решение для обучения электромонтеров контактной сети ОАО «РЖД». В нем применяются как видео 360°, так и обучающие 3D-игры с применением шлема виртуальной реальности и соответствующих манипуляторов.

Наибольшей трудностью внедрения подобного рода систем является высокая стоимость разработки. Однако с развитием информационно-образовательных технологий цена разработки должна снизиться, и это должно способствовать обширному внедрению технологий виртуальной реальности в образовательный процесс как вузов, так и компаний.

НРАВСТВЕННОЕ ВОСПИТАНИЕ СПЕЦИАЛИСТОВ ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА – КЛЮЧЕВОЙ ФАКТОР ПСИХОЛОГИИ БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА

Т. И. СОСНОВСКАЯ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

По данным Национального статистического комитета Республики Беларусь, в 2017 году из-за травматизма на производстве потеряно 64,3 тыс. человеко-дней (в 2016 году – 67,6). Благодаря комплексу мер по охране труда в республике сохраняется тенденция к уменьшению числа производственного травматизма [1]. Тем не менее причиной большинства случаев травматизма на производстве и несчастных случаев вне его является человеческий фактор. Не техника, которая становится всё более безопасной, а человек, который не соблюдает правила безопасности, не использует средства индивидуальной защиты, действует рискованно, непродуманно или агрессивно по отношению к окружающим.

Проблема предупреждения несчастных случаев во многом является не только технической или медицинской но и психологической и педагогической. Ведь стиль поведения в опасной ситуации во многом зависит от уровня нравственного сознания личности, убеждений и мировоззренческих установок.

Причины опасных или ошибочных действий многообразны и обусловлены целым рядом факторов, объективных и субъективных. В статье мы рассмотрим психологические причины опасных действий работников и роль нравственного воспитания студентов транспортного вуза в формировании навыков безопасного и ответственного поведения будущих специалистов на производстве и в быту.

Общие психологические факторы травматизма связаны с эволюцией орудий труда. Развитие техники привело к облегчению условий труда и жизни, но вместе с тем и к повышению опасности при ее неправильном эксплуатировании. С одной стороны, даже небольшая ошибка или просчёт может иметь катастрофические последствия. С другой стороны, при постоянном взаимодействии с высокотехнологичным оборудованием человек привыкает к опасности и уже не ощущает её остро. Нарушив однажды правила и получив от этого небольшую выгоду, человек внутренне адаптируется к опасности и у него формируется привычка нарушать правила.

Также существенное значение имеют индивидуальные личностно-психологические факторы, связанные с преднамеренным нарушением правил безопасности труда (бравата, безответственность, недисциплинированность, склонность к риску, работа в состоянии алкогольного опьянения) или даже сознательным желанием причинить вред. Так, пилот авиакомпании Germanwings Андрес Любитц 24 марта 2015 года преднамеренно направил самолёт в землю, что привело к гибели всех 150 человек, находившихся на борту.

Обобщение материалов расследований несчастных случаев и аварий позволило разделить психологические причины опасных действий на три категории:

1) нарушение мотивационной части действий – работник умеет качественно и безопасно выполнять данную работу или операцию, однако у него нет желания соблюдать требования безопасности. Нарушение может быть относительно постоянным (человек недооценивает опасность, отрицательно относится к требованиям правил техники безопасности) или временным (человек в состоянии депрессии или алкогольного опьянения);

2) нарушение ориентировочной части действий – работник не знает правил технической эксплуатации машин и оборудования, не владеет необходимыми для данной работы знаниями и навыками, не знает норм безопасности труда и способов их выполнения;

3) нарушение исполнительной части – проявляется в несоответствии психических и физических возможностей человека требованиям работы. Такое несоответствие может быть постоянным (несоответствие роста габаритам обслуживаемого оборудования, плохая координация, высокая отвлекаемость) и временным (переутомление, повышенное нервно-психическое напряжение, ухудшение состояния здоровья, алкогольное опьянение).

Все эти причины прямо или косвенно относятся к уровню морально-нравственного сознания и гражданской позиции работников.

Несмотря на значительные усилия государства, вкладываемые в идеологию и воспитание подрастающего поколения, уровень нравственного и гражданского сознания молодёжи остается довольно низким. Молодой человек, попадающий на предприятие с высокими требованиями к безопасности труда, зачастую не понимает и не принимает всю меру ответственности за жизнь и здоровье других людей. Причина в том, что нормы морали и нравственности, которые традиционно служили регулятором поведения и деятельности людей, в современном обществе стали крайне размытыми. После слома советской идеологической парадигмы произошло и разрушение тех социальных стандартов и норм общественного поведения, которые раньше считались единственно правильными. Искаженное понимание личной свободы, навязанное в этот период в образовании и воспитании, привело к положению, когда соблюдение нравственных норм стало зависеть от личного выбора и социального статуса. В результате в массовом сознании незаметно стали «узакониваться» нормы, которые ранее воспринимались крайне отрицательно.

Например, кумовство. Ситуация, когда человека в ущерб более подготовленным кандидатам безо всяких профессиональных достижений «по блату» устраивают на хорошую должность, уже почти не вызывает осуждения, а лишь зависть и желание самому оказаться в подобной ситуации. Именно такие работники, устроенные без должного профотбора, в дальнейшем создают предпосылки для опасных действий. Одновременно с этим у добросовестных и перспективных работников теряется мотивация качественного выполнения своих служебных обязанностей, создаются предпосылки для нездорового психологического климата в коллективе.

Снижение этических и социокультурных барьеров имеет самое непосредственное отношение к мотивации безопасного поведения, так как на фоне разрушения нравственных ценностей закономерно усиливается индивидуализация сознания. Индивидуализация сознания в корне противоречит традиционному коллективистскому менталитету нашего народа, ведёт к ослаблению взаимопомощи и взаимоконтроля в трудовом коллективе, пренебрежению общественными интересами, стремлению исключительно к личному материальному богатству.

Табуированное ранее публичное и повсеместное употребление матерной лексики служит обострению социальной неприязни, препятствует воспитанию чувств у молодого поколения, созданию прочных парных отношений, что в свою очередь является дополнительным фактором, провоцирующим нестабильности психики.

Пропаганда средствами массовой информации низменных потребностей, девальвация нравственных ценностей приводит к тому, что в сознании молодёжи на первый план выходят низменные, биологические потребности. Потребности в знаниях, социальной и гражданской активности становятся производными, призванными обслуживать лишь биологическую сторону жизни человека.

Сегодня в условиях беспрецедентного информационного и идеологического шума учреждениям образования необходимо всеми силами помогать сформировать у молодёжи нравственное сознание, вырабатывать активную гражданскую позицию, снимать противоречия между личными и общественными интересами, вырабатывать позитивное отношение к разного рода социально значимым поступкам, самоотверженным и героическим действиям, укреплять дух коллективизма в учебных группах.

Без целенаправленных и согласованных действий по нравственному воспитанию будущих специалистов транспортного комплекса другие меры по повышению безопасности труда и жизнедеятельности будут недостаточно эффективны.

Список литературы

- 1 Травматизм на производстве [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/solialnaya-sfera/trud/godovye-dannye/travmatizm-na-proizvodstve/>. – Дата доступа : 02.07.2018.
- 2 **Вайнштейн, Л. А.** Психологические аспекты охраны и безопасности труда / Л. А. Вайнштейн // *Философия и социальные науки*. – Минск : БГУ, 2007. – № 4.
- 3 **Ефремов, Е. Г.** Психология труда : учеб. пособие / Е. Г. Ефремов, Ю. Т. Новиков. – Омск : Изд-во ОмГТУ, 2008. – 128 с.
- 4 **Степанова, С. Е.** Нравственное сознание и поведение молодёжи в современных условиях : сб. науч. тр. ученых и специалистов / С. Е. Степанова. – Чебоксары : Изд-во Чуваш. ун-та, 2003. – С. 12.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АКТИВНЫХ МЕТОДОВ ОБРАЗОВАНИЯ И ВОСПИТАНИЯ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ГУМАНИТАРНЫХ ДИСЦИПЛИН

Н. К. ТЕТЕРЮКОВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Современные педагогические технологии в образовательном процессе в вузе с каждым годом совершенствуются с учетом растущих требований к качественной подготовке специалистов, завтрашних продолжателей строительства нашего общества. В учебном процессе при изучении гуманитарных дисциплин наработаны различные методы и методики эффективного проведения занятий: рейтинговые технологии, модульные и тестовые технологии, метод портфолио, метод кейсов, деловые игры, круглый стол, метод малых групп, метод анализа конкретных ситуаций (АКС), дискуссионный метод и др.

Рассмотрим применение в учебном процессе таких важных, но в то же время простых методов образовательных технологий, как метод конкретных ситуаций и дискуссий, в основе которых лежит принцип проблемности, предполагающий выявление противоречивого характера развития социальных процессов. Конкретная ситуация может отражать как положительный опыт борьбы нового со старым, так и негативные отклонения, происходящие в социальных процессах. На данном методе базируются и многие другие активные формы обучения: методы дискуссий, «мозговой атаки», деловой игры, а также «круглые столы», пресс-конференции и др. Метод анализа конкретных ситуаций позволяет активизировать познавательный интерес у студентов, формировать у них диалектическое мышление.

Методика проведения учебных занятий с использованием метода анализа конкретных ситуаций предполагает такие этапы, как: введение в изучаемую проблему определения условий проведения занятий и постановка задачи; групповая работа над ситуацией, дискуссия в группе, итоговая беседа. При этом используется методика «малых групп», т. е. если студенческая группа насчитывает 20–30 человек, то она делится на несколько подгрупп, каждая из которых работает над ситуационными вопросами – задачами, полученными заранее от преподавателя. К отведенному времени подгруппы готовят ответы по всем блокам вопросов, а затем излагают и публично защищают их в процессе общей дискуссии.

Метод конкретных ситуаций можно использовать при изучении разных гуманитарных дисциплин, особенно, таких, как политология, основы идеологии белорусского государства, история, социология и др. На разных этапах обучения студентов для достижения методических целей преподаватель может применять определенные виды конкретных ситуаций, такие как: ситуация-упражнение, ситуация-иллюстрация, ситуация-оценка и др. Например, при чтении лекций по курсам «Политология», «Основы идеологии белорусского государства» и т. д., студенты лучше усваивают учебный материал, когда преподаватель использует такую разновидность АКС, как ситуация-иллюстрация. Для этого университет располагает необходимыми учебными аудиториями, оборудованными современными техническими средствами обучения. Моделирование ситуации в учебных лекциях дает возможность иллюстрировать студентам сложные, диалектически противоречивые процессы, происходящие как в становлении и развитии белорусского общества и других стран на постсоветском пространстве, а также в мире в целом.

При подготовке, а затем и проведении семинарских занятий, преподаватель может применять разные варианты метода АКС, а не заикливаться на одном из них. Здесь важно учитывать изучаемый предмет и темы. Преподавателю также следует учитывать степень теоретической подготовленности студентов, предлагать им для анализа более злободневные конкретные ситуации, встречающиеся в современной жизни.

Так, рассматривая процесс становления и развития Беларуси как суверенного государства, преподаватель может использовать метод конкретной исторической ситуации. Ведь перед всеми республиками, входящими в Советский Союз, стоял один и тот же вопрос – как развиваться дальше? Следовать прежнему социалистическому пути или избрать либеральный путь, ведущий

к рыночной экономике, капитализму? Беларусь, как известно, в этой ситуации сделала свой выбор. После определенной внутривластной борьбы была реформирована политическая система общества и определена модель его социально-экономического развития, которая не предполагала коренной ломки сложившихся отношений в стране. В ее основу были положены социально-ориентированная направленность, многоукладность (разнообразие форм собственности); построение наукоемкой ресурсосберегающей и экологозащищенной экономики; сильная и эффективная государственная власть; сохранение традиционных экономических и других связей с партнерами по бывшему союзу.

Чтобы повысить эффективность учебного и воспитательного процесса, важно приобщить самих студентов к поисковой деятельности и формированию ими самими конкретной ситуации, обозначению её существенных характеристик и проведению анализа. Рассматривая процесс становления современного направления политического и социально-экономического развития, выбранного в нашей стране, студентам предъявляется ситуация самостоятельного выбора из перечня поисковых вопросов – задач по трем тематическим блокам: «позитив», «негатив», «альтернатива». Студентам предоставляется возможность высказать свою точку зрения по вопросу, насколько избранный путь отвечает интересам народа и приемлем для него, или он несет негативный характер; существуют ли альтернативные варианты и насколько они эффективны были бы для нашей страны. Этот анализ проводится на основе сравнения (сопоставления) с другими республиками – нашими братьями по бывшему союзу, а также бывшими социалистическими странами восточной Европы, избравшими иной путь своего развития. Такое занятие предполагает элемент широкой дискуссии, к управлению которой должен быть готов преподаватель. Для этого он должен обладать соответствующим уровнем культуры проведения дискуссий, предполагающим достаточно высокий интеллект участников, эрудицию, компетентность обсуждаемых проблем.

Вступая в дискуссию с молодыми людьми, необходимо учитывать, прежде всего, их психологию. Данной возрастной группе присущи повышенная эмоциональная возбудимость, максимализм, категоричность в суждениях, политическая, а то и нравственная незрелость, нередко – неприятие традиционных ценностей. Участие в дискуссиях способствует интенсификации мышления, развивает гибкость и критичность ума, развивает интеллект. Споры пробуждают мысли, активизируют сознание, стимулируют пытливость, любознательность. Они оказывают большое воспитательное воздействие на молодых людей, способствуют формированию у них научного мировоззрения.

Исходя из того, что борьба мнений является средством активизации мыслительного процесса, преподавателю, особенно гуманитарных дисциплин, просто необходимо расшевелить студентов, вызвать их на дискуссию. Для этого важным является создание проблемных ситуаций, сопоставление различных точек зрения, выявление внутренних противоречий, опровержение предполагаемых возражений.

Нередко к дискуссии побуждают и сами студенты: их реплики, острые вопросы, явное несогласие с оценками, или интерпретаций общественных явлений и т. д. Важная задача преподавателя в данном споре – соблюдение этической стороны общения с аудиторией, прежде всего, это уважительный тон, спокойствие и самообладание, терпимость, право каждого на собственное мнение.

Чтобы дискуссия не отклонялась от темы и не сводилась к обсуждению каких-то малозначительных деталей, преподаватель незаметно, путем постановки соответствующих вопросов должен удерживать её в нужном направлении. При этом важно вовлекать в дискуссию всех присутствующих, чтобы дать возможность проявиться индивидуальности каждого.

Таким образом, широкое внедрение в учебный процесс при изучении гуманитарных дисциплин разнообразных образовательных технологий способствует активизации процессов усвоения знаний студентами, расширению их мировоззрения, самостоятельности, нравственного облика и линии поведения.

Список литературы

1 Современные образовательные технологии : учеб. пособие / под ред. Н. В. Бордовской. – М. : КНОРУС, 2010. – 432 с.

ПОДГОТОВКА СПЕЦИАЛИСТОВ ПО ОХРАНЕ ТРУДА ДЛЯ БЕЛОРУССКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

С. Н. ШАТИЛО, С. В. ДОРОШКО

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В настоящее время особое внимание уделяется повышению эффективности использования трудовых ресурсов, т. к. от этого во многом зависит производительность труда, качество выпускаемой продукции и оказываемых услуг. При этом в рамках реализации действующего законодательства и Республиканской целевой программы по улучшению условий и охраны труда последовательно выполняются мероприятия по сокращению рабочих мест с неблагоприятными условиями труда, снижению социальных и экономических потерь, обусловленных производственным травматизмом и заболеваемостью, несоответствием некоторых рабочих мест требованиям нормативных актов.

В организациях Республики Беларусь и на Белорусской железной дороге наметилась устойчивая тенденция повышения трудовой и производственной дисциплины, что, соответственно, привело к снижению производственного травматизма и трудопотерь.

Так, только в 2017 году на Белорусской железной дороге приведено в соответствие с требованиями действующих норм 130 рабочих мест, что позволило улучшить условия труда 216 работников. Вместе с тем трудопотери по дороге в 2017 году составили 693 человеко-дня (рисунок 1), а коэффициент тяжести производственного травматизма – 40,7 %. Кроме того, 34,3 % рабочих мест характеризуется тяжестью и напряженностью труда.

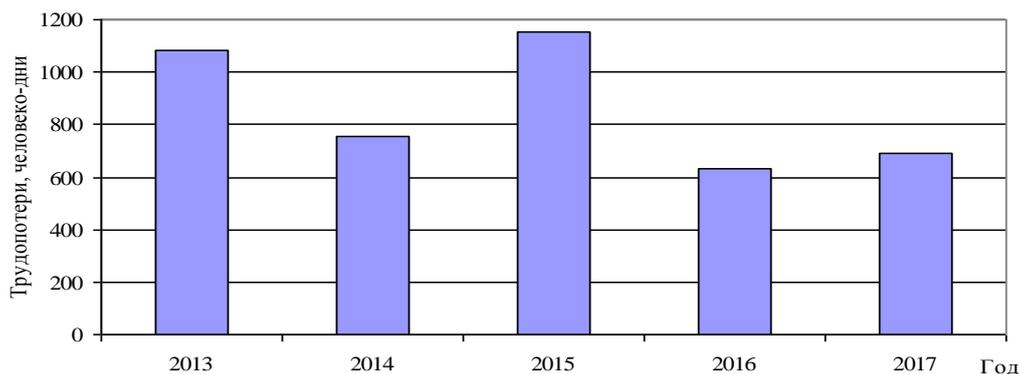


Рисунок 1 – Динамика трудопотерь в результате несчастных случаев на Белорусской железной дороге

Кроме того, результаты проведения мониторинга состояния охраны труда за 2017 год на Белорусской железной дороге показывают, что:

- руководителям организаций выдано 2213 предписаний, актов и протоколов несоответствий;
- привлечено к дисциплинарной ответственности 422 работника, из которых один уволен;
- за нарушения требований охраны труда у работников изъято 1462 талона-предупреждения;
- полностью или частично не начислены премиальные выплаты 5178 работникам;
- направлено на внеочередную проверку знаний по вопросам охраны труда 720 работников.

Последнее свидетельствует о недостаточном уровне знаний по вопросам охраны труда работников, а также квалификации ряда должностных лиц, осуществляющих организацию, координацию работы и контроль за состоянием охраны труда в структурных подразделениях Белорусской железной дороги.

Для организации работы и выполнения контроля по охране труда наниматели создают службы охраны труда из числа лиц, имеющих соответствующую подготовку. Квалификационные требования к таким специалистам определены законодательством. Должностные обязанности специалистов (инженеров) по охране труда включают широкий перечень работ по организации и координации деятельности подразделения по обеспечению здоровых и безопасных условий труда, функционированию и совершенствованию Системы управления охраной труда.

Проблема непрерывной профессиональной подготовки специалистов по охране труда приобретает в настоящее время особую актуальность. Стремительная трансформация общества создает целые области деятельности, требующие обеспечения безопасности труда, расширяется круг проблем, решение которых чрезвычайно затруднительно, а иногда, и невозможно на основе прошлого опыта, с использованием готовых алгоритмов и схем деятельности. Это позволяет охарактеризовать деятельность специалистов по охране труда как творческую, инновационную, связанную с проектированием воспитательной среды и разработкой новых методов безопасности труда. Поэтому целесообразно возникает необходимость в решении определенного ряда задач в процессе подготовки специалистов по охране труда. Во-первых, развитие определенных личностных качеств, таких как самостоятельность, гибкость, интуитивность, креативность и др. Во-вторых, развитие рефлексивных способностей (к конструктивному переосмыслению имеющихся в собственном опыте стереотипов мышления и поведения, выявлению противоречий, самоконтролю (умению фиксировать ошибки и недочеты в собственном мышлении), возможности усомниться в любом и даже очевидном представлении варианта решения проблемы, способность оценивать проблему с разных позиций).

Одним из основных требований к таким специалистам является его высокая квалификация, т. е. требование к образованию и обучению. В вузах республики не осуществляется подготовка специалистов по охране труда. Например, потребность в переподготовке по специальности 1-59 01 07 «Охрана труда на железнодорожном транспорте» – более 200 человек. Поэтому руководство Белорусской железной дороги инициировало вопрос о подготовке специалистов по охране труда в БелГУТе в рамках профессиональной переподготовки на базе высшего образования.

Для решения поставленной задачи была проведена большая организационная и учебно-методическая работа по вновь открытой специальности «Охрана труда на железнодорожном транспорте». Особое внимание при этом было уделено разработке образовательного стандарта и учебного плана. В результате были определены компетенции, которыми должны обладать специалисты по охране труда. На основании этого был составлен перечень учебных дисциплин и разработан график учебного процесса. Переподготовка осуществляется по заочной форме обучения сроком 18 месяцев и предусматривает аудиторные учебные занятия, выполнение контрольных и курсовых работ и стажировку.

Учебные дисциплины разделены на три блока. В первый блок включены гуманитарные и социально-экономические дисциплины: «Основы идеологии белорусского государства», «Основы психологии» и «Основы менеджмента и управление персоналом». Второй блок – общепрофессиональные дисциплины: «Трудовое законодательство», «Правовые и экономические основы охраны труда», «Основы метрологии, стандартизации и сертификации», «Эргономические основы организации рабочих мест», «Страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний», «Информационные технологии в охране труда» и «Безопасность работников в чрезвычайных ситуациях». Третий блок включает следующий набор дисциплин специальности: «Безопасность труда на железнодорожном транспорте», «Система управления охраной труда в организации», «Производственная санитария и гигиена труда, медико-профилактическое обеспечение на железнодорожном транспорте», «Организация работы железнодорожного транспорта» и «Пожарная безопасность на железнодорожном транспорте».

Учебная программа позволяет сформировать необходимые знания и способность применения их на практике в области законодательства, управления персоналом, функционирования и технологии работы структурных подразделений железнодорожного транспорта, особенно для лиц, не имеющих специального профессионального образования по железнодорожному транспорту.

Аудиторные занятия проводятся на базе ИПКиПК и кафедры «УЭРиОТ» БелГУТа в четыре этапа, предусматривается стажировка. При этом особая роль в решении поставленных задач по охране труда, а именно, в организации стажировки отводится отраслевой службе охраны труда Белорусской железной дороги, которая включает не только специалистов соответствующих служб управления и отделов отделений дороги, но и инженеров (специалистов) по охране труда структурных подразделений, которые курируют стажировку.

Итоговой аттестацией является государственный экзамен по следующим учебным дисциплинам: «Безопасность труда на железнодорожном транспорте», «Система управления охраной труда в организации», «Производственная санитария и гигиена труда, медико-профилактическое обеспечение на железнодорожном транспорте» с выдачей диплома государственного образца.

ГУМАНИТАРНАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ ИНЖЕНЕРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ*Н. П. ШЕВЧЕНКО**Красноярский институт железнодорожного транспорта – филиал Иркутского государственного университета путей сообщения, Российская Федерация*

В современном мире вопросам безопасности в различных аспектах уделяется особое внимание. Ученые, политики, практики занимаются поиском оптимальных условий обеспечения безопасности, в том числе на транспорте. В условиях глобальной интеграции проблемы безопасности железнодорожного транспорта выходят за рамки узконациональных интересов. При этом на первый план выдвигаются технико-технологические и информационные факторы транспортной безопасности. Но, учитывая, что одна из важных составляющих лежит в плоскости «человек – машина – среда», всё более актуальным становится историко-культурологический аспект.

С самого начала железнодорожного строительства в Российской империи серьезное внимание уделялось вопросам безопасности как в плане профессиональной подготовки инженерных кадров, так и нравственной культуры. «Деятельность инженера такая же тяжелая и ответственная в нравственном отношении как и деятельность врача... Недостаточное развитие чувства долга и пренебрежение к дисциплине могут тоже сказаться в деятельности инженера печальными последствиями. Особенно в железнодорожном деле, где, например, безопасность движения поездов зависит от неуклонного, точного исполнения правил», – с такими словами в 1901 году обратился к студентам Петербургского института инженеров путей сообщения директор Л. Ф. Николаи. Выпускники корпуса составляли инженерную элиту России. Это были не только профессионалы высочайшего уровня, но и всесторонне образованные, преданные делу и Отечеству люди с обостренным чувством ответственности и долга.

Сегодня, когда ценностные ориентиры смещены в сторону извлечения материальной выгоды, понятия «совесть» и «ответственность» зачастую отходят на второй план. Но, как отмечал Ю. М. Лотман, интеллект без совести опасен. Обращение к опыту прошлого позволяет объяснить настоящее и смоделировать будущее.

В Кодексе деловой этики ОАО «РЖД» в ряду этических принципов одним из первых стоит чувство гордости за принадлежность к железнодорожному сообществу: «Каждый работник ОАО «РЖД» гордится, что ему выпала честь работать в компании с уникальной историей, богатыми традициями и масштабными планами. Наш долг – уважать традиции и почитать ветеранов отрасли, поддерживать и преумножать репутацию ОАО «РЖД» как динамично развивающейся общенациональной транспортной компании». А чтобы гордиться званием «железнодорожник» и ощущать свою сопричастность, надо, как минимум, знать историю отрасли и её традиции. Ориентируясь не только на молодых сотрудников, но и на потенциальных работников отрасли, руководители дорог поддерживают связь с образовательными учреждениями, расширяя целевую аудиторию.

Специфика железнодорожного института имеет адресную направленность. Поэтому важно начинать формирование корпоративных ценностей еще в вузе. Механизмом формирования профессиональной адаптации могут выступать модификации образовательных программ и методов образования по запросам работодателя. Аксиологический вектор задается дисциплинами социогуманитарного цикла. Учитывая негуманитарную направленность основной массы студентов, главная задача преподавателей-обществоведов – мотивировать будущих железнодорожников к изучению как отечественной, так и мировой истории отрасли. Это достигается, прежде всего, активными и интерактивными формами аудиторной и внеаудиторной работы.

Роль традиций в образовательном пространстве КриЖТ можно рассматривать как единство научно-познавательного и воспитательного компонентов. Научно-познавательная деятельность по исследованию традиций железнодорожных предприятий реализуется как в рамках научно-исследовательской работы кафедры гуманитарных дисциплин, так и через работу исторического клуба «Хронос».

Воспитательный компонент включает в себя две линии взаимодействия. Во-первых, воспитание студентов на традициях предприятий, и во-вторых, на примере железнодорожных династий и трудового пути, в том числе преподавателей КРИЖТ, имеющих звание «Почетный железнодорожник».

Обучение в КРИЖТ традиционно начинается со знакомства с музейной экспозицией института и посещения музея истории Красноярской железной дороги. Знакомясь с историей вуза, отрасли, отдельных участков дороги, молодые люди могут почувствовать связь поколений, окунуться в атмосферу будущей специальности и ощутить профессиональную гордость. Так, в музее истории Красноярской железной дороги студенты буквально прикасаются к истории, начиная с прибытия по Транссибу первого поезда, пуска в эксплуатацию «царского» моста через Енисей и до современных технических достижений. Но еще более ценно знакомство с выдающимися личностями, которые внесли неоценимый вклад в историю дороги. Среди них, например, Вера Баландина – уроженка с. Новоселово Енисейской губернии, из купеческой семьи, выпускница Бестужевских Высших женских курсов в Петербурге, учёный-химик, магистр естественных наук, основательница города Черногорска и угледобывающей шахты, организатор строительства Ачинск-Минусинской железной дороги. При посещении музея студенты всегда обращают внимание на подборку исторических документов о стражах Сибирской железной дороги, в том числе на аттестационный лист унтер-офицера Бухтиярова, где особое место занимала характеристика морально-нравственных качеств соискателя на должность стражника.

С учетом традиционной преемственности железнодорожников на протяжении многих лет в вузе ведется летопись семей, железнодорожных династий. На заседаниях исторического клуба студенты знакомятся с историей железнодорожной отрасли, открывают для себя новые страницы и имена. Клубная работа, в рамках которой студенты приобретают не только навыки исследовательской работы (собирают архивные и музейные материалы), но и осваивают различные коммуникативные формы, существенно расширяет возможности усвоения корпоративных ценностей.

Красноярск – город с богатой историей, в том числе революционной. Железнодорожники всегда стояли в авангарде революционных событий в России и Сибири. Поэтому исторический клуб «Хронос» не мог обойти вниманием юбилей русских революций. Начало работе положила тема «Господа путейцы» об истории инженерного образования в России, символике студентов-путейцев и выдающихся представителях российских железнодорожных династий, таких как «Нестор инженеров» С. В. Кербедз или главный инженер строительства железнодорожного моста через Енисей Е. К. Кнорре. Евгений Карлович Кнорре, удостоенный, как и его творение, высшей награды Всемирной выставки в Париже в 1900 году, написал своем дневнике: «Мост через реку Енисей мной заложен с запасом прочности в 52 раза, дабы Бог и потомки никогда не сказали обиды мне».

На последующих заседаниях клуба студенты продолжили изучение истории на примере революционных событий в Сибири и Красноярске. Посещение музея ЭВРЗ – старейшего предприятия отрасли – вызвало у студентов неподдельный интерес, чувство корпоративной сопричастности и желание глубже изучать традиции.

В техногенном обществе в системе «человек – машина – среда» меняется последовательность элементов – на первый план выходит машина. Поэтому без гуманитарной составляющей при подготовке инженерных кадров существует серьезная опасность сформировать так называемого «homo economicus», не обремененного морально-нравственными принципами.

Список литературы

1 История Института инженеров путей сообщения Императора Александра I за первое столетие его существования, 1810–1910 / сост. А. М. Ларионов [Электронный ресурс] // Научная электронная библиотека ГПНТБ России. – 1910. – 413 с. – Режим доступа : http://193.233.14.50/reader/flipping/Resource-649/Istoriya_instituta_inzhenerov_putey_soobshcheniya_imperatora_Aleksandra_1_zh_pervoe_stoletie_ego_sushchestvovaniya_1810-1910/index.html . – Дата доступа : 07.08.2018.

2 Кодекс деловой этики ОАО «РЖД» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://rzd.ru/> . – Дата доступа : 03.03.2017.

3 Шевченко, Н. П. Хранить и приумножать: к вопросу о формировании корпоративных ценностей будущих железнодорожников / Н. П. Шевченко // Транспортная инфраструктура Сибирского региона : материалы Восьмой междунар. науч.-практ. конференции, 28 марта – 01 апреля 2017. В 2 т. / редкол. А. П. Хоменко [и др.] ; отв. за вып. М. А. Савостеева. – Иркутск : ИрГУПС. – Т. 2. – 2017. – С. 622–625.

КОНЦЕПТУАЛЬНО-ИКОНОГРАФИЧЕСКИЙ МЕТОД АНАЛИЗА МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ КАК СОСТАВЛЯЮЩАЯ ИННОВАЦИОННОГО ПОДХОДА В ПРЕПОДАВАНИИ ДИСЦИПЛИН СПЕЦИАЛИЗАЦИИ «СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ И РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ»

В. Г. ШЕВЧУК

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В 30-х гг. XX в. американский ученый-экономист австро-венгерского происхождения Йозеф Алоиз Шумпетер и немецкий ученый-экономист Герхард Менш ввели в научный оборот термин «инновация» (от англ. *innovation*) – внедрённое новшество, обеспечивающее качественный рост эффективности определенного процесса [2].

Типы инноваций (нововведений), согласно Й. Шумпетеру, которые актуальны и сегодня, включали в себя: создание новых товаров; использование новых технологий и новой техники; открытие и использование новых источников сырья; применение новых форм организации производства; освоение новых рынков сбыта произведенных товаров.

Создавая свою модель экономического развития, Й. Шумпетер не учел ряд важных факторов:

– внедрение инноваций необходимо осуществлять *оперативно*, поскольку конкуренты могут произвести подобный товар раньше, и произведенный после этого товар уже не является инновационным;

– наконец, внедрение инноваций невозможно без наличия хорошо подготовленных *специалистов с инновационным мышлением*.

Поэтому в последующие годы и до настоящего времени активно осуществляются исследования, направленные на построение теории инновационного развития в образовании [3].

К системе образования в современных условиях предъявляются весьма высокие требования: она должна готовить специалистов к жизни и деятельности в динамичном, быстро меняющемся мире, где перед человеком постоянно возникают нестандартные задачи, решение которых предполагает наличие умений и навыков выстраивать и анализировать как собственные действия, так и ход различных технологических процессов. Ведущее место в такой системе занимают инновационные методы подготовки обучающихся в системе высшего образования, которые должны стать специалистами с инновационным мышлением, поскольку в будущем они будут непосредственно причастны к формированию и обеспечению реализации инновационной политики.

Инновации в образовании относятся к социальным (процессным) инновациям, поскольку являются собой процессы обновления сфер деятельности человека и реорганизации социума [1].

В традиционном образовательном процессе были предложены разнообразные приёмы обучения, хотя по своей сути все они могут быть отнесены к одному из двух методов.

Первый из них, являющийся базовой ступенью второго метода, состоит в том, что преподаватель информирует студентов о наличии существующих знаний о конкретном предмете, процессе, окружающей действительности и способах деятельности, используя различные средства: вербальные; иконографические; кинестетические; демонстрации образцов, макетов или опытов и пр.

Студенты воспринимают эту информацию, осознают и запоминают её. Этот метод получил название *объяснительно-иллюстративного, информационно-объяснительного* или *информационно-рецептивного* (последнее от лат. *receptum* – полученное предписание).

Второй состоит в том, что обучающийся по специальным заданиям учится воспроизводить те знания и способы деятельности, которые он усвоил с помощью первого метода. Он упражняется в повторении опытов и действий преподавателя для закрепления усвоенных навыков и умений. Этот метод получил название *репродуктивного*.

Переход от информационно-объяснительного обучения к репродуктивному обучению предполагает развитие личностной ориентации обучаемого и связан с применением в образовательном процессе новых компьютерных и различных информационных технологий, электронных учебников, видеоматериалов, обеспечивающих свободную поисковую деятельность [2]. В настоящее время существует ряд различных инновационных методов обучения студентов, в частности, это: про-

блемная и игровая технологии, имитационные методы активного обучения, методы анализа конкретных ситуаций, метод проектов, обучение в сотрудничестве, креативное обучение, инновационная образовательная проектная деятельность, лекции-пресс-конференции, лекции-беседы, лекции-визуализации, лекции-диспуты и пр.

Таким образом, в основе инновационных методов обучения лежат активные методы, которые помогают формировать у студентов творческий, инновационный подход к пониманию будущей профессиональной деятельности, развивать самостоятельность мышления, умение принимать оптимальные (в условиях определенной ситуации, решения).

Более чем сорокалетний опыт преподавания дисциплин специализации автором доклада показывает, что студенты старших курсов обладают определенными математическими знаниями, полученными ими в результате изучения курсов «Высшая математика» и «Прикладная математика». Однако подавляющее большинство из них не умеют применять свои теоретические математические знания на практике.

В зависимости от особенностей восприятия информации, связанных с разными органами чувств, условно разделяют следующие типы людей [2, 4]:

– визуалы – люди, которые лучше воспринимают информацию, полученную с помощью зрения (визуально);

– аудиалы – те, кто лучше воспринимают звуковую (вербальную) информацию, то есть полученную через слуховой канал (аудиально);

– кинестетики – люди, воспринимающие большую часть информации через обоняние, осязание и с помощью движений;

– дискреты – отдельная группа людей, которые лучше воспринимают информацию через логические умозаключения, с помощью цифр и знаков.

Восприятие или перцепция (от лат. *perceptio*) – процесс приёма и усвоения информации, причем около 80–90 % информации усваивается визуальным путем [5].

В докладе на примере анализа квадратичной формулы Б. Введенского рассмотрена интерактивная визуализация разработанного автором доклада концептуально-иконографического метода анализа математических моделей, описывающих функционирование технических систем информационного обеспечения транспортных технологических процессов, применяемого при чтении лекций и проведении практических занятий по дисциплинам «Транспортные радиосистемы» и «Технологическая телефонная связь».

Список литературы

- 1 Использование инновационных и интерактивных методов обучения при проведении лекционных и семинарских занятий / С. В. Базелевич [и др.] // Наука Красноярья. – 2012. – № 4. – С. 103–113.
- 2 Денисенко, В. А. Инновационное направление развития современной науки об образовании / В. А. Денисенко // Инновации. – 2006. – № 3. – С. 5–11.
- 3 Симоненко, Н. Н. Управление образовательными услугами с применением инновационных методов обучения / Н. Н. Симоненко // Вестник Тихоокеанского государственного университета. – 2012. – № 2. – С. 201–206.
- 4 Шевчук, В. Г. Концептуально-иконографический метод анализа математических моделей как составляющая инновационного подхода в преподавании дисциплин специализации «Системы передачи и распределения информации» / В. Г. Шевчук // Материалы XX Междунар. науч.-техн. конф. «Современные средства связи». – Минск, 2015. – С. 306–307.
- 5 Восприятие информации человеком. Человеческое восприятие [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://mywebpro.ru/psihika/vospr-infor-chelov-chelov-vospr.html>. – Дата доступа : 17.06.2018.

УДК 378.14

ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ КАК ТЕНДЕНЦИЯ РАЗВИТИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

О. Н. ШЕСТАК

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Развитие предпринимательства в Республике Беларусь играет важную роль, так как способствует экономическому росту, созданию рабочих мест и реализации социальных целей. Большинство исследований показывают, что именно у молодых людей появляются предпринимательские наме-

рения и желание создавать и реализовывать собственные бизнес-идеи и бизнес-проекты. Таким образом, можно сказать, что именно в студенческие годы начинает складываться отношение к предпринимательству и выявляются склонности студентов к предпринимательской деятельности. Поэтому именно вузы играют важную роль в формировании у студентов понимания о необходимости создавать в будущем собственный бизнес. Именно вузы способны развивать у студентов навыки и компетенции, которые, в свою очередь, смогут способствовать формированию предпринимательских намерений и ранней предпринимательской активности.

В настоящее время предпринимательское образование стало одним из направлений государственной политики, и это подтверждается Государственной программой «Малое и среднее предпринимательство в Республике Беларусь на 2016–2020 годы», утвержденной постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 23 февраля 2016 г. № 149. Развитие молодежного предпринимательства, подготовка молодежи к реализации собственных предпринимательских проектов, увеличение количества молодых предпринимателей среди предпринимателей малого и среднего бизнеса Республики Беларусь, создание механизмов, стимулирующих предпринимательскую активность молодежи, входят в число приоритетных задач программы. И это требует трансформации образовательного процесса в учреждениях высшего образования.

Изучив публикации ведущих ученых, можно выделить ряд проблем, касающихся предпринимательского образования.

1 *Отсутствие целостной системы формирования предпринимательских компетенций в системе высшего образования.* Так, обучение предпринимательству осуществляется либо в форме дисциплины по выбору, либо в форме факультатива, либо в форме краткосрочных программ (курсов), организуемых бизнес-школами, бизнес-центрами, школами малого предпринимательства и т. п. Однако в учреждениях образования отсутствуют образовательные программы по предпринимательству как на уровне бакалавриата, так и на уровне магистратуры, что для развитых стран является неотъемлемой частью высшего образования.

2 *Предпринимательское образование в системе высшего образования сосредоточено, в основном, в блоке экономических специальностей.* Это чревато тем, что выпускники технических специальностей к моменту защиты дипломных проектов (выпускных квалификационных работ) не владеют основами предпринимательства, базовыми понятиями в экономике и, следовательно, не видят экономических перспектив своих разработок. Дипломные проекты выполняются согласно указаниям руководителя, где обосновываются только технические решения лишь на уровне затрат. Такая тенденция ведет к тому, что многие инженерные и научные идеи остаются нереализованными на коммерческой основе. И данную проблему, на наш взгляд, возможно решить в рамках университетского образования, а именно, разработать такие учебные программы, которые смогут объединить техническую сторону проекта с ее коммерциализацией. Одним из очевидных примеров такого симбиоза может служить компания Apple (США), где техническую составляющую проекта решал Стив Возняк, а коммерческую (доведение товара до потребителя) – Стив Джобс.

3 *Слабая вовлеченность студентов в предпринимательскую активность.* Так, подавляющее число университетских инициатив, связанных с предпринимательством, держатся на отдельных инициативных людях, а не на системной работе, которая бы являлась частью стратегии университета. И это несмотря на то, что на государственном уровне была поставлена задача развития предпринимательства в университетах. Университеты должны быть заинтересованы в реализации не только образовательной и научной, но еще и предпринимательской миссии. Именно предпринимательская инициатива является фактором экономического роста региона.

Таким образом, решение данных проблем возможно путем разработки и внедрения учебной программы, которая будет помогать студентам эффективно использовать свои знания, умения и навыки как для собственного профессионального и карьерного роста, так и на благо развития общества в целом, эволюции личных и социальных ценностей студентов. Обучение предпринимательству должно быть основано на формировании компетенций, которые предполагают обучение мотивации, менеджменту, лидерству, креативности, работе в команде, проведению презентаций, продажам, личностному развитию, предпринимательским навыкам. Как показывает практика, спрос на эти компетенции растет в динамично развивающейся экономике.

ОБЛАЧНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДЛЯ ДИСТАНЦИОННОГО КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ СТУДЕНТОВ

Т. Л. ШИНКЕВИЧ, Л. В. ШАРАЙ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Облачные технологии – один из ведущих трендов в мире IT на протяжении последних лет.

Облачные технологии предполагают удаленное хранение и обработку данных, удобный сетевой доступ к общему набору вычислительных и информационных ресурсов (сетям передачи данных, серверам, базам данных, приложениям, сервисам), которые могут быть оперативно предоставлены и освобождены по требованию пользователя.

В облачных технологиях вычислительные ресурсы и мощности предоставляются пользователю как интернет-сервис.

Используя облачные технологии, пользователь получает следующие преимущества облачных хранилищ и сервисов:

- возможность работы над каким-либо документом в практически любом месте и на любом устройстве;
- возможность организовать общий доступ к данным и последующую синхронизацию для нескольких пользователей, которые могут находиться в абсолютно любом месте и пользоваться разными устройствами;
- неограниченность свободного пространства для данных;
- удобную передачу данных;
- хранение копий важной информации.

В данный момент существует огромное количество программ, предоставляющих услуги облачных технологий: **Box.net, Microsoft OneDrive, iCloud Drive, Dropbox, Google Диск**.

Вместе с Google Диск, например, пользователь бесплатно получает 15 ГБ пространства для хранения фотографий и рисунков, текстовых документов и таблиц, аудио- и видеофайлов. Места хватит на всё! А если его не хватит, пользователь всегда сможет купить дополнительное пространство.

Файлы на Google Диск можно открывать со смартфона, планшета или компьютера. Поэтому где бы пользователь не оказался, файлы всегда будут с ним.

Средствами сервисов Google Диска можно выполнить разработку онлайн-опросов и тестов для дистанционного контроля знаний студентов.

Создавая электронную форму для онлайн-опроса средствами Google Формы, можно использовать различные типы вопросов:

- текст (предполагает ввод ответов с клавиатуры);
- один из списка (выбор одного ответа из списка);
- несколько из списка (выбор нескольких ответов из списка);
- выпадающий список;
- шкала;
- сетка;
- дата/время.

Создав форму опроса, можно задать настройки, позволяющие или запрещающие студентам:

- отправлять форму не более одного раза;
- изменять ответы после отправки формы (разрешение студентам впоследствии редактировать свои ответы);
- посмотреть другие ответы и сводные диаграммы (разрешение студентам после заполнения формы просмотреть сводку ответов);
- показывать ход выполнения (отображение в нижней части страницы индикатора заполнения формы);
- перемешивать вопросы (случайное перемешивание вопросов).

Также можно задать текст сообщения, который студенты увидят, ответив на все вопросы формы: Ответ записан.

Google сервис позволяет отправлять тестовые формы по электронной почте студентам, включив в форму тему и сообщение. При этом имеется возможность отправлять лишь ссылку на электрон-

ную форму и студенты, перейдя по ссылке, могут заполнять форму. Электронную форму можно опубликовать в социальной сети, разместить на сайте или в блоге.

Ответы автоматически сохраняются непосредственно в форме и доступны в виде сводки или CSV-файла. Дополнительно ответы можно хранить в электронной таблице новой или существующей, что позволяет просматривать ответы в хронологическом порядке по мере поступления и осуществлять их обработку.

Прием ответов может быть остановлен преподавателем, это ограничивает опрос по времени, а также студенту может быть дана только одна попытка заполнения формы теста.

Для участия в тестировании студенты должны научиться работать с браузером Google Chrome. Выполнять настройку загрузок, осуществляемых в браузере, создать свой аккаунт Google, научиться пользоваться сервисом Google Диск.

Google позволяет получить сводку по всем тестируемым студентам, а также по отдельным пользователям.

При использовании ресурса Google Диск была создана форма для проведения опроса среди студентов БелГУТа на знание среды Mathcad 15. Было предложено ответить на 11 вопросов по основным понятиям данной программы. По результатам опроса сформирована таблица результатов в MS Excel. Также Google Диск предоставил отчетную статистику, по которой можно судить о результатах тестирования (рисунок 1).

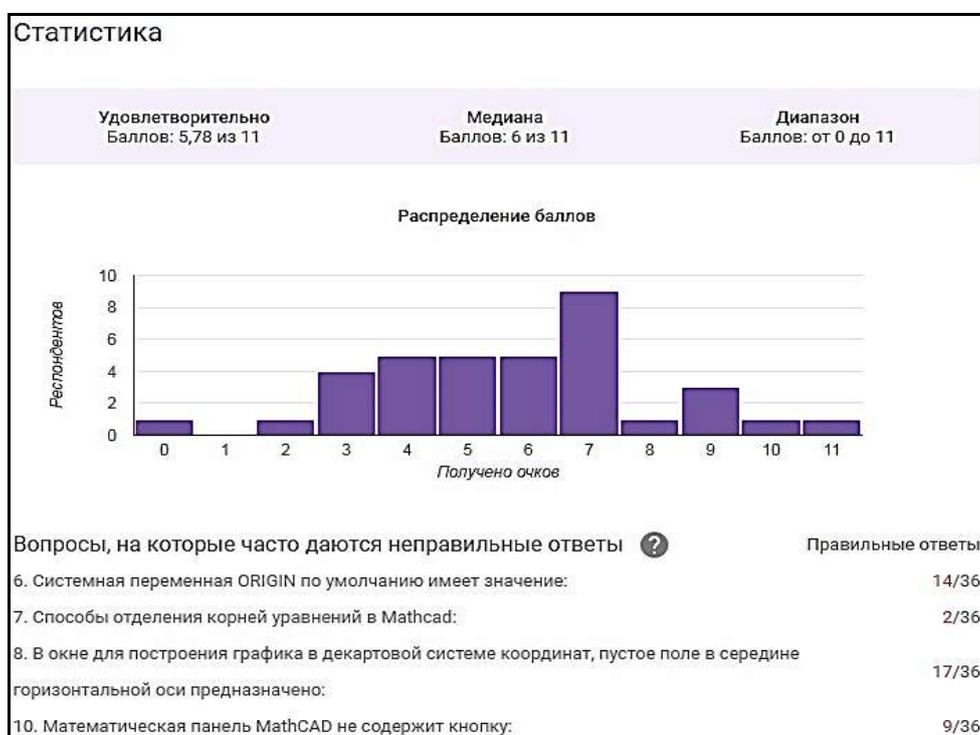


Рисунок 1 – Статистические данные по результатам тестирования

Всего в опросе приняли участие 36 студентов. Правильно ответил на все вопросы лишь один студент, одну ошибку допустил один студент. Остальные студенты совершили 2 и более ошибок. Также был такой случай, когда человек не смог дать ни одного правильного ответа. Данный факт свидетельствует о том, что студент плохо разбирается в данной теме и ему срочно необходимо подтянуть уровень своих знаний по соответствующим вопросам. По статистическим данным можно определить вопросы, на которые было дано наименьшее количество ответов. Это помогает определить преподавателю темы, которым необходимо уделить больше внимания.

Таким образом, главным дидактическим преимуществом использования облачных технологий в образовательном процессе является организация совместной работы преподавателя и студентов, что открывает новые перспективы, которые будут способствовать повышению эффективности учебного процесса и, следовательно, лучшему достижению цели обучения, поскольку облачные технологии являются доступными, удобными и высокотехнологичными. Облачные технологии предлагают альтернативу традиционным формам организации учебного процесса, создавая воз-

можности для персонального обучения, интерактивных занятий и коллективного преподавания. Внедрение облачных технологий не только снизит затраты на приобретение необходимого программного обеспечения, но и повысит качество и эффективность образовательного процесса, подготовит студентов к жизни в современном информационном обществе, поможет качественно и оперативно организовать методическую работу преподавателя.

УДК 821.161.3.09

КРЭАТЫЎНЫ І ВЫХАВАЎЧЫ ПАТЭНЦЫЯЛ ВЫВУЧЭННЯ БІАГРАФІЧНАЙ ПРОЗЫ Ў ТЭХНІЧНЫМ УНІВЕРСІТЭЦЕ

А. У. ЯРМОЛЕНКА

Беларускі дзяржаўны ўніверсітэт транспарту, г. Гомель

Развіццё сацыяльна, духоўна і маральна дасканалай крэатыўнай асобы прадугледжвае выкарыстанне найбольш эфектыўных падыходаў для паляпшэння сацыяльна-асобасных і метапрадметных кампетэнцый студэнтаў з мэтай іх пад'ёму на больш высокую ступень пазнання і творчай эвалюцыі. Пастанова Міністэрства адукацыі Рэспублікі Беларусь № 82 ад 15 ліпеня 2015 года [1], патрабаванні тыпавай вучэбнай праграмы па дысцыпліне «Беларуская мова (прафесійная лексіка)» [2] у тэхнічным універсітэце прадугледжваюць выхаванне грамадзянскай адказнасці і патрыятызму, што магчыма, у прыватнасці, з дапамогай выкарыстання біяграфічнай прозы беларускіх пісьменнікаў.

Выкарыстанне біяграфічных звестак з жыцця класікаў беларускай літаратуры, біяграфічных і аўтабіяграфічных твораў, іх лінгвістычнага і дыдактычнага патэнцыялу садзейнічае інтэграцыі моўнага і індывідуальнага падыходаў да зместу адукацыі, які павінен адпавядаць патрабаванням сучаснага грамадства. Біяграфічныя тэксты, у прыватнасці прысвечаныя жыццю і дзейнасці беларускіх пісьменнікаў, інжынераў, архітэктараў і інш., ілюструюць механізмы фарміравання і развіцця асобы чалавека. Характар і свядомасць такога чалавека раскрываюцца ў жыццёвых выпрабаваннях (Першая сусветная і Вялікая Айчынная войны, рэвалюцыя, калектывізацыя, індустрыялізацыя).

Наяўнасць вялікага аб'ёму імпліцытнай выхаваўчай інфармацыі з'яўляецца найбольш каштоўнай якасцю біяграфіі. Вывучэнне асобы беларускага спецыяліста-прафесіянала ў кантэксце прасторы і часу, сацыяльнага асяроддзя дае багаты матэрыял для самарэфлексіі, усведамлення маладым чалавекам свайго месца і ролі ў гісторыі. Узорам стварэння аксіялагічнай мадэлі паводзін для паслядоўнага самаўдасканалення чалавека можа служыць жыццё і творчасць Максіма Іванавіча Гарэцкага – пісьменніка, філосафа, грамадскага дзеяча, чарцёжніка (скончыў Горы-Горацкае каморніцкае вучылішча), каморніка (землямера) землеўпарадкавальных камісій. Асноўнай ідэяй грамадскай і творчай дзейнасці Максіма Гарэцкага з'яўляецца самаразвіццё і самарэалізацыя чалавека.

Аўтабіяграфічны, наватарскі тып героя, створаны пісьменнікам для таго, каб выказаць свае думкі, пачуцці і перажыванні, прадстаўлены як у апавяданнях пісьменніка: «У лазні» (1913), «Роднае карэнне» (1913), «У чым яго крыўда?» (1914), так і ў аповесцях «У чым яго крыўда?» (1925–1926), «Меланхолія» (1916–1921, 1928), «На імперыялістычнай вайне» (1926). Герой пісьменніка шмат працуе над уласнай адукацыяй і выхаваннем, пераадольваючы маральныя і матэрыяльныя цяжкасці, каб вучыцца і працаваць на карысць роднай краіны. Лёс інтэлігенцыі пачатку ХХ стагоддзя, даваеннае і ваеннае становішча беларускай вёскі пададзены ў апавяданнях і аповесцях Максіма Гарэцкага праз аналіз жыццёвага шляху аўтабіяграфічнага героя. Духоўныя перажыванні галоўнага героя дапамагаюць чытачу не толькі даведацца пра мінулае, але і пера-жываць разам з персанажам, фарміраваць погляды, характар, выхоўваць імкненне да добра і справядлівасці.

Празаічныя творы Максіма Гарэцкага ствараюць такія яскравыя малюнак, што выявы і вобразы выклікаюць зваротныя эмоцыі, садзейнічаюць глыбокаму самааналізу, развіццю самасвядомасці. Сіла мастацкага слова аказвае маральнае, эстэтычнае і выхаваўчае ўздзеянне на асобу, станоўча ўплывае на розум і пачуцці, узбагачае ўнутраны свет. Узнятыя пісьменнікам пытанні безумоўна ўплываюць на сучаснае станаўленне і фарміраванне асобы і грамадства. Створаны Максімам Гарэцкім вобраз маладога інтэлігента, які ўласнае жыццё прысвячае служэнню Радзіме і барацьбе за шчаслівую долю беларускага народа, можа служыць яскравым прыкладам для падрастаючага пакалення. Выпрабаванні, якія выпалі на долю героя-інтэлігента, прымушаюць задумацца над

уласным лёсам, цвяроза ацаніць падрыхтоўку да самастойнага жыцця і працы, вызначыць прыярытэтныя напрамкі самаразвіцця.

Творчасць Івана Пятровіча Шамякіна – пісьменніка, грамадскага дзеяча, акадэміка НАН Беларусі, які скончыў Гомельскі тэхнікум будаўнічых матэрыялаў, прысвечана апісанню жыцця і прафесійнай дзейнасці прадстаўнікоў многіх спецыяльнасцей. Адным з першых у беларускай літаратуры ён звяртаецца да адлюстравання працы і службовых абавязкаў архітэктара. Герой рамана Івана Шамякіна «Атланты і карыятыды» (1974) працуе галоўным архітэктарам беларускага абласнога цэнтра (магчыма, Гомеля), выкладае архітэктурную ў тэхнічным універсітэце. Вось як ацэньвае героя твора дачка Івана Шамякіна, літаратуразнаўца Т. І. Шамякіна: «Карнач са старонак рамана паўстае, безумоўна, як ідэальны архітэктар. Ён – арыгінальны мысляр, ён кантралюе забудову асобных раёнаў горада і падначальвае яе адзінай эстэтычнай задуме. Ён клапаціцца пра тое, каб кожны будынак, захоўваючы індывідуальнасць, не парушаў цэласны вобраз горада (канкрэтны горад у рамане не названы – адзін з беларускіх абласных, магчыма, Магілёў ці Гомель). Здзіўляе комплекс задач, якія прыходзіцца вырашаць герою. Задачы не надуманыя, а вельмі жыццёвыя. Нельга не ўбачыць, што Карнач – сапраўдны Творца, ад Бога: яго цікавіць, так бы мовіць, прырода архітэктурнай прыгажосці, ён імкнецца знайсці сваю універсальную формулу поспеху ў любімай справе. Яго клапаціў, у рэшце рэшт, чалавек – каб чалавеку было добра, утульна, прыемна жыць у доме, у раёне, у горадзе. Уражвае герой і сваёй эрудыцыяй – часта разважае пра творчыя манеры Ле Карбюзье, А. Німейера, Ф. Л. Райта. Трагічная дылема кнігі, на маю думку, заключаецца ў тым, што творчы чалавек, сапраўдны майстар, павінен, вымушаны займацца рукамі – спрацаваць з бюракратамі, выбіваць фонды, разменьваць сябе на дробязі. Але Шамякін лічыў падобнае спалучэнне – мастацкага таленту і прабійных здольнасцяў – неабходнай умовай для поспеху справы і яўна шкадаваў, што такіх людзей, падобных да Карнача, мала ў тагачаснай савецкай рэчаіснасці» [3, с. 65].

Максім Карнач, такім чынам, з’яўляецца дзейным і мэтанакіраваным чалавекам, якога хвалюе аблічча сучаснага горада, асяроддзе, у якім будуць жыць людзі. Галоўнага героя клапаціць эканамічныя і экалагічныя праблемы, таму ён выступае супраць размяшчэння на тэрыторыі горада хімічнага камбіната, бо гэта будаўніцтва створыць адмоўныя праблемы, найбольшая з якіх – забруджванне ракі. Як галоўны архітэктар Максім Карнач працягвае бескампраміснасць, паслядоўнасць у адстойванні сваіх пазіцый і поглядаў. Герой рамана – неардынарная, таленавітая асоба, чалавек гуманістычнага мыслення. Пісьменнік у вобразе Карнача стварае характар добрасумленнага спецыяліста, аднаго з сапраўдных прафесіяналаў, высокага сумлення, на якіх трымаецца будучыня дзяржавы. Наогул, раман «Атланты і карыятыды» Івана Шамякіна ў беларускай мастацкай прозе з’яўляецца адным з лепшых сацыяльна-псіхалагічных, інтэлектуальна змястоўных раманаў пра жыццё і прафесійную дзейнасць архітэктараў, які садзейнічае выбару будучай прафесіі, выхаванню патрыятызму і нацыянальнай самасвядомасці, фарміраванню грамадзянскасці, маральнай і эстэтычнай культуры.

Такім чынам, вывучэнне біяграфічнай прозы дапамагае рэалізацыі прыняцця персаніфікацыі, засваення каштоўнасці самаўдасканалення, пошуку творчага патэнцыялу асобы. Работа з кожным біяграфічным тэкстам прадугледжвае наступныя этапы: пошукі фактараў і стымуляў самаразвіцця, спасціжэнне індывідуальнасці пісьменніка, інжынера, архітэктара праз ключавыя моманты яго лёсу, выбар грамадзянскай пазіцыі і асэнсаванне ролі ў гістарычным працэсе. Такая работа, прадстаўленая ў выглядзе эсэ, рэфератаў, дакладаў, прэзентацый садзейнічае дасягненню мэты выхавання, якая прадугледжвае: фарміраванне грамадзянскасці, патрыятызму і нацыянальнай самасвядомасці; падрыхтоўку да самастойнага жыцця і працы; фарміраванне маральнай, эстэтычнай і экалагічнай культуры; культуры бяспекі жыццядзейнасці; авалоданне ведамі, каштоўнасцямі і навыкамі здаровага ладу жыцця; фарміраванне культуры сямейных адносін; стварэнне ўмоў для актуалізацыі прадпрыемальнасці, ініцыятывы, паспяховага самаразвіцця і самарэалізацыі асобы.

Спіс літаратуры

1 Концепция непрерывного воспитания детей и учащейся молодежи 2016–2020 годы [Электронный ресурс] : постановление М-ва образования Респ. Беларусь, 15 июля 2015 г. № 82 // ЭТАЛІОН. Законодательство Респ. Беларусь / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2018.

2 Беларуская мова (прафесійная лексіка) : тыпавая вучэб. праграма для выш. навуч. устаноў / склад. : М. Р. Прыгодзіч, Г. І. Кулеш, Н. П. Лобань ; пад рэд. М. Р. Прыгодзіча. – Мінск : РІВШ, 2008. – 28 с.

3 **Шамякіна, Т. І.** Архітэктурная ў жыцці і творчасці І. Шамякіна / Т. І. Шамякіна // Роднае слова. – № 1. – 2004. – С. 62–67.

10 ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОРГАНИЗАЦИИ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК

УДК 656.2

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ХАБЫ КАК ЭЛЕМЕНТ ТРАНСФОРМАЦИИ ТРАНСПОРТНО-ПЕРЕСАДОЧНЫХ УЗЛОВ В XXI ВЕКЕ

А. Н. БЕЛОУС

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Транспортно-пересадочный узел (ТПУ) – пассажирский комплекс, выполняющий функции по перераспределению пассажиропотоков между видами транспорта и направлениями движения. Как правило, ТПУ возникают в крупных транспортных узлах с целью оптимизации перевозочного процесса.

Сегодня транспортно-пересадочный узел – это один из основных элементов планировочной структуры города, в котором транспортная функция остается основополагающей, но не определяющей его пространственное содержание, что позволяет рассматривать и его коммуникационную, торговую, культурно-развлекательную и другие функции, способствующие трансформации ТПУ с учетом социально-культурологической направленности: культуры человека и общества, а также среды, отвечающей потребностям населения. В контексте вышесказанного необходимо создание информационных хабов (англ. «хаб» – центр сосредоточения), которые с технической точки зрения являются особым классом онлайн-информационных систем, обеспечивающих сбор разноплановых по типу и качеству информационных потоков. Эти потоки, «стекаясь» в одну точку и перераспределяясь там, расходятся дальше по различным направлениям. При построении таких распределительных схем учитывается географическая направленность маршрута следования, мощность пассажиропотоков и другие условия перевозочного процесса.

Создание информационных хабов позволит обеспечить концентрацию пассажиропотоков в транспортном узле и, как следствие, повысить рентабельность перевозок, увеличить количество направлений и маршрутов следования, а также координацию взаимодействия различных видов транспорта в узле за счет существенного уменьшения средней длины связей между элементами системы. Как отмечено ранее, информационные хабы являются разновидностью онлайн-информационных систем, отличающихся от традиционных более высоким уровнем организации децентрализованных входных и выходных потоков метаданных. Информационный хаб в транспортно-пересадочном узле на входе собирает в режиме онлайн от пассажиров метаданные заданных типов в определенной тематической области и хранит их в виде автоматически пополняемой структурированной базы данных, а на выходе предоставляет им онлайн-доступ к своей базе данных для извлечения и использования хранимых метаданных.

Рассмотрим формирование информационного хаба на примере железнодорожного вокзала г. Гомеля, где на сегодня имеются предпосылки для дальнейшей трансформации в информационный хаб-вокзал. В его сложившейся инфраструктуре активно используются площади как вокзала, так и прилегающей к нему территории, что делает их привлекательными для инвесторов в силу их транспортной доступности и высокой концентрации транспортных и пешеходных потоков вблизи данной территории. Железнодорожный вокзал традиционно пользуется популярностью у арендаторов как место с гарантированным большим пассажиропотоком. Еще одним немаловажным фактором, способствующим трансформации вокзального комплекса в информационный хаб, являются расположенные рядом гостиница, Дворец железнодорожников и автовокзал, которые также востребованы у населения города и туристов. Однако необходимо отметить, что на железнодорожном вокзале, как и на автовокзале, не имеется информации о видах транспорта, следующих по одному и тому же направлению. Такая несогласованность в работе снижает информационную обеспеченность пассажиров и создает дискомфортные условия для организации поездки.

Таким образом, как показал анализ, необходим мониторинг работы транспортно-пересадочных узлов с учетом их информационного оснащения, что позволит повысить качество обслуживания пассажиров на различных видах транспорта и обеспечить благоприятные условия для их дальнейшего взаимодействия. Формирование и развитие представленного направления позволит разработать единые методологические основы организации транспортного обслуживания на различных видах транспорта, обеспечивая при этом приемлемую конкуренцию между ними, и создания стимула для поиска новых технологий в сфере организации пассажирских перевозок.

Список литературы

- 1 Правдин, Н. В. Технология работы вокзалов и пассажирских станций / Н. В. Правдин, Л. С. Рябуха, В. И. Лукашев. – М. : Транспорт, 1990. – С. 319.
- 2 Правдин, Н. В. Пассажирские станции / Н. В. Правдин. – М. : Транспорт, 1973. – 272 с.
- 3 Правдин, Н. В. Взаимодействие различных видов транспорта в узлах / Н. В. Правдин, В. Я. Негрей. – Минск : Выш. шк., 1977. – 295 с.
- 4 Власюк, Т. А. Особенности моделирования транспортных систем / Т. А. Власюк // Проблемы безопасности на транспорте : тезисы докладов междунар. науч.-практ. конф. / под общ. ред. проф. В. И. Сенько. – Гомель : БелГУТ, 2012.
- 5 Развитие интеграции видов транспорта пассажирских перевозок в международном сообщении / А. А. Михальченко [и др.] // Вестник БелГУТа : Наука и транспорт. – Гомель, 2018. – № 1. – С. 48–52.
- 6 Власюк, Т. А. Разработка математических моделей взаимодействия видов транспорта в агломерации на основе метода технико-биологических аналогий / Т. А. Власюк // Вестник БелГУТа : Наука и транспорт. – Гомель, 2018. – № 1. – С. 90–94.
- 7 Власюк, Т. А. Моделирование взаимодействия железнодорожного и автомобильного транспорта по обслуживанию пассажиропотоков в крупных городах / Т. А. Власюк // Железнодорожный транспорт. – М : ВИНТИ. – 2013. – № 7.

УДК 339.138 :656.22.2

ЗНАЧЕНИЕ МАРКЕТИНГОВЫХ ИННОВАЦИЙ В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ

М. А. БОЙКАЧЕВ

Белорусский государственный университет транспорт, г. Гомель

Маркетинг представляет собой процесс планирования и воплощения замысла, ценообразования, продвижения и реализации идей, товаров и услуг посредством обмена, удовлетворяющего потребности отдельных лиц и организаций [3]. Современный маркетинг имеет довольно сложную структуру, в которой можно в качестве самостоятельной подсистемы выделить маркетинг инноваций. Маркетинг инноваций имеет дело только с новыми продуктами и новыми технологиями (операциями).

Маркетинговые инновации направлены на более полное удовлетворение нужд потребителей, открытие новых рынков сбыта с целью повышения объемов продаж, что является залогом успешного развития организации.

Само понятие «инновация» трактуется по-разному. Первоначально инновация – «создание нового». Под термином «инновация» в широком смысле принято понимать прибыльное использование нововведений, которые проявляются в виде новых видов продукции и услуг, технологий, социально-экономических и организационно-технических решений производственного, финансового, маркетингового, коммерческого, административного или иного характера.

С момента принятия к распространению «новшество» приобретает новое качество – становится «инновацией». Процесс выведения новшеств на рынок называется «коммерциализацией», а период времени между появлением новшества и его реализацией на рынке – «инновационным лагом». В основном, в маркетинге инновационная деятельность осуществляется по всему циклу отношений в цепи «производитель – покупатель».

В начале XX столетия получила развитие инновационная стратегия маркетинга, которая хорошо приспособлена к условиям новой электронной экономики. Однако эта проблема пока слабо изучена экономической наукой, что обуславливает актуальность данной темы и целесообразность проведения исследований в данном направлении.

Наиболее яркие образцы «новых идей» можно встретить в области применения высоких технологий, например, в сфере мобильной связи. На сегодня продажи в таких категориях, как потребительская электроника, индустрия моды, кинопроизводство, программное обеспечение и т. д., буквально стагнируют в отсутствии новых продуктов. Появление таких продуктов перестало быть результатом применения традиционного подхода, в котором инновации являются следствием выявления каких-нибудь еще неудовлетворенных потребностей целевых групп.

Инновационная стратегия маркетинга начинается с инновации, которая рождается вне зависимости от желаний и стремлений потребителей. Основной сферой приложения маркетинговых усилий становится приспособление продукта к пониманию и нуждам аудитории. Средствами продвижения инновации являются либо многобюджетные промоушен-кампании, либо «партизанский» маркетинг с точечным закреплением на рынке.

По мнению зарубежных экспертов, появление инновационной стратегии маркетинга является результатом комплексного воздействия сразу нескольких рыночных тенденций.

Опыт организаций по выявлению и определению путей мобилизации маркетинговых инновационных решений показал, что некоторые из них иногда выпадали из поля зрения высшего менеджмента в случаях, когда эта работа производилась без учета соответствующей научной и достаточно подробной классификации инноваций.

Маркетинговая инновация касается любого новшества, которое касается отдельных инструментов развития комплекса маркетинга или всего комплекса инструментария в целом. Интенсивность нововведения определяется новизной и технологичностью этапов внедрения, которые обеспечивают возможность получения минимальных рисков. Использование тех или иных критериев, групп, типов и факторов определяется целями и задачами конкретного исследователя.

Группа исследователей по психологии потребителей (Г. Фолксол, Р. Голдсмит, С. Браун) поставили вопрос о необходимости разграничивать понятия «инновация в маркетинге» и «новаторство потребителей», которые, в свою очередь, очень тесно связаны между собой.

Эта группа предлагает свой подход к критериям по классификации инноваций:

- первый тип инновации представляет собой репозиционирование продуктов в стадии зрелости, меняя при этом стратегии продвижения;
- второй тип – это устоявшиеся марки и товары, которые покупатель считает новыми, оригинальными или незнакомыми;
- третий тип – это продукты, старые для потребителя, но новые для организации;
- четвертый тип представляют обычные технологичные инновации.

Неверный выбор инновации обязательно дорого обойдется организации – это распыление ограниченных ресурсов; напрасно тратится ценное время; специалисты пренебрегают другими (перспективными) возможностями, стараясь минимизировать ущерб от неудачно выбранного варианта покорения потребителей своими товарами, услугами.

Инновационность маркетинга – это постоянный поиск и мониторинг изменений нужд и потребностей покупателя, что ведет к обновлению предлагаемого ассортимента, приданию товарам новых свойств [1]. Это нахождение новых способов удовлетворения потребностей с применением свежих форм коммуникаций и методов продаж.

Постоянное изменение внешней среды стало атрибутом жизнедеятельности организаций. В зависимости от того, как организации реагируют на постоянные изменения, насколько успешны поиски персонала, новых путей и средств завоевания и удержания потребителей, зависит их будущее, выживаемость и планомерное развитие. В современных условиях непрерывное внедрение инноваций – единственный способ поддержания высоких темпов развития организаций и их торговых марок.

Для предприятий Республики Беларусь внедрение инноваций является жизненно важной составляющей, которая в настоящее время переживает этап своего становления [2]. Для преодоления отставания в этой области предприятия должны пройти этап догоняющего развития, т. е. в короткие сроки сократить разрыв с зарубежными конкурентами, которые активно применяют инновационные подходы для повышения конкурентоспособности своей продукции, оптимизации расходов, увеличения прибыли.

Для дальнейшего совершенствования использования инновационного маркетинга для белорусских предприятий целесообразно следующее:

– при работе на внутреннем рынке включение в состав комплекса маркетинга корпоративной философии и бизнес-процессов, что позволит сохранить удобную для запоминания форму и представить концепцию marketing-mix в виде комплекса «7Р»;

– обеспечение выхода на внешний рынок, а также усиление позиций на нем, что вызывает потребность в понимании механизмов поведения покупателей и посредников, действий конкурентов и государственных организаций; эту потребность предприятий возможно восполнить благодаря бенчмаркетингу.

Таким образом, важной для белорусских предприятий является активизация инновационной деятельности в маркетинге, что позволит достичь конкурентных преимуществ не только в Республике Беларусь, но и за ее пределами.

Список литературы

1 **Арсенов, В. В.** Инновационная деятельность предприятий : учеб.-метод. пособие / В. В. Арсенов. – Минск : Акад. упр. при Президенте Респ. Беларусь, 2006. – 168 с.

2 **Руткевич, Е. В.** Особенности использования концепции маркетинга в управлении предприятиями Республики Беларусь / Е. В. Руткевич // Молодой ученый. – 2015. – № 2. – 315 с.

3 **Гольдштейн, Г. Я.** Маркетинг : учеб. пособие для магистрантов / Г. Я. Гольдштейн, А. В. Катаев. – Таганрог : ТРТУ, 2012. – 57 с.

УДК 339.138 :656.22.2

ЗНАЧЕНИЕ МАРКЕТИНГА В ПОВЫШЕНИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК НА ТРАНСПОРТЕ

Е. В. БОЙКАЧЕВА

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Маркетинг выступает как функция всякого коммерческого и некоммерческого субъекта хозяйствования, которая осуществляет деятельность на определенном пространстве (marketplace). Это научная дисциплина про бизнес, главным предметом которой является разработка программ привлечения и удержания потребителей (покупателей транспортной продукции) [2]. Поэтому одна из основных функций маркетинга на рынке транспортных услуг – понимание покупателей своих перевозок, работ и услуг, а также моделей их потребления. Маркетинг включает в себя:

- анализ состояния и динамики потребительского спроса на рынке транспортных услуг;
- выявление и изучение потребительских предпочтений;
- оценку внешней среды и уровня конкуренции на транспортном рынке;
- определение емкости рынка транспортных услуг населению и рыночной доли железнодорожного транспорта;
- проведение сегментации рынка, выявление существующих и перспективных сегментов рынка транспортных услуг населению;
- ценовую политику;
- развитие рекламной деятельности и стимулирование спроса на пассажирские перевозки;
- разработку и продвижение новых транспортных услуг населению.

Маркетинг рынка пассажирских перевозок на железнодорожном транспорте определяет комплексную систему организации перевозочного процесса, ориентированную на более полное удовлетворение постоянно меняющегося спроса на транспортные услуги и повышение рентабельности отрасли.

Под маркетинговым исследованием понимают систематический сбор, отображение и анализ данных по разным аспектам маркетинговой деятельности [4], т. е. маркетинговые исследования – это функция, которая через информацию связывает маркетологов с рынками, потребителями, конкурентами и другими элементами внешней среды маркетинга, поскольку предприятию нужно иметь информацию обо всех элементах внешнего окружения.

Понятие «маркетинговые исследования» гораздо шире, чем понятие «исследование рынка», несмотря на то, что исследования рынка во многом определяют ключевые аспекты маркетинговой

деятельности в целом: необходимость при организации маркетинговой деятельности отталкиваться от потребностей рынка и потребителей. Поэтому, учитывая специфику транспортной услуги, необходимо расширять круг маркетинговых исследований по следующим направлениям:

- исследование внутренней среды предприятия – для оценки возможностей предприятия разрабатывать и реализовывать мероприятия, которые признаны целесообразными в ходе анализа состояния целевого рынка;

- исследование «разрывов (разломов) обслуживания» между ожиданиями потребителей и их восприятием реальных услуг – для выявления причин удовлетворенности/неудовлетворенности пользователей услуг;

- исследование неудовлетворенного спроса – для удержания имеющихся клиентов и недопущения их перехода на другие виды транспорта.

Маркетинговые исследования пассажирских перевозок предусматривают систематический анализ рынка транспортных услуг населению и внешней среды для решения тактических и стратегических задач управления пассажирским комплексом железнодорожного транспорта. Принципиальной особенностью направленности маркетинговых исследований пассажирских перевозок является тот фактор, что спрос населения на транспортные услуги почти всегда является вторичной потребностью, которая служит для удовлетворения потребностей, имеющих более первичный характер (работа, учеба, отдых, лечение и др.) [1]. В связи с этим при анализе потенциала рынка транспортных услуг обязателен учет изменения первичной потребности в зависимости от уровня социально-экономического развития региона и дифференциации образа жизни проживающего в нем населения. Обязательным направлением маркетинговых исследований пассажирских перевозок является составление характеристики рынка транспортных услуг населению.

К основным мероприятиям по формированию спроса и стимулированию сбыта транспортных услуг в области пассажирских перевозок можно отнести непосредственно рекламу, мероприятия поддержки сбыта – «сейлз промоушн» (деятельность по реализации коммерческих и творческих идей, стимулирующих спрос пассажиров на перевозки и сопутствующие услуги) и работу с общественностью – «паблик рилейшнз» (формирование благожелательного отношения общественности к деятельности компании в сфере пассажирских перевозок).

Конкурентоспособность железнодорожного транспорта может быть оценена на каждом конкретном направлении пассажиропотока соотношением «цена – качество». Для этого требуется информация о полной стоимости поездки, включая затраты, связанные с проездом, питанием, постельными принадлежностями, а также учитывающей систему скидок и льгот, предоставляемых различными транспортными компаниями [3]. Кроме того, на основе экспертных оценок специалистов или социологических исследований потенциальных пассажиров проводится ранжирование конкурентоспособности различных видов транспорта по уровню качества предоставляемых услуг.

Большой опыт в области стимулирования объемов пассажирских перевозок имеют железные дороги стран Европы. Предоставление скидок за одновременное приобретение билетов «туда» и «обратно», за покупку не менее определенного количества билетов, при предъявлении определенного количества уже использованных билетов и другие мероприятия по поддержке сбыта приводят к повышению спроса на железнодорожные пассажирские перевозки.

В Республике Беларусь к основным мероприятиям по формированию спроса и стимулированию сбыта транспортных услуг в области пассажирских перевозок можно отнести развитие системы продажи билетов через Интернет с функцией показа графических схем вагонов с возможностью выбора по ним мест при покупке билетов на сайте (для вагонов СВ, купейных, плацкартных), предлагается услуга приобретения билетов в международном сообщении со странами Европы по глобальным ценам.

Для повышения уровня доступности транспортных услуг планируется дальнейшее совершенствование системы электронных продаж проездных документов, развитие технологий дистанционного оформления билетов и автоматизированных систем, внедрение дополнительных мультимедийных сервисов на основе технологии Wi-Fi на вокзалах и в поездах. В целях автоматизации процессов оформления проездных документов проводится работа по внедрению на Белорусской железной дороге сети платежно-справочных терминалов самообслуживания для реализации проездных документов на поезда региональных линий эконом класса и городских линий по банковским платежным карточкам.

Таким образом, маркетинг пассажирских перевозок – это, прежде всего, принятие эффективных управленческих решений, позволяющих привлечь к железнодорожному транспорту необходимый пассажиропоток за счет конкурентоспособной тарифной политики и предоставления населению творчески продуманных транспортных услуг требуемого объема и уровня качества, соответствующего развитию современной экономики.

Список литературы

- 1 Аксенов, И. М. Маркетинг пассажирских перевозок : учеб. пособие / И. М. Аксенов. – Киев : Основа, А42, 2016. – 212 с.
- 2 Дробышева, Л. А. Экономика, маркетинг, менеджмент : учеб. пособие / Л. А. Дробышева. – 4-е изд. – М. : Дашков и К, 2016. – 152 с.
- 3 Илловайский, Н. Д. Сервис на транспорте (железнодорожном) / Н. Д. Илловайский, Н. С. Киселев. – М. : Маршрут, 2003. – 585 с
- 4 Сафронова, Н. Б. Маркетинговые исследования : учеб. пособие / Н. Б. Сафронова, И. Е. Корнеева. – М.: Дашков и К, 2013. – 296 с.

УДК 656.022: 656.224

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ОРГАНИЗАЦИИ ДИАМЕТРАЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ В МОСКОВСКОМ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ УЗЛЕ

Р. Л. БРАНЗИА, Н. В. ФИЛАРЕТОВА, К. Ю. НИКОЛАЕВ, И. Ф. МУСТАФИН
АО «Институт экономики и развития транспорта», г. Москва, Российская Федерация

В Москве, как и в большинстве крупных мегаполисов, наряду с внутригородскими передвижениями огромное значение имеют передвижения жителей между городом и тяготеющим к нему пригородом. Наложение пригородных пассажиропотоков на городские в интенсивные часы определяет потребность города в средствах массового перемещения по каждому из возможных направлений внутри города и пригородных зон, в особенности в направлениях от железнодорожных вокзалов.

Одной из основных предпосылок возникновения высокой загрузки железнодорожного транспорта Московского региона является дисбаланс районов проживания населения на периферии и мест приложения труда в центре Москвы. Создание новых жилых районов внутри г. Москвы и на территории Московской области, строительство крупных бизнес-центров, а следовательно, увеличение маятниковой (рабочей) миграции населения, недостаточная провозная способность улично-дорожной сети (темпы развития которой не соответствуют темпам развития региона), отсутствие системного подхода в вопросах автомобилепользования – всё это скажется на усложнении транспортной ситуации в Московском регионе в краткосрочной и долгосрочной перспективе.

Кроме того, большое значение имеет недостаточная обеспеченность жилой застройки потребительскими услугами (бытовым обслуживанием, розничной торговлей и общественным питанием, инфраструктурой культуры и досуга) во многих районах Московского региона по сравнению с центром Москвы (в среднем периферия в 3 раза менее обеспечена розничной инфраструктурой, чем центр) и др. При этом в перспективе до 2035 г. прогнозируется рост населения Московской агломерации на 17,5 %.

В Московском регионе осуществляется более 50 % от общесетевых объемов пассажирских перевозок в пригородном сообщении и около 23 % от пассажирских перевозок в дальнем следовании. Ежедневно в регионе услугами железнодорожного транспорта пользуются в среднем до 1,5 млн чел.

В системе межрегиональных и международных перевозок Московского транспортного узла важную роль играет воздушный транспорт. Московский авиатранспортный узел, в состав которого входят аэропорты Внуково, Домодедово, Шереметьево, является воздушными воротами России и важным связующим узлом внутренних воздушных линий России и международных авиалиний. На долю аэропортов Московского авиатранспортного узла приходится около 50 % пассажирских перевозок воздушным транспортом России.

Обеспечение жителей агломерации удобным, быстрым и беспересадочным сообщением с важнейшими районами города является одним из остро стоящих вопросов развития мегаполиса. С целью улучшения транспортной ситуации в Московском регионе в настоящее время всё чаще акцентируется внимание на особой значимости создания альтернативных транспортных решений. Наряду со строительством новых линий и станций метрополитена, обновлением парка подвижного состава наземного городского пассажирского транспорта и созданием выделенных полос для ускорения и повышения предсказуемости его движения, в Московском регионе уже на протяжении многих лет обсуждается вопрос преобразования пригородного железнодорожного сообщения в пригородно-городское.

Примером успешного проекта реализации городского сообщения с использованием железнодорожной инфраструктуры Московского транспортного узла может послужить запуск пассажирского движения по Московскому центральному кольцу, который состоялся 10 сентября 2016 г. Реализация проекта позволила создать современную городскую пассажирскую транспортную систему, разгрузить метрополитен и наземный транспорт, сформировать новый пересадочный контур, улучшить транспортную доступность в районах города. Прилегающие городские районы получили новый импульс к развитию.

В связи с вышеизложенным наиболее целесообразным решением проблемы обеспечения потребности населения в транспортных услугах внутригородского и пригородного железнодорожного сообщения является организация сквозных железнодорожных диаметров на базе существующих железнодорожных направлений Московского транспортного узла.

Диаметры – это железнодорожные линии, проходящие через центральные районы города и соединяющие пригородные участки магистральных железных дорог противоположных направлений.

Основными целями реализации проекта Московских центральных диаметров (МЦД) являются:

- интенсификация использования внутригородских железнодорожных линий;
- привлечение дополнительного пассажиропотока на железнодорожный транспорт;
- сокращение нагрузки на метрополитен и улично-дорожную сеть;
- сокращение нагрузки на головные станции радиальных направлений;
- обеспечение комфортного перемещения пассажиров между отдельными районами города;
- обеспечение доставки пассажиров из городов-спутников в центр города;
- обеспечение потребности в перемещении между городами спутниками.

Для определения основных параметров предполагаемых диаметральных связей разработана Технико-экономическая оценка I этапа развития Московских центральных диаметров, которая предусматривает организацию пригородно-городского пассажирского сообщения по двум первоочередным маршрутам с запуском в 2019 г.:

- МЦД-1 «Одинцово – Лобня»;
- МЦД-2 «Подольск – Нахабино».

В результате расчетов определены перспективные пассажиропотоки в поездах на маршрутах МЦД-1 и МЦД-2 – суммарно около 38 млн пассажиров в год (19,3 млн пас. – МЦД-1, 18,6 млн пас. – МЦД-2).

На перспективу до 2019 года для освоения перспективного пассажиропотока, предусматривается курсирование в сообщении Подольск – Нахабино 103 пар поездов в сутки максимальных перевозок при интервале движения поездов 12 минут; в сообщении Одинцово – Лобня 83 пар поездов в сутки при интервале движения 15 минут.

При этом на головных участках Смоленского, Савеловского, Курского и Рижского направлений размеры движения пригородно-городских поездов возрастут более чем на 44–104 %.

Развитие диаметральных маршрутов городского железнодорожного сообщения Московского транспортного узла, соединяющих Смоленское и Савеловское направления на участке Одинцово – Лобня, Курское и Рижское направления на участке Подольск – Нахабино предусматривает ряд мероприятий по усилению мощности железнодорожной инфраструктуры на I этапе реализации проекта:

- реконструкцию конечных станций МЦД Одинцово, Лобня, Подольск и Нахабино для организации оборота пригородно-городских электропоездов в части устройства дополнительных зонных путей и путей для ночного отстоя электропоездов;
- строительство пунктов смены локомотивных бригад.

Также определены и предусмотрены в инвестициях мероприятия по развитию пассажирской инфраструктуры и повышению качества обслуживания пассажиров:

- строительство новых остановочных пунктов;

- оборудование остановочных пунктов системами информирования пассажиров;
- оборудование остановочных пунктов навесами и погодными модулями;
- строительство (реконструкция) разноуровневых пешеходных переходов;
- оснащение остановочных пунктов инженерно-техническими средствами для обеспечения транспортной безопасности.

По итогам реализации представленного ряда мероприятий удастся сократить время следования электропоездов между конечными пунктами до 1 ч 19 мин на МЦД-1 и 1 ч 57 мин на МЦД-2. В сочетании с регулярностью тактового движения и удобством пересадок это позволит привлечь новых пассажиров на железнодорожный транспорт и повысить качество предоставляемых транспортных услуг.

Дальнейшие разработки по развитию диаметрального движения предусматривают поэтапное расширение маршрутной сети пригородно-городских поездов с оптимизацией технико-технологических показателей и усиленной интеграцией в транспортную систему города Москвы и Московской области.

УДК 656.224

МУЛЬТИМОДАЛЬНЫЕ ПАССАЖИРСКИЕ ПЕРЕВОЗКИ В УСЛОВИЯХ РАЗВИТИЯ СКОРОСТНОГО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

С. П. ВАКУЛЕНКО

Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва

А. К. ГОЛОВНИЧ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Привлекательность железнодорожного транспорта как эффективного способа поездки, в полном объеме удовлетворяющего потребности пассажиров, неуклонно будет увеличиваться при возрастании скоростей движения пассажирских поездов. Особое развитие получают дальние маршруты следования на 1000 км и более с эффективным временем в пути до 10 часов. В ближайшей перспективе будут подготовлены проекты скоростных железных дорог целого ряда направлений от Москвы на юг, восток и запад Российской Федерации. Особое внимание при разработке проектов уделяется повышенному комфорту для пассажиров и гарантированной безопасности поездки, что в настоящее время является одним из определяющих требований и существенных условий стабильной востребованности услуг железнодорожного транспорта. Особый комфорт предполагается обеспечить посредством включения в состав поездов бизнес-вагонов с уютными и комфортабельными купе для деловых встреч и переговоров во время движения. При организации специализированных туристических маршрутов в скоростных поездах будут работать профессиональные гиды, предоставляющие пассажирам интересную и полезную информацию об исторических объектах, которые предстоит посетить. На станциях назначения в пересадочных узлах строго по согласованному расписанию к моменту прибытия скоростного поезда будут работать все городские виды транспорта и такси. В крупных городах маршруты наземных видов транспорта и метрополитена будут работать с большей интенсивностью именно ко времени прибытия скоростных пассажирских поездов.

Предполагается проведение значительных реконструктивных работ по переустройству пересадочных узлов на станциях отправления и назначения скоростных поездов. Данная мера направлена на повышение безопасности и надежности обслуживания пассажиропотоков. Все пересадочные узлы станций зарождения и погашения пассажиропотоков скоростных поездов будут развиваться во многих уровнях. Их этажность зависит от мощности обслуживаемых потоков пассажиров и особенностей взаимодействия различных видов пассажирского транспорта, участвующих в доставке пассажиров к скоростным поездам с нулевыми задержками и ожиданиями. В исключительных ситуациях предполагается задействовать резервные маршруты, способные по требованию оперативно доставить пассажиров наиболее срочных маршрутов (в аэропорт, на деловые встречи и др.).

Вылетные линии железнодорожных аэроэкспрессов повышенной комфортности будут курсировать между аэропортами и станциями отправления/назначения скоростных поездов. Таким образом, все меры по повышению эффективности взаимодействия различных видов пассажирского транспорта в условиях развития скоростного движения связаны с необходимостью обеспечения обслуживания более мощных пассажиропотоков, требующих больших площадей подхода к пересадочным пунктам для удобной развязки потоков, наличия развитой и надежной системы безопасности, предотвращающей различные конфликтные ситуации.

УДК 656.2.001.362

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДА ТЕХНИКО-БИОЛОГИЧЕСКИХ АНАЛОГИЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ВИДОВ ТРАНСПОРТА В АГЛОМЕРАЦИИ

Т. А. ВЛАСЮК

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Виды пассажирского транспорта в агломерации связаны воедино, и полнота взаимодействия может быть выявлена только при анализе их работы как единого целого. При этом необходимо учитывать, что в сложившейся практике они в большей степени не дополняют, а конкурируют друг с другом, а это свидетельствует об ограниченности ресурса, которым является пассажиропоток. Конкуренцию различных видов транспорта можно рассмотреть на примерах биологических систем (биоценозов), где наблюдается комменсализм, аменсализм, протокооперация и т. п. на основании метода технико-биологических аналогий.

Использование метода технико-биологических аналогий возможно, когда исследуемые процессы, равно как и биологические, формально представлены одинаковыми (или близкими) математическими моделями. При этом, если биологическая модель уже исследована, то вполне естественно использование полученных результатов для анализа рассматриваемого процесса. Например, так же как и в живой природе, организмы разного уровня развития и сложности по отношению друг к другу находятся в состоянии конкуренции, которая имеет различный характер, но не всегда враждебный. Иногда они даже поддерживают друг друга, что позволяет им выжить в непростых условиях существования и агрессивности внешней среды. Аналогичные процессы происходят при взаимодействии различных видов транспорта, которые конкурируют между собой за единый ресурс – пассажиропоток. Помимо этого, может быть использована некоторая наглядность, что также является немаловажным фактором при решении проблемных аспектов взаимодействия различных видов транспорта в агломерации (рисунок 1).

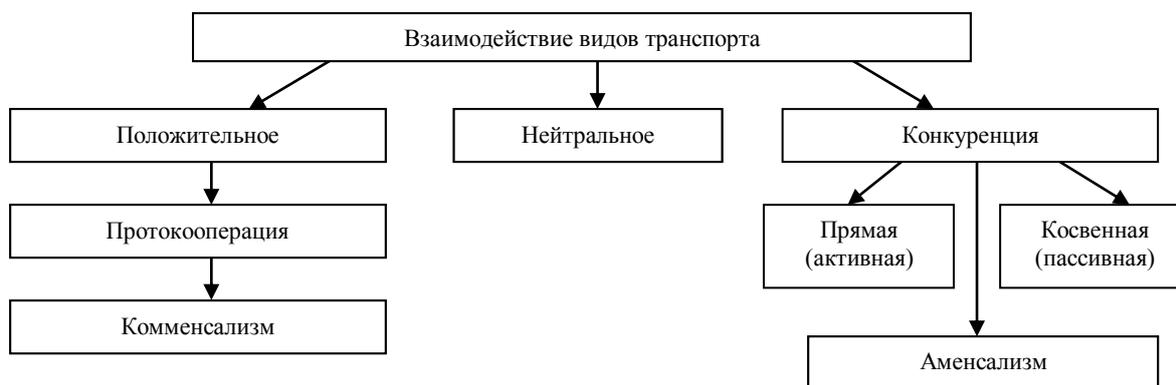


Рисунок 1 – Схема взаимодействия видов транспорта по аналогии с биологическими системами

Предложенный метод позволяет разделить сферы обслуживания пассажиров на различных видах транспорта, т. е. выполнить сегментацию в зависимости от их функциональных и технических параметров, выбранных для анализа, и определить, какие из них наиболее полно соответствуют в зависимости от конкретных условий (таблица 1).

Таблица 1 – Сегментация рынка транспортных услуг

Параметры	Виды транспорта	
	Автомобильный	Железнодорожный
Скорость доставки	Высокая	Средняя
Безопасность	Средняя	Высокая
Регулярность передвижения	Средняя	Высокая
Обеспечение комфорта	Среднее	Высокое
Период обслуживания	Ограниченный	Круглосуточный
Сегмент рынка пассажирских перевозок	Пригородные и городские перевозки	Региональные перевозки, дальнейшее сообщение

Как видно из таблицы 1, обслуживание пассажиров в различных сообщениях предполагает индивидуальный подход в организации основной услуги – перевозке массовых, социально значимых, платежеспособных пользователей, предоставление для них сопутствующих и дополнительных услуг, которые придают основной услуге большую привлекательность и способствуют лучшему обеспечению комфортности поездки и ее восприятию. Особенно большое значение сопутствующие и дополнительные услуги приобретают в настоящее время, что вызвано развитием рыночных отношений и усилением конкуренции на рынке транспортных услуг.

При этом сегментирование может быть полным или частичным и позволит:

- выполнить корректировку рынка транспортных услуг;
- определить характеристические особенности пассажиропотоков и установить, какие из них являются устойчивыми и поэтому более значимыми для разработки прогнозных показателей;
- выявить, как изменяются параметры пассажиропотоков при их освоении на различных видах транспорта.

Рассмотрение взаимодействия видов транспорта на основании метода технико-биологических аналогий позволяет избежать противоречий, нередко возникающих при моделировании их деятельности по обслуживанию населения в агломерации. При этом необходимо учитывать, что типы взаимодействия видов транспорта на различных этапах обслуживания населения нестабильны и могут меняться в процессе развития пассажирской транспортной системы.

Список литературы

- 1 Бугровский, В. В. Об аналогии явлений в жизни и технике с позиций информатики / В. В. Бугровский, А. С. Керженцев, А. Т. Мокроносов. – Пушино : ОНТИ ПНЦ РАН, 1990. – 19 с.
- 2 Варфоломеев, С. Д. Биокинетика / С. Д. Варфоломеев, К. Г. Гуревич. – М. : Фаир-Пресс, 1998.
- 3 Власюк, Т. А. Особенности моделирования транспортных систем / Т. А. Власюк // Проблемы безопасности на транспорте : тезисы докладов междунар. науч.-практ. конф. / под общ. ред. проф. В. И. Сенько. – Гомель : БелГУТ, 2012.
- 4 Власюк, Т. А. Моделирование взаимодействия железнодорожного и автомобильного транспорта по обслуживанию пассажиропотоков в крупных городах / Т. А. Власюк // Железнодорожный транспорт. – М. : ВИНТИ. – 2013. – № 7.
- 5 Введение в математическое моделирование транспортных потоков : учеб. пособие / А. В. Гасников [и др.] ; под ред. А. В. Гасникова. – М. : МФТИ, 2010. – 362 с.

УДК 656.2.001.362

РЕТРОСПЕКТИВА ФОРМИРОВАНИЯ И РАЗВИТИЯ НАУЧНЫХ ШКОЛ ГЕОГРАФИИ ТРАНСПОРТА В КОНТЕКСТЕ УРБАНИСТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В СЕРЕДИНЕ XIX – НАЧАЛЕ XXI ВЕКОВ

Т. А. ВЛАСЮК

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Оценка влияния урбанистических процессов на формирование и развитие городов-спутников и их транспортных связей будет недостаточной без анализа достижений научных школ по географии транспорта, явившихся основой для изучения миграционных процессов и их влияния на расселение населения, которое проявляется как позитивно, так и негативно, когда отсутствие дорог приводит к сокращению численности населения и, как следствие, изменению системы расселения в целом (таблица 1).

Таблица 1 – Характеристика научных школ географии транспорта

Временной период	Представители научных школ	Краткая характеристика
Немецкая школа (Verkehrsgeographie)		
1894 г.	А. Геттнер	Создание учения о географическом распространении транспортных явлений
1888 г.	Гётц	Введение термина «география транспорта» как науки об изучении расстояний на земной поверхности
1891 г.	Ф.Ратцель	Определение транспортных путей как средства политического влияния и стратегического инструмента государства
1897 г.	А. Геттнер	Введение понятия «Хинтерланд» (сухопутная зона тяготения к транспортному узлу) и «Форланд» (зона тяготения порта в акватории)
		Разделение географии транспорта на географию железных дорог, гужевого и водного транспорта, географию связи
1905 г.	К. Дове	Определение особенностей размещения транспорта отдельных стран
		Измерение плотности транспортной сети и изучение направления и величины грузовых потоков
		Составление карты плотности путей сообщения и эпюр грузопотоков, изохрон
1905 г.	Й. Матцнеттер	Изучение географии транспорта как транспортно-географического ландшафта, участка территории, где преобладают и концентрируются транспортные объекты и явления (горные перевалы, перешейки, проливы, городские агломерации, транспортные коридоры; горнопромышленные районы, сильно изрезанные транспортной сетью)
1909 г.	А. Вебер	Модель А. Вебера, основанная на понятии изодапан – линий, равных издержкам отклонения от оптимального положения предприятия, которые определяются такими факторами как рабочая сила, стоимость сырья и топливных ресурсов и транспортные затраты на их перемещение друг к другу
1930-е гг.	О. Блюм	Анализ особенностей размещения отдельных транспортных путей и потоков
		Изучение транспорта как элемента культурного ландшафта и районобразующего фактора
1933 г.	В. Кристаллер	Разработка «идеальной» модели расселения на равнине (теория «центральных мест» разных иерархических уровней с зонами тяготения)
1960-е гг.	Э. Нееф, К. Тролль, А. Тенсли	Теоретические обоснования ландшафтных исследований по территориальной организации
Французская школа (geographie de circulation)		
1903 г.	П. Видаль де ла Блаш	Анализ размещения связи, транспорта, сферы денежного обращения как части географии коммуникаций
1910–1930 гг.	Лартийё	Детальное описание французских железных дорог – трасс, сигнализации, уклонов и т. д.
	Брюн Ж.	Разработка принципов изучения географии человека по непродуктивному использованию человеком земли под жилища и дороги
	Р. Капо-Рэй	Изучение связи транспорта с природной средой и процессами заселения
1910-е гг.	Р. Клозье, М. Парде	Изучение транспорта в области географии обращения
		Изучение пассажиро- и грузопотоков как статичных объектов географии транспорта
1950-е гг.	П. Жорж	Классическая концепция каркаса территории (система городов как каркас территории)
Шведская школа		
1923 г.	С. Геер	Анализ системы расселения населения Швеции с учетом миграционных процессов
1960-е гг.	Г. Александерсон	Определение транспортно-коммуникационной функции как приоритетной среди характеристик города
Американская школа		
1930–1950-е гг.	Э. Ульман	Изучение грузопотоков на разных видах транспорта с составлением их карт и эпюр (в первую очередь – по железным дорогам)
		Определение типологии железнодорожных сетей и отдельных железнодорожных магистралей
		Изучение пространственных связей различных территорий (пространственного взаимодействия) через грузопотоки
		Изучение основных направлений и размеров авиаперевозок на внутренних линиях США

Окончание таблицы 1

Временной период	Представители научных школ	Краткая характеристика
1950–1970-е гг.	Э. Тааффе	Определение хинтерландов крупных аэропортов
		Географический анализ транспортных тарифов
		Оценка влияния природных условий на транспорт
		Оценка влияния транспорта на экономику районов и стран
		Трансформация американской школы в англо-американскую школу географии транспорта (переход к математическому моделированию и использованию методов математической статистики, теории графов, теории игр)
1960–1970-е гг.	А. Дж. Вильсон	Разработка энтропийной модели внутригородских поездок
	К. Канский	Определение индексов теории графов
1980–1990-е гг.	Т. Хегерstrand (Лундская школа)	Разработка модели пространственной диффузии транспортных явлений
		Гуманизация географии транспорта (изучение поведенческих аспектов людей на транспорте и формирование социальной географии транспорта)
Польская школа		
1960-е гг.	С. Березовский, Т. Лиевский	Региональная география транспорта
1980-е гг.	З. Хойницкий, Р. Доманьский	Применение методов и моделей пространственного анализа с использованием информации о транспорте Польши
	З. Тайлор, М. Потрыковский, Т. Коморницкий	Разработка анизотропной модели транспортных систем
Российская школа		
1920-е гг.	С. В. Бернштейн-Коган	Анализ экономических факторов формирования транспортных сетей и потоков
1930-е гг.	Н. Н. Колосовский	Проведение технико-экономических расчетов и обоснование трасс отдельных магистралей и дорог
1940–1950-е гг.	И. В. Никольский	Изучение связей транспорта с хозяйством экономического района и рассмотрение транспорта как элемента экономического района и территориально-производственного комплекса
1960-е гг.	О. А. Кибальчич	Изучение основных пассажиропотоков на железнодорожном транспорте
1960–1970-е гг.	Л. И. Василевский	Введение понятий «Транспортная система», «Показатель густоты транспортной сети»
1970-е гг.	И. И. Белоусов	Районирование и рационализация грузовых перевозок, экономическое районирование, исходя из транспортных предпосылок
1970-е гг.	Н. П. Каючкин	Анализ основных этапов транспортного освоения новых районов Сибири
1970–1980-е гг.	П. М. Полян	Определение особенности размещения транспортных полимагистралей и их типов
		Разделение географии транспорта на общую, видовую (по видам транспорта) и региональную
1970–1980-е гг.	Ю. Д. Кузнецов, Г. П. Кобылковский	Разработка методики планирования транспортной сети для пассажирских перевозок в экономическом районе
1970–1980-е гг.	Г. А. Гольц	Исследование взаимосвязи расселения и транспорта с установлением константы пространственной самоорганизации населения (временные пределы поездок людей, которые характерны для систем расселения разного ранга иерархии)
1990-е гг.	С. Б. Шлихтер	Определение основных тенденций изменения мировой транспортной системы
1990–2000-е гг.	В. Н. Бугроменко	Применение количественных методов для изучения транспортных объектов (разработка методики оценки интегральной транспортной доступности территории)
2000-е гг.	Н. Ф. Голиков, В. П. Дронов	Рассмотрение инфраструктуры как имобильной части основных фондов

Анализ таблицы 1 показал, что география транспорта – широкое понятие, которое охватывает такие направления исследований, как:

- географическое распределение транспортных процессов и анализ их различий;
- устройство транспортных сетей и географические направления перевозок, расстояния, изохроны и географическое распределение отдельных видов транспорта, влияние на них физико-географических факторов;
- транспортные ландшафты и транспортные районы;
- пространственные структуры транспорта на земной поверхности;

- транспортные пространства, линии, их трассы и потоки;
- закономерности размещения транспорта и его региональные различия.

Таким образом, можно сказать, что география транспорта изучает внутреннюю морфологию и функции территориальных транспортных систем и транспортно-географические отношения, объясняет особенности размещения транспорта в разных странах и регионах, исследует закономерности пространственной самоорганизации транспорта на земной поверхности.

Список литературы

- 1 **Alexandersson, G.** World shipping. An economic geography of ports and seaborne trade / G. Alexandersson, G. Norstrom. – New York – London : John Wiley & Sons ; Stockholm – Göteborg – Uppsala : Almquist & Wibsell, 1963. – 507 p.
- 2 **Дове, К.** География путей сообщения / К. Дове. – М. : Транспечать, 1924. – 7 с.
- 3 **Domansky, R.** Zespoly sieci komunikacyjnych / R. Domansky. – Warszawa : PWN, 1963. – 110 s.
- 4 **Taaffe, E. J.** The air passenger hinterland of Chicago. A dissertation / E. J. Taaffe // The University of Chicago, Department of Geography. – Research Paper No. 24. – Chicago, 1952. – 161 p.
- 5 **Taaffe, E. J.** Geography of Transportation / E. J. Taaffe, H. L. Gauthier, M. E. O’Kelly. – New Jersey : Prentice Hall, 1996. – P. 422.
- 6 Мировая урбанизация: географические проблемы / под ред. Ю. Л. Пивоварова, О. В. Грицай. – М. : Московский филиал Географического общества СССР, 1989. – 118 с.
- 7 **Шлихтер, С. Б.** Транспорт: компонент географического разделения труда и фактор интеграции / С. Б. Шлихтер // Социально-экономическая география зарубежного мира / под ред. В. В. Вольского. – М. : Дрофа, 2001. – С. 153–164.

УДК 656.224

ОЦЕНКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК

В. Г. ГИЗАТУЛЛИНА, В. А. ГИЗАТУЛЛИНА

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

И. В. АВРАМЕНКО

Белорусская железная дорога, г. Могилев

Сокращение транспортных затрат – важнейшая современная экономическая проблема железной дороги. В рыночных условиях затраты железной дороги зависят не только от внутриотраслевых производственно-экономических показателей, но и от показателей внешней среды: конъюнктуры транспортного рынка, в свою очередь зависящей от многих факторов и показателей, в число которых входят объем перевозок, эксплуатационные расходы, тарифы, качество транспортного обслуживания, сроки доставки и др.

Эксплуатационные расходы являются одним из важнейших оценочных показателей работы железнодорожного транспорта. В них отражаются спрос и предложение на перевозки, качество перевозочного процесса и транспортного обслуживания, транспортная политика государства, уровень цен на потребляемые ресурсы, условия перевозки и многие другие факторы.

Острая конкуренция железнодорожного с другими видами транспорта за объем перевозок, продолжающийся рост цен на все виды ресурсов ставит проблему совершенствования и нормирования расходов в число важнейших экономических проблем железнодорожного транспорта. Необходимость привлечения дополнительных объемов перевозок и снижения показателей себестоимости для обеспечения устойчивого финансового положения железной дороги является важнейшим резервом роста прибыли и повышения рентабельности перевозок, от которого зависит развитие и других отраслей экономики.

Важным направлением повышения эффективности работы и конкурентоспособности железнодорожного транспорта является обеспечение высокого качества транспортного обслуживания клиентуры, расширение рынка транспортных услуг, продвижение их на международный рынок, снижение величины себестоимости перевозок за счет оптимизации технологических процессов и использования инновационных подходов в организации перевозок.

Социальная направленность в развитии экономики государства предопределяет важность для железной дороги организации пассажирских перевозок, повышения качества их осуществления при одновременном снижении себестоимости пассажирских перевозок и их доступности для населения.

Анализ последних тенденций в развитии пассажирских перевозок в республике указывает на снижение их объемов, а в структуре пассажирооборота выделяется приоритет железнодорожного транспорта на международных и межрегиональных маршрутах. Сокращение спроса на услуги

пассажирского транспорта объясняется непропорциональным сокращением реальных доходов населения по отношению к росту тарифов.

Следует отметить, что для железной дороги данный вид деятельности является убыточным и перекрывается за счет грузовых перевозок. Принцип эффективности управления предопределяет поиск резервов для возможного сокращения имеющихся потерь и сокращения убыточности. При этом необходимо, чтобы определяющим элементом в системе управления стало получение необходимой информации о произведенных затратах по пассажирским перевозкам всеми подразделениями железной дороги. Особенности технологии осуществления перевозки пассажиров определяют целесообразность использования на железной дороге попроцессного метода учета затрат и калькулирования себестоимости, необходимым условием которого является регламентация расходов по каждой технологической операции единого технологического процесса перевозки, что возможно на базе разработанной Номенклатуры расходов. Именно наличие информации о расходах подразделений железной дороги в разрезе выполняемых технологических операций, а также разработанные специальные расчетные методы (метод расходных ставок, метод непосредственного расчета по статьям затрат) позволят произвести стоимостную оценку:

- выполнения отдельных видов работ, оказания услуг;
- вариантов технологии продвижения поездов на отдельных маршрутах;
- организационных решений по внедрению инвестиционных проектов;
- оптимизации технологических процессов по отдельным отраслевым хозяйствам и др.

Для принятия эффективных управленческих решений по вышеназванным ситуациям рассчитанные оценочные параметры будут иметь первостепенное значение.

Учитывая важность качественным параметрам пассажирских перевозок, и прежде всего времени нахождения пассажира в пути, необходимо серьезно заняться логистикой организации перевозок пассажиров, что в конечном итоге позволит уменьшить затраты и повысить эффективность данного направления работы железной дороги.

Список литературы

1 Гизатуллина, В. Г. Методологические подходы к формированию расходов и показателей себестоимости услуг инфраструктуры железнодорожного транспорта : [монография] / В. Г. Гизатуллина, Н. В. Здановская. – Гомель : БелГУТ, 2013. – 247 с.

2 Номенклатура расходов Белорусской железной дороги : учеб.-метод. пособие / В. Г. Гизатуллина [и др.]. – Гомель : БелГУТ, 2016. – 189 с.

3 Гизатуллина, В. Г. Управление затратами на железнодорожном транспорте : [монография] / В. Г. Гизатуллина, О. В. Липатова. – Гомель : БелГУТ, 2008. – 352 с.

УДК 656.21

ТРЕХМЕРНАЯ ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ НА МОДЕЛИ ПАССАЖИРСКОЙ СТАНЦИИ

А. К. ГОЛОВНИЧ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Наглядное представление различных технологических операций по обслуживанию пассажиропотоков на пассажирской станции позволяет моделировать наступление различных нештатных ситуаций. Маршруты передвижения пассажиропотоков с вокзала и привокзальной площади на посадочные платформы, пересечение маршрутов с выбором эффективной схемы их развязки, минимизация ожиданий на платформах перед посадкой в поезда могут моделироваться на объектной 3D-реконструкции пассажирской станции. Реалистичное изображение перемещающихся пассажиропотоков позволяет анализировать состояние отдельных объектов по различным критериям, в том числе и с психологической точки зрения (наблюдаемая некомфортность пассажиров при пересечении потоков, большая плотность потока при посадке и высадке пассажиров с разных поездов на одной платформе и др.). Оценка эксперта, рассматривающего видеофрагменты модельного синтеза, позволит из нескольких вариантов организации обслуживания пассажиропотоков выбрать наиболее эффективный по некоторому комплексному критерию. Формирование блока исходных данных по размерам и маршрутам движения пассажиропотоков обеспечит конструирование соответствующей модельной видеокomпозиции, просмотр которой укажет на определённые узкие места.

Важно отметить особую роль модельного видеоконструктора пассажирской станции в настоящее время. В условиях повышенного внимания к безопасности работы пассажирских станций как объектам с высокой интенсивностью и плотностью движения пассажиров требуется принимать меры противодействия попыткам деструктивных элементов помешать нормальному функционированию станции, вокзала или привокзальной площади. Компьютерные инсталляции пассажирских станций позволят разработать надежные методики определения областей повышенного риска, исключения или минимизации условий возникновения очагов деструктивности, формирования «запасных коридоров», с помощью которых можно за минимальное время вывести людей из пораженного района. Модель в этом случае является наиболее удобной схемой воспроизведения различных нестандартных ситуаций с оценкой их последствий.

В настоящее время пассажирские станции развиваются как комплексные мегатранспортные структуры предоставления широкого спектра услуг, превращаясь в процессинговые центры, включающие в себя культурно-развлекательные и другие объекты. Их планировка, дизайн, удобные подъезды и парковки вместе с расширением номенклатуры типовых транспортных услуг пассажирской станции также рассматриваются как задача трехмерной модели. Визуализация преимуществ процессингового центра в трехмерных инсталляциях, работа проектировщиков с виртуальным образом формируемого комплекса усиливает эффект присутствия, обращает внимание на использование более выразительных средств архитектурного планирования и выполняет рекламную роль.

Реконструкция существующих пассажирских станций осуществляется в настоящее время с соблюдением целого ряда требований экологического, экономического и социального характера. Поиск комплексных проектных решений, в наибольшей степени удовлетворяющих таким требованиям, эффективно проводится с использованием 3D-технологий объектного информационного репродуцирования, не только отражающего реалистичный внешний вид станционных объектов, но и воспроизводящего соответствующие технологические операции.

УДК 656.2

БЮДЖЕТИРОВАНИЕ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

Т. В. ГОРЯИНОВА

Государственная администрация железнодорожного транспорта Украины, г. Киев

А. А. МИХАЛЬЧЕНКО

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Инновационная деятельность на железных дорогах Украины в последние годы несколько замедлилась, но продолжает осуществляться по ряду направлений: развитие железнодорожной инфраструктуры на основных направлениях страны для осуществления ускоренного движения пассажирских поездов между областными центрами и Киевом; обновление локомотивного парка с использованием современного опыта железных дорог ЕС и США; внедрение новых технологий поездной работы при выполнении смешанного движения грузовых и ускоренных пассажирских поездов по одним и тем же путям; внедрение нового формата пассажирских перевозок, популярного у населения страны.

Для реализации инновационной деятельности в современных условиях не достаточно простого кредитования в различных формах. Кредитные учреждения ЕС и США готовы инвестировать инновационную деятельность железных дорог Украины, при условии гарантий возврата оговоренных финансовых сумм. Для выполнения этого условия на железных дорогах большинства стран мира введено бюджетирование основной деятельности, так как инновационное развитие железных дорог проводится только в этой области. Это связано с участием железнодорожного транспорта на рынке транспортных услуг.

Наряду с инвестированием инновационной деятельности потребность в бюджетировании имеет другую функциональную направленность. Работа железнодорожного транспорта любого государства, в отличие от других видов деятельности, выполняется при взаимодействии всех его отраслевых предприятий по единому технологическому процессу. Она влияет на организацию управления экономической деятельностью, обуславливает организационную структуру железнодорожного транспорта и его предприятий и структурных подразделений, зависит от наличия ресурсов и эффек-

тивности их использования. В свою очередь в составе железных дорог процесс перевозок обеспечивают структурные подразделения, выполняющие отдельные функции в едином технологическом процессе перевозок и продукция которых может быть реализована только как составляющая продукции всего железнодорожного транспорта – законченного процесса перевозки грузов и пассажиров. При этом каждое структурное подразделение выполняет отдельные, присущие только ему функции в едином технологическом процессе перевозок и имеет свои расчетные показатели, которые используются при бюджетировании:

– *перевозчики*: 1) подразделения отраслевых хозяйств пассажирских и пригородных перевозок выполняют задачи перевозчиков пассажирского сектора деятельности ПАО «Укрзализныця» (далее – ПАО) по полному циклу обеспечения плацкарты (техническая эксплуатация пассажирских вагонов, электро- и дизель-поездов, подготовка и содержание поездных бригад), начально-конечных операций (комплекс вокзальных услуг). Используются два расчетных показателя: отправленный (перевезенный) пассажир и пассажиро-километр по видам сообщения; 2) подразделения хозяйства грузовой и коммерческой работы, для которых установлен расчётный показатель – количество перевезенных тонн грузов;

– *инфраструктурные*: 1) подразделения локомотивного хозяйства, которые обеспечивают технически исправным локомотивным парком и надежную работу локомотивов, выполнение текущих ремонтов и технического обслуживания локомотивов в соответствии с действующими правилами и положениями; 2) дистанции пути, которые должны содержать путь в таком состоянии, чтобы обеспечивать безопасное движение поездов с установленной скоростью; 3) дистанции автоматики и телемеханики, связи заинтересованы в современном техническом обслуживании и ремонте устройств железнодорожной автоматики и телемеханики, гарантирующих безопасность движения поездов; 4) дистанции электроснабжения, задачей которых является бесперебойное обеспечение электроэнергией всех потребителей; 5) станции различного уровня классности, которые формируют, принимают и отправляют поезда по расписанию, взимают плату за перевозку и формируют другие доходные поступления, которые являются источником финансирования отрасли.

Необходимо отметить, что все подразделения ПАО «Укрзализныця», как и в большинстве стран, не являются юридическими лицами и не ведут самостоятельный финансовый баланс. Их расходы финансируются в централизованно порядке, в том числе и инвестиции на инновационную деятельность. Структурные подразделения не в состоянии оценить в должной мере долю их участия в расходах и доходах ПАО. Это привело к тому, что значительная часть деятельности ПАО стала убыточной.

Эффективность экономической деятельности любого хозяйствующего субъекта ПАО напрямую зависит от соотношения доходов и расходов. Поэтому в рыночных условиях управлению доходами и расходами на железнодорожном транспорте должно уделяться особое внимание. Технологические особенности производственного процесса, каким является процесс транспортировки (выполнения работ и оказания услуг по перевозке пассажиров, грузового багажа и грузов) определяют специфические способы формирования и контроля доходов, расходов, финансирование структурных подразделений и осуществление расчетов между ними. При этом на железнодорожном транспорте выделяются такие особенности технологии работы и специфики реализации транспортной продукции, которые влияют на организацию контроля затрат и доходов. В результате в новых условиях хозяйствования, когда каждый вид деятельности подразделений ПАО должен быть окупаемым, обязательным являются сбалансированные расходы и доходы, получаемые по всем видам деятельности каждого подразделения.

Гарантом сбалансированности расходов и доходов для отраслевых подразделений, не являющихся юридическими лицами, является бюджетирование, построенное на новых принципах – без повторения бухгалтерской отчетности, в которой рассматриваются другие цели. Цель бюджетирования – сведение доходов и расходов к заданному уровню (дефицит или профицит) в процессе планирования расходов и доходов по видам деятельности всех подразделений ПАО в целом определение источников покрытия инвестиций инновационной деятельности, не затрагивая интересов обеспечения выполнения производственных процессов по основной деятельности. Цель бухгалтерского учета – фиксация по установленным формам номенклатуры статей бухгалтерского учёта правомочности расходов и доходов, стоимости основных средств (их наличие, убытие и поступление на баланс предприятий ПАО). Для бухгалтерского учёта инвестирование не рассматривается как часть управленческого учёта. Согласно сказанному выше бюджетирование – это целенаправленное планирование или прогнозирование финансовых потоков на железнодорожных предприятиях, получаемых от видов деятельности и использования человеческих ресурсов, технических устройств и технологий для получения конкурентоспособных транспортных услуг, при реализации которых

достигаются поставленные перед этим предприятием цели. Оно помогает принять взвешенные решения по первоочередному направлению финансовых ресурсов для создания стабильной ресурсной базы, с одной стороны, и мотивации труда персонала – с другой.

При формировании бюджетов структурных подразделений и ПАО в целом используются расчётные эксплуатационные показатели, по которым формируется тариф (доход за единицу), в том числе и отнесение инвестиций на единицу дополнительной транспортной услуги или выполненной на более высоком качественном уровне: от пассажирских перевозок (профильных и непрофильных услуг), выполнения начально-конечных операций, аренды вагонов и контейнеров, предоставления локомотивов и локомотивных бригад для выполнения поездной и маневровой работы, предоставления железнодорожной инфраструктуры для выполнения безопасных передвижений поездов и вагонов. В таком случае инновационная составляющая будет рассматриваться как часть транспортных услуг, выполняемых по прогрессивным технологиям по более высокой добавочной стоимости.

УДК 656.225.073.444

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОРГАНИЗАЦИИ ПЛОДООВОЩНЫХ ПЕРЕВОЗОК

Н. Н. ИБРАГИМОВ

Ташкентский институт инженеров железнодорожного транспорта, Республика Узбекистан

Узбекистан является одним из поставщиков свежих плодов и овощей на рынки стран СНГ и дальнего зарубежья. В настоящее время наметилась положительная тенденция роста объёмов перевозок плодов и овощей железнодорожным транспортом как внутри республики, так и за ее пределы.

Рост производства плодов и овощей в фермерских и дехканских хозяйствах, их мелкопартионность, дальнейшее углубление рыночных отношений в секторах экономики требуют пересмотра действующей технологии доставки продукции потребителям с сохранением при этом ее качества. Процесс доставки плодов и овощей потребителям, находящимся за пределами республики, усложнен ещё и тем, что между бывшими Союзными республиками появились таможенные со всеми вытекающими отсюда последствиями: таможенными процедурами, платежами, следовательно, и потерей времени на этих пунктах. В свою очередь, мелкопартионность отправляемого товара, требующего скорой доставки потребителю, существенно сократила возможности железнодорожного транспорта в удовлетворении требований клиентуры.

Технология перевозок плодов и овощей на протяжении нескольких десятков лет практически не менялась, хотя качество производимой продукции изменилось.

Прежние разработки по организации перевозок свежих плодов и овощей существовали для планового хозяйства, когда производитель и покупатель были прикреплены друг другу независимо от требований потребителя к качеству продукции. В результате значительная часть продукции терялась на стадии транспортировки.

Рыночные отношения обусловили ряд особенностей транспортировки вышеуказанных грузов:

- отгрузку осуществляют частные фирмы, компании и лица, порой не знакомые или слабо знакомые с правилами перевозок данных грузов;
- погрузка осуществляется по требованию клиента на большом числе станций, что усложняет поездную работу;
- погрузка груза в грузовое помещение вагона осуществляется вручную, что, порой, травмирует загружаемый груз;
- не соблюдается технология подготовки груза к отгрузке (предварительное охлаждение, сортировка, калибровка и т. д.);
- отсутствие норм загрузки на отдельные виды плодоовощей (бахчевые культуры) нередко становится причиной загрузки навалом, что становится причиной роста порчи.

К вышесказанному можно ещё добавить тот факт, что подвижной состав железнодорожного транспорта, призванный перевозить свежие плоды и овощи, имеет высокую степень износа. Это обуславливает нарушение температурного режима в пути следования груза, что приводит к порче продукции.

Загрузка свежих плодов и овощей в грузовое помещение вагона осуществляется без учёта его качества – биохимического состава и микробиологической обсеменённости, что также является причиной порчи продукции. Для сокращения микробиологической обсеменённости в настоящее

время на практике используют окуривание сернистым газом. Исследованиями учёных доказано, что сернистый газ проникает в верхние слои ягод.

В Ташкентском институте инженеров железнодорожного транспорта была предпринята первая попытка использовать для сокращения микробиологической обсеменённости поверхности плодов и овощей ультрафиолетовое облучение. Был проведен эксперимент с использованием вибростенда, имитирующего движение вагона в составе поезда. Однако единичные опыты не позволили разработчикам принять какие-либо решения о необходимости применения ультрафиолетового облучения с целью повышения стойкости плодов и овощей к транспортировке за счёт сокращения обсеменённости. Кроме того, на тот момент была слабо разработана методическая основа проведения ультрафиолетового облучения.

Для внесения дополнений в правила перевозок плодов и овощей необходимо вначале в стационарных условиях провести исследования, результаты которых должны быть проверены в эксплуатационных условиях, для чего необходимо провести опытные перевозки того помологического вида плодов и овощей, который прошел испытания в стационарных условиях. Лишь после этого в Правилах перевозок плодов и овощей могут быть внесены дополнения и изменения.

Для ускорения решения поставленных задач, сокращения объема опытных перевозок плодово-овощной продукции, во избежание риска снижения качества повагонных партий грузов при транспортировке и исключения применения метода проб и ошибок при оценке комплексного влияния транспортных факторов и содержания нитратов, тяжелых металлов (меди, цинка, свинца, ртути) на сохранность перевозимых грузов, исследования проводятся в два этапа.

На первом этапе проводятся стационарные исследования при моделировании транспортного процесса перевозки свежих плодовоовощей в рефрижераторных вагонах с использованием вибростенда-рефрижератора, конструкции ТашИИТ – холодильной камеры, установленной на вибростенд (рисунок 1).

Второй этап включает в себя эксплуатационную проверку предложенных рекомендаций по оценке влияния комплексных факторов на сохранность качества свежих плодовоовощей, путем проведения опытных перевозок в эксплуатационных условиях.

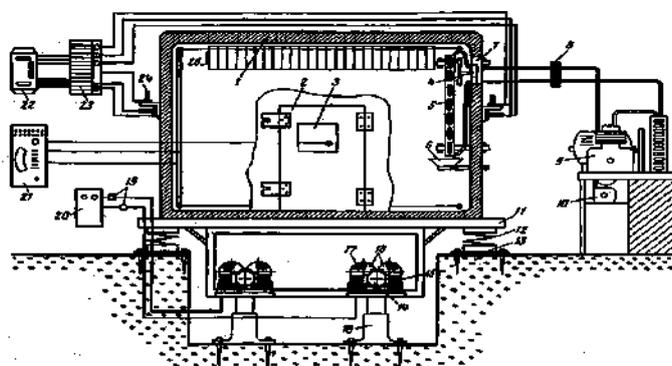


Рисунок 1 – Схема камеры-холодильника:

- 1 – каркас камеры-холодильника; 2 – дверной проем;
- 3 – смотровое окно двери; 4 – вентилятор;
- 5 – воздухоохладитель; 6 – устройство для удаления влаги при разморозке воздухоохладителя; 7 – вентиляционный люк;
- 8 – демпфер (успокоитель); 9 – холодильный агрегат;
- 10 – емкость для хранения фреона; 11 – рама вибростенда;
- 12 – мягкие элементы (пружины); 13 – опоры для пружины;
- 14 – электромотор, приводящий в действие вибраторы;
- 15 – рама вибратора; 16 – зубчатые колеса; 17 – дебалансы;
- 18 – опоры для электромотора; 19 – диодные мосты;
- 20 – латор; 21 – термостанция; 22 – светолучевой осциллограф НО41 УИ2; 23 – тензоусилитель ТУП-12;
- 24 – тензодатчики; 25 – датчики температуры

УДК 711.5

РОЛЬ ТРАНСПОРТНО-ПЕРЕСАДОЧНОГО УЗЛА «СМЫШЛЯЕВКА» В СИСТЕМЕ ГОРОДСКОГО ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА

С. А. ЛЕОНОВА

Самарский государственный университет путей сообщения, Российская Федерация

Проблема организации пассажирских перевозок в городском округе Самара является одной из наиболее актуальных. Качество жизни в мегаполисе определяется многими факторами, в том числе и уровнем развития транспортной инфраструктуры. Важно обеспечить жителей городской агломерации комфортными условиями поездки и пересадки с одного вида транспорта на другой, организовать доставку пассажиров с минимальными затратами времени и денег.

Городской пассажирский транспорт играет особую социальную роль. Его значение настолько велико, что от уровня развития сети общественного пассажирского транспорта зависит уровень развития города и региона в целом, благосостояние жителей и уровень жизни населения. Функция

городского пассажирского транспорта – перевозка пассажиров между центрами транспортного тяготения, то есть между жилыми комплексами, предприятиями, различными организациями, торгово-развлекательными центрами, культурными и спортивными учреждениями.

Система городского пассажирского транспорта в Самаре, как и в других городах России, нуждается в усовершенствовании. Существует проблема автомобильных «пробок» в зависимости от времени суток и дня недели. Имеют место значительные заторы на дорогах в часы пик, а также при въезде в город в воскресенье и понедельник, выезде в пятницу. Меры, которые предпринимаются администрацией города для развития транспортного комплекса, не решают проблемы транспортной доступности отдельных жилых районов [1, 2].

Для совершенствования системы городского пассажирского транспорта необходимо решить ряд задач:

- заменить подвижной состав и выполнить ремонт дорог;
- открыть новые маршруты городских электричек, скоростные трамвайные линии, линии метрополитена;
- сформировать транспортно-пересадочные узлы (ТПУ).

Намечен план создания системы пересадочных узлов в Самарском регионе [3], выделены первоочередные ТПУ: «Липяги», «Ягодная», «Смышляевка», «Красный Кряжок», «Пятилетка», «Кинель».

Особое внимание хотелось бы уделить транспортно-пересадочному узлу, формируемому вокруг станции «Смышляевка» (рисунок 1). По предварительным подсчетам этот ТПУ характеризуется значительным пассажиропотоком и имеет особое значение для организации пригородных перевозок.



Рисунок 1 – Транспортно-пересадочный узел, формируемый вокруг железнодорожной станции Смышляевка

Для эффективной работы узла и привлечения большего количества пассажиров необходимо:

- внедрить единый проездной билет;
- организовать комбинированные маршруты для доставки жителей ближайших поселков к станции Смышляевка;
- обеспечить удобные пешеходные подходы к пересадочному узлу с минимальными затратами времени;
- сформировать ТПУ «Смышляевка» как центр социальной активности с возможностью попутного обслуживания пассажиров объектами социальной инфраструктуры;
- согласовать расписание электричек с автобусными маршрутами, осуществить быструю и комфортную доставку пассажиров от места жительства к местам работы для жителей города Кинель, поселков Петра Дубрава, Стройкерамика, Смышляевка, Алексеевка и близлежащих районов (например, Кошелев Парка).

Организовав мультимодальные перевозки (автобус + электропоезд) по маршруту «Кошелев Парк – Станция Смышляевка – Кошелев Парк» [4], необходимо сделать возможным использование единого проездного билета (используя опыт зарубежных стран). Это приведет к тому, что жители микрорайона «Кошелев парк», поселков «Петра Дубрава» и «Стройкерамика» отдадут предпочтение именно этому маршруту для осуществления поездки в город, что уменьшит число «пробок» на дорогах за счет отказа от использования личных автомобилей в пользу городского общественного транспорта, снизит загруженность пригородных автобусных маршрутов.

Создание ТПУ «Смышляевка» и ТПУ «Кинель» позволит пассажирам быстро и комфортно добраться до Самары городской электричкой с дальнейшей пересадкой в ТПУ «Кировская» или ТПУ «Стахановская» на другие виды городского общественного транспорта. Поездка займет значительно меньше времени (даже с учетом пересадки), чем при использовании существующего пригородного маршрута 126. В ТПУ обязательно должны быть предусмотрены «перехватывающие парковки» для индивидуального транспорта. Сейчас электрички не пользуются должной популярностью из-за отсутствия удобной системы наземных и подземных пешеходных переходов между станцией железной дороги и автобусными остановками, станциями метро. Объекты торговли, зоны отдыха в ТПУ «Смышляевка» также будут стимулировать пассажиров к использованию системы городского общественного транспорта.

Что касается самих жителей поселка городского типа Смышляевка, то в результате опроса выяснено, что городские электрички пользуются меньшей популярностью, чем автобусный маршрут 124 и личный автотранспорт из-за отсутствия удобных подходов к железнодорожной станции, тротуаров. Сейчас этот вопрос решается местной администрацией, а вот вопрос создания полноценного, востребованного, многофункционального транспортно-пересадочного узла остается до сих пор открытым. Необходимо утвердить проект ТПУ с учетом существующего и ожидаемого пассажиропотока, взаимодействующих видов транспорта в узле, рассчитать необходимые параметры «перехватывающей» парковки, залов ожидания, зон торговли в зависимости от спроса.

Создание транспортно-пересадочных узлов решит ряд проблем, связанных с организацией пассажирских перевозок. Проведенный анализ структуры пассажиропотока подтверждает особую роль ТПУ «Смышляевка» в системе городского пассажирского транспорта. Создание этого транспортно-пересадочного узла должно начаться в ближайшее время.

Список литературы

- 1 Железнов, Д. В. Определение необходимого количества транспортно-пересадочных узлов в городах России / Д. В. Железнов, С. А. Леонова // Вестник транспорта Поволжья № 4. – Самара : СамГУПС, 2017. – С. 53–59.
- 2 Леонова, С. А. Проблемы и перспективы развития ТПУ в России / С. А. Леонова // Материалы междунар. науч.-практ. конф. «Наука и образование – транспорту». – Самара : СамГУПС, 2016. – № 1. – С. 109–112.
- 3 Об утверждении государственной программы Самарской области «Развитие транспортной системы Самарской области (2014–2025 годы)»: постановление от 27 ноября 2013 г. № 677 (с изм. на 27 ноября 2017 г.) / [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://docs.cntd.ru/document/464008535>. – Дата доступа : 22.06.2018.
- 4 О проблемах пригородного (межмуниципального) автобусного сообщения [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://transportsamara.livejournal.com/8992.html>. – Дата доступа : 22.06.2018.

УДК 656.073

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ВНЕШНИХ ФАКТОРОВ НА ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТРАНЗИТНОГО ПОТЕНЦИАЛА УКРАИНЫ ПРЕДПРИЯТИЯМИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Т. П. ЛУЧНИКОВА

Государственный университет инфраструктуры и технологий, г. Киев, Украина

На сегодня предприятия железнодорожного транспорта Украины в совокупности обладают огромным транзитным потенциалом, который позволяет ежегодно перевозить около 100 млн т грузов из третьих стран в третьи страны. Однако этот потенциал используется не в полной мере, что вызвано постоянным падением объемов перевозок из-за длительного спада промышленного производства. Следствием этого становится ухудшение состояния производственно-технической базы железных дорог, морального старения и физического износа.

На наш взгляд, «транзитный потенциал» Украины по грузовым перевозкам представляет собой совокупность неиспользованных имеющихся возможностей и ресурсов государства и в отличие от существующих определений включает природно-территориальный, инфраструктурный, производственно-обслуживающий, информационный и трудовой потенциалы, эффективно используя которые можно добиться повышения конкурентоспособности национальной транспортной системы страны на мировом уровне и превратить ее из возможно востребованной (характеризуется потенциальным объемом транзитных грузопотоков через территорию Украины и вероятной суммой доходов от таких перевозок) в реально востребованную (характеризуется долей грузопотоков между третьими странами, проходящих по территории Украины, и суммой доходов, которые получает страна от привлечения транзита).

Исходя из приведенного определения понятия «транзитный потенциал» нами обоснована система факторов влияния на использование предприятиями железнодорожного транспорта транзитного потенциала Украины. Особое внимание следует уделить оценке влияния внешних факторов на использование транзитного потенциала Украины, ведь повлиять на их действие непосредственно мы не можем, поэтому должны найти определенные подходы по приспособлению на это воздействие. К внешним факторам можно отнести наличие достаточного количества соответствующих транзитных грузов в странах-поставщиках и спроса на них в странах-потребителях; политику стран-поставщиков по выбору маршрутов для экспорта своих товаров и, соответственно, товаров стран-потребителей – относительно путей импорта, уровень интегрированности сопредельных стран-транзитников в мировое и региональное транспортное пространство, а также практические методы, предпринимаемые с целью повышения конкурентоспособности собственных транзитных потенциалов и привлечения на свои территории дополнительных транзитных товаропотоков.

Следует заметить, что именно железнодорожными предприятиями Украины перевозятся наибольшие объемы транзитных грузов по сравнению с другими видами транспорта (без учета трубопроводного, которым можно транспортировать только газ и нефть). Динамика объемов транзитных перевозок грузов и их доля в общем объеме перевозок железнодорожными предприятиями (рисунок 1) свидетельствует о наличии проблем в работе данных предприятий, которые негативно влияют на уже полученные доходы и станут преградой для достижения максимального уровня доходов в будущем.

В общем объеме перевезенных грузов железнодорожными предприятиями удельный вес транзитных грузов в 2016 году составил 4,92 %, что является наименьшим значением за период 2005–2016 гг. Наибольшая доля этого вида перевозок была в 2007 году и составила 19,48 %. Именно в этот год транзитом железнодорожными предприятиями перевезено рекордных 99,88 т грузов, поэтому результаты работы предприятий железнодорожного транспорта на рынке транзитных грузовых перевозок в 2007 году предлагаем принять за максимально возможные (потенциальные).

Следует отметить, что в 2016 году по сравнению с 2015 годом объем грузовых перевозок железнодорожными предприятиями уменьшился на 1,7 % и составил 344,1 т грузов (или 67,14 % от уровня 2007 года). При этом за 2016 транзитные перевозки сократились на 30 % по сравнению с 2015 годом и составили 16,93 т (или 16,95 % от уровня 2007 года).

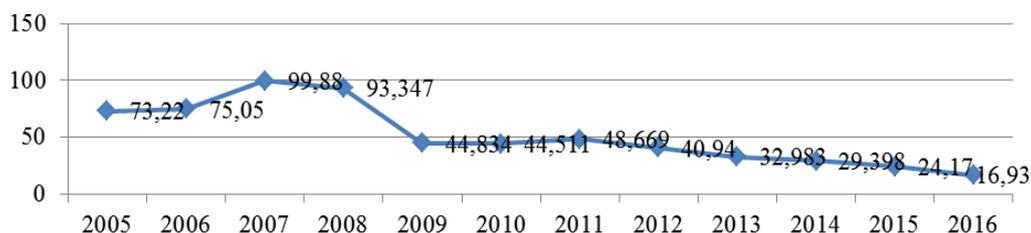


Рисунок 1 – Динамика объемов транзитных перевозок грузов украинскими железными предприятиями

Поэтому, как мы видим в сегменте транзитных грузовых перевозок, начиная с 2008 года наблюдается негативная тенденция, которая обострилась в текущем году. Так, 2016 год стал критическим для предприятий железнодорожного транспорта, а показатель объемов транзитных перевозок – самым низким за последние одиннадцать лет. В результате этого транзитный потенциал использован не в полной мере, 83,05 % возможных объемов транзита, который железнодорожные предприятия способны перевезти не привлечены.

К внешним национальным факторам влияния на использование транзитного потенциала Украины предприятиями железнодорожного транспорта, которые негативно повлияли на снижение объемов перевозимых грузов предприятиями железнодорожного транспорта, в том числе на объем транзитных перевозок, необходимо отнести состояние экономики Украины и инфляционные процессы, которые происходят в ней; политическую ситуацию, в частности военные действия на востоке Украины; низкий уровень обслуживания транзитных перевозок, который не соответствует даже тому минимальному уровню установленных тарифов по сравнению с конкурентами (например по сравнению с белорусскими тарифами) высокие сборы и неофициальные поборы контролирующих служб на границе страны; низкий инвестиционный климат, который является препятствием в привлечении инвестиций для развития материально-технической базы предприятий железнодорожного транспорта; ненадлежащую государственную политику в области транзита грузов и несовершенную нормативно-правовую и законодательную базу, регулирующую транзитные перевозки. Такие внешние международные факторы, как политика стран-поставщиков по выбору маршрута следования транзитных грузов и политика конкурентов стран-транзитеров по привлечению транзита также оказали отрицательное влияние на изменение объемов перевозимых грузов, в том числе транзитных, по территории Украины.

Положительное влияние на общий объем перевезенных грузов предприятиями железнодорожного транспорта и незначительное изменение данного показателя в 2016 году (-1,7 %) в группе внешних национальных факторов произвела тарифная политика ОАО «Укрзалізниця». Следует отметить, что темпы роста тарифов значительно отставали от темпов роста цен на промышленную продукцию, железной дороги использовали для перевозочного процесса, поэтому негативно повлиять на уменьшение объемов грузовых перевозок, в частности транзитных, они не могли. Положительно повлиять на вышеупомянутые показатели могут развитие нормативно-правовой базы по поддержке инвестиционной деятельности и внешнеэкономические отношения с другими государствами, в частности ассоциация Украины с ЕС и создание условий для будущего вступления в Европейский союз.

Такие внешние международные факторы, как достаточное количество транзитных грузов в странах-поставщиках, зависящее от экономической ситуации в странах-экспортерах, и спрос на транзитные грузы в странах-потребителях, который зависит от экономической ситуации в странах-импортерах, соответственно имеют положительное влияние на объемы грузовых перевозок предприятиями железнодорожного транспорта Украины, в том числе транзитных.

Анализ функционирования железнодорожных предприятий на рынке транзитных грузовых перевозок свидетельствует об обострении проблем, которые накапливались в течение последних 20 лет и не позволяют быстро и с минимальными потерями выйти из кризисного состояния. Сегодня рынок транспортных услуг удовлетворяет только базовые потребности экономики Украины в перевозках. Главной причиной такого состояния транспортно-дорожного комплекса Украины стало нарушение положений экономических законов, регулирующих процессы простого и расширенного воспроизводства основных средств.

УДК 159.99

ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ К ПОВЫШЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОБЛАСТНЫХ АЭРОПОРТОВ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

З. В. МАЩАРСКИЙ

Белорусский научно-исследовательский институт транспорта «Транстехника», г. Минск

Современное состояние и перспективы развития аэропортовой и аэродромной сети, уровень государственного регулирования аэропортовой деятельности, наряду с авиационными компаниями и предприятиями по организации воздушного движения во многих странах выполняют функции интегрирующей и социально ориентированной инфраструктуры экономики страны.

Республика Беларусь, находящаяся на пересечении восточно-европейских путей, занимает сегодня центральное место на карте Европы. Многие международные маршруты по направлениям

север – юг, запад – восток проходят через территорию и воздушное пространство республики, что имеет экономические предпосылки для наращивания объемов авиаперевозок и является определенным фактором в необходимости повышения эффективности производственной деятельности областных аэропортов.

Наличие аэропорта и доступность авиатранспорта является важным фактором развития конкурентоспособности регионов, обеспечения социальных задач и стимулирования экономического роста за счет повышения мобильности населения, развития туристического сектора и местного бизнеса. Модернизация, освоение новых технологий и повышение объемов загрузки для областных аэропортов Республики Беларусь являются актуальными задачами.

Инновационные подходы к повышению эффективности производственной деятельности областных аэропортов Республики Беларусь рассмотрены в ряде основных направлений по развитию инфраструктуры, IT-инфраструктуры, освоению систем авиационной безопасности, развитию авиационных услуг и неавиационных услуг и т. п.

Развитие инфраструктуры аэропортов. Областные аэропорты Республики Беларусь активно развивают неавиационные виды деятельности, включая девелопмент недвижимости, ритейл, услуги наружной рекламы и парковочный бизнес. Основными тенденциями в развитии инфраструктуры аэропортов являются модернизация и развитие производственных объектов аэропортовой инфраструктуры с целью повышения пропускной способности аэропортового комплекса и качества предоставляемых услуг, а также развитие неавиационной инфраструктуры с целью повышения доходов от неавиационных видов деятельности.

В рамках производственной инфраструктуры акцент делается на модернизации и развитии аэродрома, пассажирских и грузовых терминалов, системы управления воздушным движением, а также транспортной инфраструктуры, повышении транспортной доступности.

Помимо этого, аэропорты активно развивают неавиационную инфраструктуру для того, чтобы использовать преимущества аэропорта как точки привлечения посетителей, пассажиров и бизнеса, связанного с логистикой и перевозками. В данном сегменте инновационной деятельности можно выделить следующие тенденции: реализация девелоперской концепции «Аэропорт – город» – комплексное развитие коммерческого кластера на прилегающей к аэропорту территории, включая строительство торгово-развлекательных и выставочных комплексов, бизнес-центров, гостиниц и т. п.; организация удобных и безопасных парковок, с дифференцированием по уровню сервиса и тарифов; развитие сопутствующей логистической инфраструктуры (почтовые терминалы, интермодальные логистические центры).

Освоение новых производственных систем. В связи с ростом трафика и нагрузки на аэропорты актуальными задачами по сокращению затрат, повышающимися требованиями к уровню оказания услуг по обслуживанию ВС, грузов и пассажиров, аэропорты и компании-операторы активно внедряют новые технологические решения, позволяющие автоматизировать производственные операции, повысить их скорость и надежность.

Внедрение технологий осуществляется во всех основных производственных процессах аэропорта: наземное обслуживание ВС – внедрение систем управления наземным движением, систем совместного принятия решений и других технологических решений, направленных на повышение эффективности, надежности и безопасности выполнения операций, улучшение координации работы хендлинговых, диспетчерских служб и авиакомпаний при обслуживании воздушных судов; обработка багажа – внедрение современных высокопроизводительных систем обработки (BHS) и автоматической сортировки (BRS) багажа, способствующих повышению пропускной способности аэропорта; обслуживание пассажиров – внедрение технологий самостоятельной регистрации пассажиров и багажа, систем голосового и видео информирования, а также мониторинга потоков пассажиров в аэропорту.

Развитие IT-инфраструктуры. В связи с необходимостью координации множества различных служб и участников аэропортовой деятельности – освоение производительных и надежных цифровых решений является одним из ключевых направлений технологического развития аэропортов. Основные направления развития в этой сфере: внедрение современных технологий цифровой связи, включая беспроводную голосовую связь и передачу данных, создание гибкой интегрированной IT-инфраструктуры с высоким уровнем надежности и резервированием данных, внедрение решений в области мобильного интерактивного доступа к производственным данным.

Освоение систем авиационной безопасности. Обеспечение защиты жизни и здоровья авиапассажиров, сотрудников аэропорта, а также надежности воздушных судов и объектов аэропортового

комплекса является особо важной функцией современных аэропортов. Возросший уровень угрозы со стороны террористических организаций по всему миру повлиял на то, что требования к авиационной безопасности в аэропортах были ужесточены. Основные области совершенствования: системы предполетного досмотра пассажиров и багажа, системы контроля и управления доступом, в том числе с применением биометрических данных сотрудников; инфраструктура периметра аэропорта, интеллектуальные системы видеонаблюдения.

Развитие авиационных услуг. В отношении расширения спектра авиационных услуг можно выделить следующие тенденции, распространенные среди крупных западных аэропортов: оказание авиакомпаниям дополнительных услуг (например, консультационных по развитию маршрутной сети), ввод специальных ценовых схем для привлечения новых и удержания существующих авиакомпаний-партнеров, включая систему скидок и поощрений, совершенствование обслуживания авиакомпаний, актуализация нормативной базы в сотрудничестве с государственными органами для обеспечения полноты и ясности нормативных актов, регулирующих деятельность аэропортов и взаимодействие с органами государственной власти.

Развитие неавиационных услуг. В сфере оказания аэропортами неавиационных услуг выделяются следующие тренды:

- разработка дополнительных сервисов для обеспечения комфорта пассажиров;
- персонализированный подход к покупателям за счет более четкой их сегментации (семьи с детьми, тинэйджеры, пожилые путешественники и т. п.) в дополнении к стандартным категориям (транзитные, международные, местные пассажиры);
- предоставление консультационных услуг арендаторам и концессионерам с целью оптимизации их выручки;
- проведение периодических опросов среди пассажиров с целью улучшения уровня обслуживания в аэропорту.

Аэропорты как часть транспортной системы являются важнейшим компонентом национальной, региональной и местной инфраструктуры. Аэропорт – не просто поставщик общественных услуг, чья деятельность регулируется государством. Это самостоятельный коммерческий комплекс с собственными бизнес-целями и стратегией развития, направленной на рост и экономическую эффективность функционирования.

Развитие транспортного комплекса страны, неотъемлемой частью которого является воздушный транспорт – одно из направлений развития Республики Беларусь. Стратегическим приоритетом развития воздушного транспорта является рост оказываемых услуг за счет эффективного использования конкурентных преимуществ.

Воздушный транспорт не только является индикатором деловой активности государства, но и в определенной степени может выступать в качестве ее катализатора, способствуя реализации предпринимательской активности и деловых связей практически во всех сферах деятельности государства.

УДК 658.8

КОМПЛЕКС НЕОБХОДИМЫХ ПРИНЦИПОВ МАРКЕТИНГОВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В РАМКАХ УСОВЕРШЕНСТВОВАННОГО МЕТОДОЛОГИЧЕСКОГО ПОДХОДА К УПРАВЛЕНИЮ ПОТРЕБИТЕЛЬСКОЙ ЦЕННОСТЬЮ УСЛУГ ДЛЯ ПассажиРОВ

Т. С. МЕЛЬНИК

ПАО «Украинская железная дорога», г. Киев

В сфере пассажирских перевозок на украинском железнодорожном транспорте сегодня существуют такие проблемы маркетинговых исследований научного характера:

- недостаточность теоретического, методологического и практического обеспечения разработки отдельных аспектов и вопросов маркетинговых исследований;
- недостаточная адаптация методологических основ и механизма осуществления маркетинговых исследований на рынке транспортных услуг для населения в условиях современной украинской экономики;

- слабая отработка понятийного аппарата для нужд теории и практики маркетинговых исследований рынка транспортных услуг (транспортного рынка) для населения;
- отсутствие системы информационного обеспечения (с точки зрения компьютерных и информационных технологий) маркетинговых исследований в пассажирских перевозках дальнего сообщения;
- неразвитость системного подхода и системного анализа в маркетинговых исследованиях на пассажирском железнодорожном транспорте;
- недостаточность комплексного подхода к организации маркетинговых исследований.

Спрос на пассажирские перевозки в дальнем сообщении является чрезвычайно сложным социально-экономическим явлением, а его изучение требует подходов, которые способны обеспечить всестороннее исследование факторов воздействия на формирование пассажиропотоков, их направлений и объемов. Для воплощения таких подходов будет недостаточно соблюдения базовых принципов, на которых построена имеющаяся методология маркетинговых исследований.

В целях обеспечения целостного управления потребительской ценностью пассажирских перевозок в дальнем сообщении считаем необходимым дополнить комплекс существующих требований такими принципами:

- 1 – системная этапность, то есть управление потребительской ценностью на всех этапах ее формирования, а не только в критических событиях;
- 2 – элементный характер, предусматривающий создание и использование специфических методов и методик к изучению каждой составляющей жертв и преимуществ клиентов;
- 3 – совместное создание предпосылок потребительской ценности, что обеспечивается вовлечением потребителя в процесс не только создания, но и исследования потребительской ценности совместно с производителем услуг;
- 4 – десементация пассажиров, опирающаяся на их сегментацию и являющаяся обратным процессом, однако отличным от агрегирования (кластеризации), завершается не слиянием сегментов, а созданием нового сегмента с увеличенной потребительской ценностью.

Выводы. Использование предложенных нами необходимых принципов управления потребительской ценностью образует новый методологический подход к созданию потребительской ценности услуг пассажирского железнодорожного транспорта дальнего сообщения соответствующей величины и содержания. При этом под соответствующим содержанием и величиной потребительской ценности мы понимаем такой набор присутствующих в ней преимуществ для потребителя услуг и такую величину воспринятой им ценности, которые обеспечат максимальное (в идеале – абсолютное) удовлетворение клиента (в нашем случае – пассажира) и преобладание услуг данного изготовителя над конкурентами в долгосрочной перспективе, пока на рынке не появится более привлекательное и ценное для потребителя предложение.

УДК 658.8

РОЛЬ МАРКЕТИНГОВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ПОВЫШЕНИИ УРОВНЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА С ПАССАЖИРАМИ

Т. С. МЕЛЬНИК

Публичное акционерное общество «Украинская железная дорога», г. Киев

В последнее время всё большее внимание ученых и практиков привлекает проблема создания дополнительной потребительской ценности товаров и услуг, что позволяет производителям не только удерживать завоеванную долю рынка, но и повышать спрос на свою продукцию. Исследование данной проблемы имеет особую актуальность для сервисных систем, к которым относится транспортная сфера и в первую очередь железнодорожный транспорт, который наряду с основной услугой по пространственному перемещению предлагает пассажирам довольно большое количество дополнительных услуг как на вокзалах, так и в пути следования. В таких условиях существенно повышается роль и значение маркетинговых исследований, особенно таких его направлений, как анализ объективных составляющих ценности, исследуемых в рамках менеджмента качества, выявление и изучение субъективных элементов, на которых сосредоточена теория восприятия [1, с. 14].

Исходя из современного восприятия потребительной ценности как концепции «жертв» и «преимуществ» потребителя [2, с. 34; 3, с. 194], сервисная организация имеет в своем распоряжении четыре способа увеличить потребительскую ценность услуги (из восьми возможных вариантов изменения ценности):

- увеличить преимущества при одновременном уменьшении жертв потребителя;
- увеличить преимущества без изменения жертв потребителя;
- увеличивать преимущества более высокими темпами, чем растут жертвы потребителя;
- уменьшить жертвы потребителя, не меняя его преимуществ.

Исследования зарубежных ученых показывают, что в своем большинстве пассажиры железнодорожного транспорта дальнего сообщения предпочитают получать услуги с меньшими жертвами, сохраняя за качеством услуг статус-кво (т. е. без изменения преимуществ) [4, с. 14]. Это требует от железнодорожных компаний тщательно следить за обеспечением нужного пассажирам соотношения жертв и преимуществ, что является невыполнимой задачей без использования маркетинговых исследований и взаимодействия с потребителями услуг в рамках сервисной системы.

Взаимодействие сервисной компании с клиентами может быть организовано на таких уровнях:

- низший уровень (основной) – производитель продает услугу и не интересуется ее дальнейшей судьбой и уровнем удовлетворенности клиента;
- удовлетворительный уровень (реагирующий) – производитель услуги после ее продажи предлагает клиентам звонить (как правило, на бесплатные номера) и задавать вопросы, высказывать жалобы и предложения относительно улучшения обслуживания, улаживать проблемные ситуации и т. п.;
- доброкачественный уровень (ответственный) – производитель услуги после ее продажи сам связывается с отдельными клиентами, чтобы получить информацию о пожеланиях, нареканиях, впечатлениях, необходимую для постоянного усовершенствования набора предлагаемых услуг;
- высокий уровень (активный) – производитель время от времени выборочно связывается с клиентами независимо от того, когда они обращались к нему за обслуживанием, в целях информирования о новых предложениях или нововведениях, стимулирования спроса на свои услуги;
- наивысший уровень (партнерский) – производитель постоянно ведет вместе с клиентами (партнерами) поиск способов увеличения ценности своей продукции [3; 5; 6].

Очевидно, что только последний из перечисленных уровней взаимодействия сервисной компании с потребителями позволяет выступать партнерами в создании потребительской ценности услуг той величины и содержания, которые необходимы клиентам для достижения их максимальной удовлетворенности.

Пассажирский железнодорожный транспорт дальнего сообщения в Украине долгое время находился на низшем уровне взаимодействия с пассажирами. Лишь недавно была внедрена система обратной связи (вначале телефонной, а вскоре – и электронной), что соответствует удовлетворительному уровню взаимодействия. Однако негативная динамика объемов перевозок

пассажиров железнодорожным транспортом, которая наблюдается с начала 2013 года, перераспределение пассажиропотоков не в пользу железной дороги, значительный спад в потреблении дополнительных услуг и рост числа пассажиров с негативным опытом поездок железной дорогой убедительно свидетельствуют о настоятельной потребности в переходе на более высокие уровни взаимодействия с клиентами [6, с. 105–106].

Повышение уровня взаимодействия и развитие сервисной системы требуют одновременного развития системы маркетинговых исследований, причем по тем направлениям, которые до сих пор не были охвачены. Такие исследования должны давать возможность определять тип отношения пассажира к железнодорожному транспорту.

При выявлении типа отношения в ходе исследований, с нашей точки зрения, следует применять одновременно два подхода. Первый из них позволяет определить преимущества услуги, а второй – оценить, насколько транспортный продукт нравится пассажиру, для того чтобы стимулировать его к дальнейшему пользованию железнодорожным транспортом и сформировать намерение обратиться к нему повторно.

Использование первого подхода целью маркетингового исследования ставит задачу установления, какому транспорту (типу вагона, классу подвижного состава и т. п.) пассажир отдает предпочтение, а второй подход нацелен на выявление намерений пассажира, исходя из конкретных обстоятельств и текущей ситуации. Таковыми могут стать, например, отсутствие денег на поездку определенным видом транспорта или типом транспортного средства, другие ограничивающие обстоятельства или, наоборот, разовое появление возможностей и снятие ограничений.

Кроме того, необходимо внедрить цикл маркетинговых исследований, направленных на установление относительной важности отдельных составляющих потребительской ценности транспортного продукта для пассажира дальнего следования. Результаты таких исследований позволят не только повышать потребительскую ценность услуг, предоставляемых железной дорогой, но и служить основой углубленной сегментации по признаку «преимущества пассажира» и кластерного анализа.

На базе маркетинговых исследований также должна быть внедрена система мониторинга воспринимаемой потребительской ценности транспортной услуги, которая бы включала в себя мотивационные, или стимулирующие (внутренние) и перцепционные (внешние) факторы. Это направление исследований пока что находится за пределами внимания украинских маркетологов (не только транспортной системы).

Выводы. Конечной целью проведения маркетинговых исследований преимуществ и жертв пассажира железнодорожного транспорта выступает создание такого специфического актива ПАО «Укрзалізниця», как сегмент лояльных и постоянных пассажиров. Маркетинговые исследования служат главным инструментом в получении информации, необходимой для создания потребительской ценности предлагаемых услуг такой величины и содержания, которые обеспечивали бы максимальную удовлетворенность потребителей.

Список литературы

- 1 Энджел, Д. Ф. Поведение потребителей (Теория и практика менеджмента) : пер. с англ. / Д. Ф. Энджел, Р. Д. Блекуэлл, П. У. Миниард. – СПб. : Питер, 1999. – 768 с.
- 2 Бакалінський, О. В. Утворення споживчої цінності у пасажирських перевезеннях залізницями [Електронний ресурс] / О. В. Бакалінський // Ефективна економіка. – № 6. – Київ, 2012. – Режим доступу : <http://www.economy.nauka.com.ua/index.php?operation=1&iid=1224>. – Дата доступу : 20.05.2018.
- 3 Cronin, J. Jr. Assessing the Effects of Quality, Value and Customer Satisfaction on Consumer Behavioral Intentions in Service Environments / J. Jr. Cronin, M. Brady, G. T. M. Hult // Journal of Retailing. – 2000. – Vol. 76. – No. 2. – P. 193–218.
- 4 Competition for versus in the market of Long-Distance Passenger Rail services / F. Cherbonnier [et al.] // Toulouse School of Economics, April 15, 2018 [Electronic resource]. – Mode of access : https://www.tse-fr.eu/sites/default/files/TSE/documents/doc/wp/2018/wp_tse_901.pdf. – Date of access : 20.05.2018.
- 5 Лавлок, К. Маркетинг услуг: персонал, технология, стратегия : пер. с англ. / К. Лавлок. – 4-е изд. – М. : ИД «Вильямс», 2005. – 1008 с.
- 6 Бакалінський, О. В. Маркетингові дослідження при тотальному управлінні споживчою цінністю перевезень пасажирів залізницями / О. В. Бакалінський, Т. С. Мельник : [монографія]. – Дніпро : Середняк Т.К., 2018. – 282 с.

УДК 656.2

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ В ИНВЕСТИЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ДЛЯ РАЗВИТИЯ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

А. А. МИХАЛЬЧЕНКО

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В. С. КОЦУР

Белорусская железная дорога, г. Минск

Главным элементом транспортной системы страны является Белорусская железная дорога, от уровня качества предоставляемых услуг и грамотной технической политики которой зависит пополнение государственного бюджета. Её развитие традиционными методами, главным элементом которых была замена морально устаревших транспортных средств и элементов транспортной инфраструктуры, практически исчерпано. Вызовы современности и интенсивность изменяющихся условий, в которых работает Белорусская железная дорога, требуют иного подхода по развитию технологии перевозочного процесса, технической эксплуатации транспортных средств и инфраструктуры. Этот подход основывается на инновационной деятельности в организациях железнодорожного транспорта, которая инвестируется в соответствии с государственной программой развития транспортного комплекса Республики Беларусь на установленный период.

При решении задач по инновационной деятельности на железной дороге применены два подхода: системный, когда каждая организация, участвующая в перевозочном процессе, рассматри-

вается в качестве сложной системы, состоящей из множества взаимосвязанных элементов, на которые оказывают влияние внешняя конкурентная и внутренняя организационная среды, связанные также на инновационный процесс; ситуационный, который рассматривает наиболее вероятные варианты реализации инновационного процесса на основании анализа внешних и внутренних факторов, определяющих успех инноваций, позволяет разработать управленческие решения, оптимальные для конкретной инновационной ситуации или задачи. С учетом такого подхода к инвестированию инновационной деятельности за незначительный период времени на Белорусской железной дороге проведена модернизация части локомотивного парка, создана индустриальная база по производству маневровых транспортных средств и технологических модулей железнодорожной инфраструктуры, ремонту вагонов и локомотивов. Это позволило уменьшить приобретение дорогостоящих транспортных средств и элементов железнодорожной инфраструктуры у иностранных производителей и обеспечить приобретение комплектующих элементов на заводах Республики Беларусь. Такие подходы инвестирования инновационной деятельности позволили успешно интегрировать электровозы китайского производства и электропоезда Stadler для работы на сети Белорусской железной дороги и основных напряженных участках Международных транспортных коридоров в условиях действующей железнодорожной инфраструктуры с сокращением времени следования и повышением скоростей движения поездов.

В рыночных условиях признаком инновации в транспортной деятельности считается ее потребительская новизна. При этом транспортная деятельность должна быть новой для конкретного потребителя (конкретного рынка транспортных услуг), а не обладать глобальной новизной (быть новой для всех). Например, ввод в эксплуатацию скоростных поездов бизнес-класса, соединяющих областные центры с г. Минском, позволил в два раза ускорить их движение и привлечь дополнительный пассажиропоток, который начинал быстро сокращаться. В качестве основной причины возникновения инноваций следует считать постоянное стремление в реальном производстве усовершенствовать существующую транспортную систему, устранить противоречия между реальным и желаемым состояниями, а главной особенностью инновации является её практическое использование и получение коммерческой выгоды для железной дороги в целом. Главным правилом инвестирования в инновации является то, что нововведения создаются для улучшения финансового состояния транспортных организаций и получения выгоды: прямой (получение денежной отдачи в короткие сроки) и косвенной (долгосрочные конкурентные преимущества). В этом случае при выборе направлений инвестирования ориентиром является будущая высокая прибыль от коммерческого использования инновации.

Для Белорусской железной дороги по системным признакам применяются следующие инновации:

- базисные, которые стали основой кардинальных изменений в используемых технике и технологиях и позволили сформировать новые направления развития транспортной отрасли;
- улучшающие, которые использованы в качестве базовых для создания новых моделей транспортных средств и элементов инфраструктуры, взамен устаревших с расширением сферы их применения;
- микроинновации, улучшившие некоторые производственные или потребительские характеристики традиционных технологий перевозочного процесса и технической эксплуатации транспортных средств и железнодорожной инфраструктуры;
- псевдоинновации, обеспечившие модернизацию моделей транспортных средств и технологий, представляющих уже вчерашний день техники, но после проведения модернизации, работающие в полном соответствии с установленными требованиями некоторое время.

При формировании государственных программ инновации, предусматривающие значительные инвестиции, оценены по технологическим признакам:

- области применения: управленческие (развитие центра управления перевозками, совершенствование системы транспортного обслуживания и др.), технологические (внедрение новых технологий выполнения перевозочного процесса и ремонтов), технические (использование современных устройств и микропроцессорных систем), научные (разработка научного обоснования вводимых на железной дороге мероприятий и использование результатов фундаментальной науки в практической деятельности), конструкторские, производственные и информационные (внедрение информационных технологий во все процессы основной деятельности подразделений железной дороги), социальные (выполнение социально значимых перевозок, решение социальных вопросов железнодорожников), организационные и др.;
- темпам осуществления: стратегические, быстрые, равномерные;

– масштабам: трансконтинентальные (участие в международных проектах по перевозке грузов Восток – Запад – Восток), транснациональные (развитие инфраструктуры и расширение услуг для выполнения эффективной транспортной деятельности совместно с железнодорожными администрациями сопредельных республик), региональные (усиление региональной инфраструктуры для перевозки грузов и пассажиров) и др.;

– результативности и эффективности, предусматривающих высокие коммерческие, экономические, экологические и социальные показатели.

Источники инвестиций инновационного развития железнодорожного транспорта выбираются исходя из анализа текущего состояния бизнеса и конкурентоспособности на рынке транспортных услуг, а также спроса и прогноза потребностей в транспортной сфере. Проводятся научные исследования существующих транспортных услуг в категории потребителя и производителя для получения достоверной информации по эталонным преимуществам на примере аналогов, что обеспечивает эффективность всей государственной программы.

Возможные разнообразные цели и задачи научно-технического и социально-экономического развития, инновационные проекты и мероприятия, предусматриваемые государственными программами, проходят строгий отбор по уровню решения и могут приниматься на президентском, правительственном или отраслевом уровнях по характеру целей, виду потребности, типу инновации (создание нового или усовершенствованного вида транспортных услуг, условий использования энергоносителей, изменение структуры управления, проведение реорганизации и др.), периоду реализации и масштабности.

Внедрение инноваций и использование современных подходов в инвестиционной деятельности позволит Белорусской железной дороге конкурировать на самом современном уровне на рынках транспортных услуг с обеспечением предоставления безопасных, качественных и технологических условий перевозок. Это позволит при среднестратегическом планировании создать необходимые условия эффективного функционирования линий не только с интенсивными перевозками, но и с незначительными объемами перевозок грузов и пассажиров, но имеющих высокое социальное значение в регионах их прохождения.

УДК 656.2.003

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ТРАНСФОРМАЦИИ ТРАНСПОРТНО-ПЕРЕСАДОЧНЫХ УЗЛОВ В XXI ВЕКЕ

А. А. МИХАЛЬЧЕНКО, Т. А. ВЛАСЮК, О. А. ХОДОСКИНА, А. Н. БЕЛОУС

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Развитие пассажирских перевозок в современном их выполнении и в соответствии с возрастающими потребностями населения в мировой практике идёт по пути функциональной интеграции различных видов транспорта. В Республике Беларусь такая работа проводилась на начальном этапе, что привело к существенному падению объёмов пассажирских перевозок на 20–40 % практически на всех видах транспорта. Как отмечают специалисты, падение объёмов пассажирских перевозок связано с активной автомобилизацией населения (за последние 8 лет гражданами страны приобретено около 1,4 млн легковых автомобилей), не являясь значимым фактором. Так, в Германии произошёл за тот же период рост приобретения автомобилей, но немецкие железные дороги (DB) при этом увеличили объём перевозок пассажиров на 15–25 % в различных видах сообщений. При этом улучшено качество выполнения перевозок на маршруте следования пассажира в целом, а не по отдельным видам транспорта. Следует отметить, что в Германии, Японии, США, КНР и других развитых странах пришли к выводу, что индивидуальная работа каждого вида транспорта с пассажирами не даёт ожидаемой результативности. Поэтому были созданы распределительные узлы пассажиропотоков (пассажирские хабы), главным назначением которых является создание комфортных пересадочных зон в транспортных узлах на различных видах транспорта, оптимизация пешеходных и транспортных потоков, сокращение времени на пересадку.

В зависимости от вида пассажирского сообщения железнодорожные узлы (транспортные хабы) имеют существенные различия. Так, при выполнении международных и межрегиональных перевозок рассматриваются два варианта: регулярные перевозки и туризм, а для регулярного сообщения

используются пассажирские хабы, которые находятся в центре городов и включают объединённые вокзалы или пассажирские терминалы различных видов транспорта, размещаемые в территориальной близости на одной площади. Обычно рядом размещаются железнодорожный и автобусный вокзалы, которые компактно соединены между собой, реже – рядом с аэропортом и речным вокзалом (например, Берлин). Создание хаба во многих странах явилось одним из факторов роста объема пассажирских перевозок (в Германии – на 20 % в год). Пассажирский хаб создается в основном для транзитных пассажиров международного сообщения. В странах, имеющих относительно небольшую маршрутную пассажирскую сеть (7–8 регулярных международных маршрутов), такой распределительный узел увязывается с другими видами сообщения на всех видах транспорта, работающих в населенном пункте.

В мировой практике при организации международного туризма с использованием как морского, так и сухопутного вида транспорта, создание пассажирских хабов рассматривается в качестве обязательного условия. При этом нахождение и перемещение пассажиров вне транспортных средств рассматривается минимальным. Для этих целей проводится интеграция вокзалов различных видов транспорта, размещенных в относительной близости друг от друга. В большинстве крупных агломераций созданы транспортно-логистические хабы для пассажирских перевозок, что стало важным фактором роста их объема при снижении расходов на их выполнение. Например, в Афинах (Греция) хаб располагается в аэропорту, из которого можно попасть на морской вокзал Пирей на городской электричке, в город – на рейсовом автобусе, в другие города Греции – на поезде и автобусе, а городская электричка интегрирована с метро (используется один и тот же поезд для двух видов перевозки без высадки пассажиров). Для стран, не имеющих выхода к морю, но в которых распространён выездной туризм с использованием морского транспорта, пассажирский хаб применяется для концентрации пассажиров в одном месте для дальнейшего их передвижения в морские порты.

При выполнении межрегиональных и региональных перевозок узловой железнодорожный вокзал (хаб) используется как пункт пересадки пассажиров в транспортные средства разных направлений движения и имеет высокий процент совмещенных рейсов (до 90 %). Он является основным элементом звездообразной (веерной) сети пассажирских маршрутов, в которой пассажиры, перемещаясь между населенными пунктами страны, не связанными прямыми рейсами, могут достигнуть пункта назначения, совершив пересадку с одного рейса на другой с минимальной потерей времени и денежных средств. При выполнении внутригосударственных перевозок на пассажирский хаб возлагаются также задачи возможного использования единого проездного документа на разные виды транспорта. Для этих целей могут использоваться как один, так и несколько узловых вокзалов, не только железнодорожных, но и других видов транспорта. Тогда в сети пассажирских маршрутов могут формироваться узловые пункты, не являющиеся пересадочными, но из которых совершается несколько рейсов в разных направлениях на других видах транспорта. Такие узловые пункты неофициально называют «вторичными хабами», важным элементом которых является совмещенное расписание движения транспортных средств по маршрутам на различных видах транспорта.

В городском транспорте использование пассажирских хабов выполняется в крупных агломерациях, где пассажиров обслуживают два и более вида городского транспорта. Для этих целей строятся крупные пересадочные узлы. Как правило, центральным звеном выступает железнодорожный вокзал. К нему производится привязка маршрутной сети городского транспорта, который связывает в единую систему все виды городского транспорта. Наибольший опыт создания и развития пассажирских хабов можно отметить в крупнейших городах мира: Амстердаме, Пекине, Токио, Нагоя, Москве, Берлине, Париже. Так, центральный вокзал в Амстердаме был возведен в 1889 г. и изначально создавался как крупный пересадочный узел между железнодорожным, речным и морским транспортом. Современный комплекс представляет собой сложнейшее технологическое сооружение, расположенное между двумя каналами. Элементы современной транспортной инфраструктуры органично вписаны в транспортную сеть голландской столицы. С одной стороны от вокзала находится морской порт, с другой – железная дорога. Сейчас комплекс объединяет маршруты международного, межрегионального и регионального железнодорожного сообщения, аэроэкспресс (от центра города до аэропорта), метро, наземный городской пассажирский, легкорельсовый, водный общественный транспорт. Рядом с вокзалом устроена крупнейшая автостоянка для автотранспорта пассажиров, которые выезжают кратковременно из Амстердама.

В агломерациях плотной застройки с большим пассажиропотоком устраивается хаб, связывающий центральный вокзал с пригородами, городами-спутниками, маршрутами городского транспорта. Образцом такого хаба является Токио с самым большим пассажиропотоком в мире (более 3,5 млн чел. в день). Пересадочный узел имеет более двухсот выходов со станции. В транспортный

комплекс интегрированы многоуровневый железнодорожный вокзал, две станции метро, автовокзалы для межрегионального и регионального сообщений, около 20 автобусных остановок городского транспорта, два крупных подземных торговых центра и шесть универмагов.

В условиях ограниченной площади и плотной городской застройки строят многоуровневые хабы, одним из которых является южный вокзал Пекина. Площадь его крыши по размеру сопоставима с двадцатью футбольными полями, часть кровли площадью 30 тыс. м² застеклена, на крыше смонтированы солнечные элементы для получения энергии. Объект занимает площадь 25 гектаров и состоит из пяти уровней, три из которых – минусовые. Подземные этажи соединяются с линией метро, пассажиры которого могут с комфортом пересеживаться на другие виды транспорта, не выходя на улицу и попутно пользуясь всевозможными расположенными в здании комплекса сервисами. Ожидается, что к 2025 году хаб будет обслуживать 30800 пассажиров в час, принимать и отправлять до 300 пар поездов в день.

Единственным в мире уникальным хабом, представляющим собой многоуровневый транспортно-торгово-офисный комплекс, является Берлин-Центральный, который принимает межрегиональные, региональные и международные поезда, городские и региональные автобусы, аэроэкспресс, легкорельсовый транспорт, водный транспорт, городскую электричку и метро. На трех подземных уровнях размещен паркинг, кассы и зона отдыха. На базе вокзала возведено около 175 тыс. м² недвижимости.

В Республике Беларусь пассажирские хабы могут быть созданы в Минске, Бресте, Гомеле, Гродно, Витебске, а также Жлобине, Бобруйске, которые являются крупными транспортными узлами.

Вывод. Новое направление в развитии пассажирских перевозок включает создание пассажирских хабов с интеграцией всех видов магистрального, общественного пассажирского транспорта и индивидуального легкового транспорта, что в итоге обеспечит высокий уровень логистики пассажирских перевозок и выступит важным фактором повышения их объема.

УДК 656.072:656.224

РАЗВИТИЕ ТРАНСПОРТНОЙ ЛОГИСТИКИ НА ОСНОВЕ СОЗДАНИЯ МУЛЬТИМОДАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКИХ ЦЕНТРОВ

А. В. САВЧЕНКО

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Мировой опыт логистического обслуживания показывает, что наибольшую экономическую эффективность обеспечивают интегрированные центры, в которых логистические операторы комплексно предоставляют транспортно-логистические услуги по продвижению и обслуживанию товарно-материальных потоков.

К причинам, которые приводят к необходимости создания транспортно-логистических центров, следует отнести:

- недостаток складских площадей в крупных промышленных и торговых центрах;
- слабое развитие мультимодальных и интермодальных перевозок с использованием контейнеров и транспортных средств различных видов транспорта, отсутствие соответствующей транспортной инфраструктуры;
- быстрый рост объемов грузовых автомобильных перевозок, что привело к чрезмерной загруженности автодорог и увеличению экологической нагрузки на окружающую среду;
- недостаток портовых мощностей и необходимость строительства дополнительных грузоперерабатывающих и складских мощностей.

Таким образом, перечисленные выше проблемы приводят к необходимости возникновения на рынке логистических услуг крупных игроков в виде мультимодальных транспортно-логистических центров (МТЛЦ), способных обслуживать два и более вида транспорта, а также оказывать широкий спектр услуг.

Современный МТЛЦ представляет собой транспортно-экспедиционное предприятие, которое выполняет функции транспортно-логистического центра с широким спектром предоставляемых услуг. Это комплекс инженерно-технических сооружений, размещаемых в узлах транспортной сети, с современным технологическим оборудованием. Имеет в своем составе терминалы со специализированными складскими помещениями для хранения и грузопереработки (контейнерный терминал,

склад категории А или В, холодильный терминал, СВХ); сервисы добавленных операций (помещения для выполнения таможенных функций органами государственного таможенного контроля, банки, страховые компании, заправочные станции и СТО; транспортно-экспедиционные и логистические фирмы (экспедиторы, перевозчики, стивидорные компании, железнодорожные операторы грузовых вагонов, судоходные компании); администрацию (службу охраны и безопасности, административные помещения и офисы клиентов; торговые представительства и бизнес-центры, гостиницы, пункты питания, центры дистрибьюторские и оптово-розничной торговли с сетью магазинов; консалтинго-аналитические и информационные центры).

К основным направлениям организации деятельности МТЛЦ следует отнести:

- оперативную координацию (синхронизация) процессов перевозки, перевалки грузов различными видами транспорта;
- информационное обеспечение взаимодействия на базе современных информационных технологий и технических средств;
- коммерческое взаимодействие и экономическую ответственность субъектов транспортного региона за бесперебойность работы транспортного узла (хаба);
- нормативно-правовое регламентирование и регулирование порядка технологического, информационного и коммерческого взаимодействия, а также обеспечение безопасности движения поездов, мореплавания, охраны окружающей среды;
- решение проблемы эффективного инвестирования развития инфраструктуры транспортных узлов на базе портов и стыковых пунктов других видов транспорта;
- централизацию экспедиторских, стивидорских и других транспортных операций на основе создания логистических операторских компаний.

При создании МТЛЦ используется принцип системного подхода, который заключается в согласовании результатов решения стратегических и тактических задач логистического управления, интеграции логистических партнеров в рамках МТЛЦ, использовании теории компромиссов и внедрении ресурсосберегающих технологий автоматизированных систем принятия оптимальных управленческих решений с использованием современных информационных технологий.

Предпосылками создания МТЛЦ являются стремление бизнеса снизить рост издержек по транспортной составляющей товара, ускорение научно-технического прогресса, в том числе появление новых информационных технологий, которые облегчают коммуникацию, интеграция и глобализация экономической среды, доступность самых разнообразных ресурсов и др. Базовым условием эффективности создания МТЛЦ является превышение внутренних издержек над внешними их значениями. При организации МТЛЦ акцент управленческой стратегии перемещается с минимизации затрат при существующей технологии на разработку новых технологий и услуг.

В современных условиях МТЛЦ имеют следующие преимущества:

- способность к быстрому распространению новой информации и созданию новых вариантов интерпретации информации;
- сокращение издержек, связанных с заключением сделок на транспортировку различными видами транспорта;
- снижение производственных издержек за счет специализации и разделения труда, массовости исполнения ключевых технологических операций;
- расширение возможностей доступа к новой технологии, информации, совместного генерирования членами МТЛЦ;
- значительное ускорение доступа к новым рынкам транспортных услуг;
- разделение риска между элементами логистической цепи пропорционально их вкладу в общие усилия по поддержанию эффективности логистического соглашения в рамках МТЛЦ и получению более высокого дохода и прибыли.

В настоящий момент в Республике Беларусь функционируют 42 логистических центра: 19 логистических центров создано в рамках Программы развития логистической системы Республики Беларусь на период до 2015 года и еще 23 – вне Программы.

Самыми привлекательными регионами для строительства логистических центров, как и ранее, остается Минский (за МКАД, вблизи II и IX трансъевропейских транспортных коридоров) и Брестский (граница с Польшей). Так, в Минском регионе находятся 30 из 42 логистических центров, в Брестском – 6. Из всех действующих логистических центров 12 являются государственными (из них РУП «Белтаможсервис» – 6 логистических центров), остальные созданы за счет инвестиций национальных и иностранных инвесторов.

Восемь логистических центров являются мультимодальными, т. е. имеют подъездные пути двух и более видов транспорта (СООО «Брествнештранс», ОАО «Торгово-логистический центр «Озерцо-логистик», РТЭУП «Белинтертранс – транспортно-логистический центр», РУП «Белтаможсервис – 2» (д. Щитомиричи), ООО «Евросклад Сервис», СП «Транзит» ООО, ООО «Белагротерминал», СООО «СТЛ Логистик»), остальные завязаны только на автомобильном транспорте.

Для активного развития мультимодальных комплексов в Республике Беларусь должен быть выполнен ряд условий:

- предоставление услуг единого транспортного комплекса с развитой системой транспортировки и сети терминалов, эффективными решениями по железнодорожному, авиа- и автосообщениям;
- применение принципов 5С (скорость, сервис, стоимость, сохранность, стабильность);
- автоматизация процессов транспортного контроля, электронное предоставление государственных услуг;
- работа с повышением уровня эффективности логистических систем LPI.

УДК 656.13

ОБЗОР МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ В ПОПУТНОМ ПОТОКЕ

Д. П. ХОДОСКИН

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Все методы анализа и исследования столкновений с ударом сзади (и вторичных конфликтов) можно свести к пяти основным: очаговый анализ, вероятностное моделирование движения лидирующего и ведомого автомобилей, динамические модели, теория следования за лидером и метод зоны дилеммы (в части определения ее местоположения, выявления сопутствующих параметров конфликтного объекта и транспортного потока, а также разработки мероприятий по нейтрализации ее влияния). Однако все они имеют свои недостатки, которые не позволяют в достаточной степени применить какой-то один из них для исследования выбранного вида дорожно-транспортных происшествий (ДТП). Исходя из этого задача состоит в создании усовершенствованного метода, позволяющего в необходимой мере изучить механизм ДТП.

Очаговый анализ достаточно эффективно может применяться при изучении мест концентрации в том числе и такого вида, как столкновения с ударом сзади. При проведении исследования аварийности на конфликтных объектах было определено пять возможных маневров по уклончивым действиям от столкновения с ударом сзади (т. н. вторичных конфликтов):

- маневр по уклончивому действию от столкновения с ударом сзади и наезд на транспортное средство, стоящее слева на соседней полосе;
- маневр по уклончивому действию от столкновения с ударом сзади и наезд на транспортное средство, стоящее справа на соседней полосе;
- маневр по уклончивому действию от столкновения с ударом сзади и выезд на полосу встречного движения;
- маневр по уклончивому действию от столкновения с ударом сзади и наезд на светофорную стойку, опору освещения, бордюр, дерево;
- маневр по уклончивому действию от столкновения с ударом сзади и наезд на ограждение, расположенное слева на разделительной полосе.

Таким образом, применение на практике метода очагового анализа позволяет получить наиболее наглядные и информативные результаты (графическое нанесение ДТП на схему конкретного конфликтного объекта), а также большой объем разнообразной статистической информации, пригодной для последующего анализа и прогнозирования. Также исследование очагов аварийности позволяет выявить характерные виды ДТП для каждого конкретного конфликтного объекта, что помогает определить наиболее вероятные первоначальные их причины.

Метод вероятностного моделирования движения лидирующего и ведомого автомобилей базируется на использовании вероятностных и математических моделей. Причем в качестве меры уменьшения опасности при правильно выполняемом процессе торможения и сигнализации об опасном

режиме торможения предлагается использовать уменьшение вероятности движения в условиях нарушенной дистанции безопасности. Однако полученная модель является довольно сложной в применении, что объясняется необходимостью вывода условного закона распределения дистанции безопасности, при этом при его упрощении и использование аналитических методов решения приводит к искажению результатов моделирования. Поэтому дальнейшие исследования применительно к рассматриваемому виду ДТП путем вероятностного моделирования являются неэффективными и перспектив не имеют.

Динамические модели исследуют изменение дистанции между движущимися друг за другом автомобилями при их торможении. Рассмотренные теории используются по большей части для определения пропускной способности. Однако, как показало их исследование, данные зависимости можно использовать и при моделировании движения лидирующего и ведомого автомобилей при их торможении, а именно для формализации всего механизма движения.

Теория «следования за лидером» является развитием упрощенных динамических моделей. Она базируется на гипотезе о наличии определенной закономерности взаимодействия автомобилей, следующих друг за другом на небольшом расстоянии. Используя положения этой теории, можно определить точки потенциального столкновения, однако сам механизм ДТП исследуемого вида и параметры конфликтной зоны определить нельзя. Причем вывод аналитических зависимостей также затруднен.

Следующим методом, который используют для изучения столкновений с ударом сзади, является метод зоны дилеммы (в части определения ее местоположения, выявления сопутствующих параметров конфликтного объекта и транспортного потока, а также разработки мероприятий по нейтрализации ее влияния). При помощи анализа отечественной и зарубежной модификаций данного метода был сделан вывод о высокой степени его приемлемости для исследований, т. к. он изначально был создан для исследования и прогнозирования такого вида ДТП. Однако имеется острая необходимость в создании на базе уже имеющихся усовершенствованного метода, который бы сглаживал недостатки существующих модификаций и мог применяться для определения местоположения зоны дилеммы и получения необходимых данных для прогнозирования ДТП данного вида.

На схеме, изображенной на рисунке 1, представлены основные достоинства и недостатки указанных методов анализа и исследования столкновений с ударом сзади (и вторичных конфликтов).



Рисунок 1 – Характеристика существующих методов исследования ДТП в попутном потоке (заштрихованы методы, используемые для создания усовершенствованного метода исследования и прогнозирования ДТП в попутном потоке)

Таким образом, видится необходимость в объединении методов очагового анализа (для получения очагов аварийности и создания статистической базы для прогнозирования), динамических моделей (для создания формализованного базиса методики в части исследования механизма происшествия) и зоны дилеммы (для графической интерпретации конфликтной зоны и расчета ее необходимых характеристик для последующего прогнозирования ДТП в попутном потоке).

УДК 332.135; 339.924

ЛОГИСТИКА ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК КАК ОБЪЕКТ ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

О. А. ХОДОСКИНА

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Сегодня логистика является одной из современных и наиболее динамичных наук. Ее развитие происходит во всех сферах народного хозяйства и связано как с национальными, так и с мировыми тенденциями в экономике. Логистике как науке посвящен ряд научных исследований ученых и в зарубежной, и в отечественной практике. Все научные исследования по логистике можно разделить на несколько групп:

- концепции логистики, определяющие расширение сферы её применения, связанные с развитием методов оптимизации управления материальными потоками. Такие подходы направлены на поиск возможностей для сокращения промежутка времени между поступлением заказа на выполнение перевозки и её завершением;

- экономические основы развития бизнес-логистики;

- расширение сферы применения логистики на транспорте в области управления ресурсами и интеграции расходов на поддержание их достаточного уровня при выполнении перевозочного процесса;

- развитие математических и экономико-математических методов в логистике;

- развитие логистики в инвестиционной деятельности в условиях повышенного риска, связанного с неопределенностью перевозок.

Наряду с развитием логистики как науки исследователями многих стран разработаны функционально-логистические основы пассажирских перевозок, которые предусматривают оптимизацию параметров системы освоения пассажиропотоков на железнодорожном транспорте с приданием пассажирским перевозкам высокого уровня сервиса. При этом предлагается широкое применение математического аппарата в процессе прогнозирования и моделирования пассажиропотоков при различных вариантах логистики пассажирских перевозок. Соответственно рассматривается классификация используемых видов пассажирского транспорта, специфика организации и выполнения перевозок на них, включая выбор транспортных средств в зависимости от уровня сервиса и требований, предъявляемых к перевозке. Также рассматриваются принципы обслуживания пассажиров, которые наряду с общепринятыми имеют некоторые специфические особенности, связанные в первую очередь с используемым видом транспорта и типом транспортных средств.

Применение математического аппарата в рамках экономико-математического моделирования пассажирских перевозок основывается на необходимости учета в получаемой модели максимально возможного числа факторов, влияющих на объемы пассажиропотоков, их направления и потребительских предпочтений одновременно с минимальным числом допущений. Достаточно ярким примером может служить модель транспортно-логистического обеспечения туристической сферы. В этой области применение логистики при организации пассажирских перевозок в наиболее туристически развитых странах ушло значительно вперед, в то время как в Республике Беларусь этот этап развития только начинается.

Таким образом, основные правила логистики могут быть применены и для условий Республики Беларусь. В первую очередь, что касается логистики пассажирских перевозок, «в нужном объеме, в нужное время» применив специфику оказания транспортной услуги, получаем перевозку пассажира в нужное время, в нужное место и с желаемым уровнем сервиса. То есть в общем виде на начальном этапе с учетом использования элементов комбинаторики и теории исследования операций с учетом выборки

получаем

$$|H_k + E_k| = |H_k| + |E_k|, H_k E_k = \emptyset, \quad (1)$$

где H_k – информация технологического характера (принятая из форм отчетности по результатам выполнения технологических операций в пассажирских перевозках); E_k – информация экономического характера (принятая из форм отчетности по результатам экономической деятельности в пассажирских перевозках).

То есть соответствующая комбинация технологической и экономической информации должна служить для максимально качественного удовлетворения потребностей пассажира. Например, при организации и осуществлении туристической поездки турфирма (выступающая также и в качестве транспортно-логистического оператора) использует все виды транспорта, осуществляя на каждом этапе логистическую поддержку в рамках жизненного цикла данной туристической услуги. Например, для клиента, проживающего в центральной части Европы (Республика Беларусь), осуществляется трансфер автотранспортом (от дома) до аэропорта, осуществляется авиаперелет, затем – трансфер автомобильным или железнодорожным транспортом до посадочного терминала в порту (место посадки на круизный лайнер). И аналогично в обратном направлении. Причем при непредвиденной поломке транспортно-логистический оператор организует быструю замену транспортного средства с компенсацией потерь времени в пути, либо при происшествии других задержек в пути берет на себя все дополнительные издержки и формальности, связанные с оказанием транспортной услуги.

Вместе с тем высокий уровень сервиса при оказании транспортной услуги пассажиру (или туристу) не может базироваться только на практическом (интуитивном) опыте. Поэтому в рамках теоретического развития логистики разработаны основы теории туристического продукта, определено место пассажирских перевозок в составе туристического продукта различных уровней, описаны всевозможные виды перевозок туристов, использование транспортных средств в этих целях. Вводятся базовая терминология и понятийные статьи в номенклатуру расходов и транспортных рисков выполнения туристских пассажирских перевозок, особенно международного туризма.

При этом с учетом вышеизложенного происходит дальнейшая детализация модели. Так, технологическая информация (H_k) будет учитывать по рассматриваемому примеру следующее:

$$H_k = \sum_{k=1}^n h_k, \quad (2)$$

где n – число элементов блока технологической информации.

Аналогично и с соответствующей информацией экономического характера

$$E_k = \sum_{k=1}^n e_k. \quad (3)$$

Таким образом, в зависимости от числа рассматриваемых элементов и количества уровней их детализации формируется экономико-математическая модель логистической организации перевозки пассажира в зависимости от предъявляемых к ней требований и допущений (как, например, вероятность поломки в пути и т. п.). Применение таких моделей позволяет на практике реализовывать основные логистические задачи пассажирских перевозок, а именно:

- прогнозирование спроса на пассажирские перевозки и пассажиропотоков по направлениям движения, видам транспорта и сообщений, уровню обслуживания;
- планирование ресурсов на выполнение пассажирских перевозок на основе прогноза спроса на них;
- определение необходимой мощности производства пассажирских услуг транспортными организациями;
- разработку рациональных научно-практических принципов распределения рынка пассажирских транспортных услуг на основе оптимального управления пассажирскими потоками (в противном случае будет либо дефицит услуг, либо их перепроизводство и рост тарифов);
- разработку рациональных основ управления взаимосвязанными процессами пассажирских перевозок, которые увязаны с финансовыми ресурсами, потребляемыми в процессе их выполнения;
- построение различных вариантов экономико-математических моделей функционирования логистических схем пассажирских перевозок;

– разработку методов совместного планирования потребных ресурсов для пассажирских перевозок, снабжения ими транспортных организаций и объема перевозок пассажиров по видам сообщений и классу обслуживания пассажиров.

УДК 658.8

ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ СБАЛАНСИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫМ ТРАНСПОРТОМ УКРАИНЫ

О. В. ХРИСТОФОР

ПАО «Украинская железная дорога», г. Киев

Современные экспертные методы и технологии подготовки и принятия решений, формирования стратегий и стратегических программ являются, по сути, базовыми элементами подготовки решений для руководства предприятия, связанными с выбором стратегического курса инновационного развития предприятия в стремительно меняющейся окружающей среде, причем в процессе глобализации отношений различных хозяйствующих субъектов изменчивость этой среды и неопределенность, непредсказуемость изменений быстро растут.

Однако существующий уровень качества технологий подготовки стратегических решений для руководства предприятий, а также качество процедуры их принятия и практической реализации не позволяют решать с необходимой точностью последующие постоянно возникающие в хозяйственной деятельности проблемы и задачи.

По сути, механизмы оценки эффективности хозяйственных процессов гармонизируются с показателями экономического и внутреннего потенциала предприятия, учитывают давление окружающей среды и создают для руководителя инструменты и механизмы эффективного управления предприятием, направленные на его развитие.

Система статистических показателей, используемых в настоящее время для характеристики деятельности железнодорожного транспорта Украины, включает базовые показатели: объемные и финансово-экономические. Данная система не подвергалась критическому пересмотру, развитию и усовершенствованию довольно продолжительный период времени. Сравнив между собой информационные массивы в группах и подгруппах показателей существующей системы, можно понять их недостаточную взаимосвязь и ограниченные возможности влияния на результаты деятельности каждого из исследуемых блоков, не говоря уже о синергических эффектах. Однако проблема лежит гораздо глубже.

Необходимо введение базовых динамических показателей и индикаторов, совсем других методик, инструментария оценивания, более эффективных технологий, аналитических и экономико-математических моделей, которые бы учитывали не только внутренние возможности предприятия, а и влияние внешних факторов. Кроме того, наиболее важным является выявление и установление причинно-следственных связей между всеми оцениваемыми показателями как минимум в рамках одной группы. Это позволит объединить их в систему и эффективно управлять ими.

Выводы. Формируя систему показателей внутреннего (в том числе экономического) потенциала предприятия, следует помнить, что основным индикатором экономической эффективности деятельности любого предприятия является рентабельность как показатель результативности его функционирования. Однако без учета других, нефинансовых показателей невозможно дать комплексную оценку потенциала предприятия, правильности использования имеющихся ресурсов, а главное – степени достижения его стратегических целей. Этим недостатком лишена, в частности сбалансированная система показателей, которую сегодня применяют только в небольшом количестве зарубежных компаний и которая там себя абсолютно оправдала. Однако в Украине, в частности на отечественном железнодорожном транспорте, такая система пока не сформирована, и эта проблема требует в первую очередь научно-теоретической проработки, адаптации имеющейся методологической базы и при необходимости – ее развития с учетом специфики как железнодорожной отрасли, так и условий функционирования предприятий на современном этапе украинской экономики.

МЕСТО И РОЛЬ КРАУДСОРСИНГА В СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

Т. В. ШОРЕЦ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Железнодорожный транспорт в лице объединения «Белорусская железная дорога» представляет собой инфраструктурную компанию национального уровня, которая обеспечивает единство экономического пространства страны путем удовлетворения потребности юридических и физических лиц в том числе и в пассажирских перевозках. На сегодня данный вид транспорта обеспечивает в Беларуси около 33 % пассажирооборота.

Существующие методы транспортных обследований лишь помогают обеспечивать надлежащий уровень транспортного обслуживания. Но для того, чтобы определить реальные потребности при перевозке пассажиров, необходимо использовать и применять на практике новые методы исследования.

Краудсорсинг представляет собой мобилизацию ресурсов людей посредством информационных технологий с целью решения задач, стоящих перед бизнесом, государством и обществом в целом. На сегодня краудсорсинг является способом оптимизации функционирования предприятий при помощи использования и внедрения идей сторонних участников на добровольной основе для решения актуальных вопросов развития организации или направления ведения бизнеса.

Суть краудсорсинга проста: участниками краудсорсингового проекта образуется сообщество, состоящее из неограниченного круга лиц, которые независимо от возраста, статуса или профессиональной деятельности предлагают варианты решений поставленной проблемы. Затем определенная группа ответственных лиц выбирает самое ценное предложение.

На сегодня краудсорсинг – достаточно новый инструмент развития предприятий, особенно для отечественного рынка, при этом в развитых странах он уже успел себя зарекомендовать как эффективное средство достижения целей. Широкое использование этого инструмента стало возможно благодаря появлению краудсорсинговых ресурсов – интернет-площадок, формируемых для сбора и анализа большого количества идей и предложений.

Мотивацией участия в проектах краудсорсинга является самореализация, лидерство, признание со стороны коллег, желание улучшить качество товаров, работ, услуг. Краудсорсинг основан на предположении, что в обществе всегда присутствуют талантливые люди, готовые бесплатно или за символическое вознаграждение генерировать идеи, решать проблемы и даже проводить исследования в корпоративных или общественных целях. При этом главным стимулом для них является не вознаграждение, а возможность увидеть воплощение своей идеи в практической деятельности.

Опыт крупных зарубежных компаний показывает, что интернет-аудитория охотно соглашается участвовать в краудсорсинговых проектах. Ведь в реальности многим из нас часто приходят в голову гениальные идеи, но зачастую они так и не реализуются. Для творческого человека, способного креативно мыслить и выдавать нестандартные решения, краудсорсинговая площадка – идеальное место для обсуждения идей и сотрудничества с заинтересованными людьми. Сами клиенты, участвуя в краудсорсинговых проектах, разрабатывают или модифицируют продукт «под себя» – продукт становится более ориентированным на конечных потребителей.

Краудсорсинг позволяет максимально корректировать развитие бизнеса, используя минимальные финансовые вложения в развитие. Именно он дает возможность компаниям использовать знания и навыки людей, желающих участвовать в проекте независимо от их места нахождения и при этом сэкономить. Заказ разработки проектов тех же решений у профессионалов может стоить на порядок больше, а результат может быть хуже, чем при подобном «мозговом штурме».

На наш взгляд, сегодня Белорусской железной дороге необходимо использовать возможности краудсорсинга для улучшения качества услуг, предоставляемых пассажирам на железнодорожных вокзалах и в пути следования.

Непосредственно для железнодорожного транспорта инструменты краудсорсинга позволят:
– собирать информацию о перемещении пассажиров;

- определять и составлять наиболее востребованные и приоритетные маршруты;
- выявить направления модернизации действующего порядка оказания пассажирам услуг по перевозке;
- определять дополнительные сервисные услуги, которыми хотели бы пользоваться пассажиры на железнодорожных вокзалах;
- выявлять требования пассажиров к подвижному составу;
- определять направления улучшения качества обслуживания пассажиров в поездах.

Краудсорсинг как управленческая технология обладает следующими преимуществами:

- 1) большой объем исполнителей;
- 2) вовлечение в процесс наряду с профессионалами непрофессионалов – пользователей Интернета, которые, в свою очередь, могут дать оригинальные рекомендации;
- 3) предложение множества альтернативных вариантов решений (мнений), что диверсифицирует выбор вариантов;
- 4) возможность получения единственного варианта в тех случаях, когда необходимо принять уникальное решение;
- 5) ускорение процесса принятия решений в связи с регламентацией сроков внесения предложений;
- 6) экономия финансовых ресурсов, так как всю необходимую работу делают неоплачиваемые или малооплачиваемые профессионалы-любители, которые готовы тратить свое свободное время на создание контента, решение проблем, проведение исследований и разработку.

К сожалению, краудсорсинг, как и любая другая технология менеджмента, не является панацеей для решения всех проблемных вопросов. Наряду с положительными сторонами технологии есть и отрицательные:

- 1) сложность или невозможность использования для краткосрочных проектов;
- 2) отсутствие гарантий результата;
- 3) несправедливый принцип вознаграждения исполнителя;
- 4) возможный низкий уровень исполнителей;
- 5) вероятность утечки информации.

На сегодня создано множество сайтов, программных комплексов, обеспечивающих возможность применения сетевой формы для выполнения того или иного класса задач. Некоторые из краудсорсинговых платформ являются независимыми, другие спонсируются или содержатся брендами.

Краудсорсинг-проекты по улучшению качества обслуживания пассажиров на железнодорожных вокзалах и в пути следования можно реализовать также на официальном сайте Белорусской железной дороги. Данный сайт пользуется большой популярностью, так как предоставляет актуальную информацию о расписании движения поездов, количестве свободных мест, цене билетов и т. д., что предопределяет высокие показатели посещаемости данного сайта. Вследствие этого широкий круг лиц мог бы привлекаться к вышеуказанным проектам.

Помимо этого, необходимо широко использовать возможности социальных сетей (ВКонтакте, Одноклассники, Twitter, Instagram, Facebook и др.), которые также предоставляют доступ к широкому кругу лиц.

Именно в группах социальных сетей пользователи могли бы оставлять информацию, которую они считают полезной, для дальнейшего анализа и обработки данных о транспортном обслуживании.

Следует отметить, что акции, связанные с использованием краудсорсинга, можно проводить совместно с рекламными кампаниями. Это приведет к увеличению интереса со стороны потенциальных и существующих клиентов. Также стоит проводить запланированные рекламные акции с включением в них краудсорсинговых направлений, что повысит эффект и от рекламной кампании.

В целом можно отметить, что краудсорсинг является одним из мероприятий, позволяющим определить направления совершенствования пассажирских перевозок путем внесения ряда существенных изменений в организацию перевозок, чтобы они в большей степени отвечали современным ожиданиям общественности. В конечном итоге это приведет к росту конкурентоспособности железнодорожных пассажирских перевозок не только внутри республики, но и на международном рынке.

ОСОБЕННОСТИ МАРКЕТИНГОВОГО ПОДХОДА К ОРГАНИЗАЦИИ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК

В. П. ЯНОВСКАЯ, В. И. ТВОРОНОВИЧ, И. А. ТВОРОНОВИЧ

Государственный университет инфраструктуры и технологий, г. Киев, Украина

Ускорение интеграционных процессов транспортной системы Украины в мировую транспортную систему требует привлечения значительных материальных, а также интеллектуальных ресурсов. Особенностью функционирования системы является наличие принципиальной возможности управления ею. Транспортная система всё время находится в развитии. При этом растут, расширяются и углубляются связи между составляющими систему элементами как в середине ее, так и внешние, включая международные. Вопросы анализа и управления становятся особенно актуальными. Поэтому исследование систем со многими параметрами является необходимым условием обеспечения успешной их работы при принятии управленческих решений для перспективного развития.

Между компаниями, которые занимаются перевозками, возникла значительная конкуренция в этой сфере. Пассажирские автомобильные перевозки в последнее время завоевали ведущие места по перевозкам пассажиров и являются явными конкурентами. В результате этого в компаниях, осуществляющих пассажирские перевозки на железнодорожном транспорте, возникает потребность возвращения потребительского доверия пассажиров, а следовательно, стабилизации позиций на рынке транспортного обслуживания. Значение железнодорожного транспорта трудно переоценить. Иногда он вообще является единственным видом транспорта, который осуществляет общедоступные перевозки пассажиров.

Современный уровень транспортного обслуживания пассажиров основывается на достижениях транспортной науки и информационных технологий. Необходимо создать в каждой компании, занимающейся пассажирскими перевозками, маркетинговую структуру, которая могла бы принимать эффективные управленческие решения по тарифам, исследованию транспортного рынка, рекламе, качественному обслуживанию пассажиров. В маркетинговой работе железнодорожных пассажирских компаний прослеживается системность организации, которая должна обеспечиваться при переходе на маркетинговые методы.

Важная роль в этом принадлежит маркетинговым исследованиям. Маркетинговый подход способствует тому, что пассажирские перевозки железнодорожным транспортом смогут конкурировать с пассажирскими перевозками, которые осуществляются другими видами транспорта, и соответствовать мировому уровню благодаря созданию благоприятных условий для привлечения пассажиров, повышению качества услуг.

Для эффективного внедрения маркетингового подхода в организации пассажирских перевозок необходимо сформировать систему управления на макроуровне. Внедрение созданной целостной маркетинговой структуры позволит увеличить конкурентоспособность перевозок, а также выявлять и развивать перспективные направления.

Решение стратегических задач определяет поведение всей системы и определяет программу ее функционирования на прогнозный период. Тактические задачи исследования в такой маркетинговой структуре связаны с формированием параметров воздействия на систему для повышения степени ее организации. Перевод процесса управления на более высокий уровень проводится с помощью регулирования соответствующих переменных на основе обработки информационных потоков и определения управленческих факторов или решений. Для этого системы различного уровня, работающие с информационными потоками, должны опираться на наиболее эффективные методы решения задач анализа, планирования и управления. Управление объектами должно проводиться по замкнутой схеме с обратными связями.

Невозможно обеспечить динамическое равновесие системы пассажирских перевозок, а тем более ее развитие и управление без постоянного оценивания и контроля непрерывного потока информации по состоянию, то есть без мониторинга. Непрерывное наблюдение, изучение динамики, выработки стратегических альтернатив, анализ и сравнение реальных показателей является важной функцией мониторинга. Явление, имеет сложный многомерный характер.

Управление на базе информационных технологий будем рассматривать как совокупность организационных, методических, технико-экономических решений для воздействия на объект управления с целью поддержки или улучшения его функционирования. Круг задач, которые нужно решать системе, определяется функционированием и внутренними связями компонентов, входящих в состав исследуемого объекта. Задачи объединяются в комплексы. Само выделение комплексов задач происходит в результате структурирования на основе методов системного анализа для всей системы управления объектом. При этом нужно учитывать, что отдельные составляющие системы порождают исходные массивы данных, используемых и для последующих задач, которые могут быть и временными, и постоянными рабочими массивами и входят в общую информационную базу системы.

Первый тип задач – формирование перечня показателей для разработки и внедрения мониторинга. Второй тип задач относится к технологической информации о заданиях, которые могут выполняться системой. Третий тип задач относится к моделированию процесса перевозок. При этом нужен прогноз относительно изменений на рынке перевозок в течение определенного периода для принятия обоснованных маркетинговых решений, что позволяет достичь большей согласованности между возможностями компаний и потребностями потребителей.

Проведение этих маркетинговых исследований позволит улучшить процесс перевозок на железных дорогах Украины, что обеспечит:

- значительное сокращение времени на поездки, мобильность населения и экономическое развитие регионов;
- повышение пропускных способностей железных дорог по перевозкам пассажиров и уровня комфорта;
- повышение уровня безопасности перевозок;
- внедрение подвижного состава нового поколения;
- эффективное использование пассажирского подвижного состава;
- уменьшение затрат на приобретение пассажирских вагонов и приведение парка к оптимальному уровню;
- уменьшение существующей общей себестоимости в дальнем сообщении на 10–12 %.

На сегодня актуальными являются вопросы повышения пропускной способности участков, скоростей движения и массы поездов, а также внедрения скоростного движения пассажирских поездов. Поэтому основными составляющими программы действий на среднесрочный период должны стать меры по обеспечению стабильного и эффективного функционирования железнодорожного транспорта, повышение его конкурентоспособности и создания условий для социально-экономического развития государства.

В процессе проведенных маркетинговых исследований сделана попытка на основе системного анализа показать возможность унификации решения проблемы принятия управленческих решений на краткосрочную и среднесрочную перспективы для пассажирских перевозок.

Для эффективного анализа и стратегических исследований в области системы перевозок и их составляющих важным и неотъемлемым средством является широкое применение информационных технологий при использовании математического аппарата на базе статистических данных в замкнутом режиме.

Применение информационных технологий к поставленным задачам способно обеспечить принятие научно обоснованных управленческих решений и стратегий развития на всех уровнях управления.

Такая интенсивная разработка и внедрение маркетинговых систем с широким спектром использования разных математических методов, которые научно обосновывают полученные решения, выведут пассажирские перевозки на новый уровень.

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Кулаженко Ю. И.</i> Приветствие участникам конференции.....	3
6 ИННОВАЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬСТВА	
<i>Ашпиз Е. С.</i> Опыт усиления основной площадки земляного полотна геосинтетическими материалами	4
<i>Бандюк Н. В.</i> Анализ способов повышения эксплуатационных качеств дорожных покрытий	6
<i>Бандюк Н. В., Пантелеева В. А.</i> Развитие транспортной инфраструктуры г. Гомеля	8
<i>Бочкарёв Д. И.</i> Перспективная концепция транспортного средства будущего rail-road vehicle, объединяющая два вида транспорта – автомобильный и железнодорожный	10
<i>Бочкарёв Д. И., Лапушкин А. С., Мирошников Н. Е.</i> Технологические карты в путевом хозяйстве	11
<i>Бочкарёв Д. И., Пуначёв Д. С.</i> Пьезодатчик как рекуперативный компонент интеллектуальных приводов строительных и дорожных машин	13
<i>Вербило В. А.</i> Возможная перспектива взаимодействия линий пригородных железных дорог и метрополитена в городе Минске	15
<i>Девицкий Д. С.</i> Разработка материала для рабочих органов выправочно-подбивочно-рихтовочных машин	17
<i>Довгелюк Н. В.</i> Переустройство пересечений железной дороги с автомобильными при увеличении ее пропускной способности	20
<i>Жгунцова А. В., Жуков Н. Д.</i> Проблемы автоматизации процесса управления ресурсами в дорожной отрасли.....	22
<i>Жуковец А. Г.</i> Безопасность движения автомобильного транспорта ночью	24
<i>Инютин В. И., Кожедуб С. С., Харьков А. Ф., Кирьянова А. А.</i> Подрельсовые прокладки для «маячных» шпал	26
<i>Ковтун П. В., Лапушкин А. С., Губенский Н. Ю., Сычук С. С.</i> Применение технологии закрытого перегона	28
<i>Ковтун П. В., Осипова О. В., Скребец С. В., Альховская А. А.</i> Инфраструктурная форма обслуживания железнодорожного пути	29
<i>Ковтун П. В., Осипова О. В., Мамсииков Н. В., Альховская А. А.</i> Применение единой информационно-управляющей системы АСУ «Путь»	31
<i>Кравченя И. Н., Дубровская Т. А.</i> Выбор варианта реконструкции круговых кривых для организации скоростного движения поездов	33
<i>Лисовская Ю. А., Романов А. С., Шкуратов Н. В.</i> Устройство бетонных покрытий в Республике Беларусь	35
<i>Матвецов В. И., Моисеенко В. Л., Моисеенко Н. В., Жигар В. И.</i> Программа расчета укорочений звеньев пути и порядка их укладки	37
<i>Матвецов В. И., Моисеенко В. Л., Моисеенко Н. В., Скребец С. В.</i> Выправочно-подбивочно-рихтовочная машина непрерывного действия	39
<i>Матвецов В. И., Певзнер В. О.</i> Оптимизация работы и условий эксплуатации звеньевого пути	41
<i>Матвецов В. И., Сотников В. Т., Клокевич В. В.</i> О повышении надежности и долговечности рельсов Минского метрополитена	42
<i>Миронов В. С., Дубровская Т. А.</i> Повышение скорости движения поездов на существующих линиях	43
<i>Мирошников В. Е., Орехов Н. А., Михайлов А. Д.</i> Особенности технологии строительства железной дороги в Полесье	45
<i>Москалькова Ю. Г., Семенюк Р. П., Дашкевич М. Ю.</i> Керамзитобетон, армированный полимерной фиброй	47
<i>Партно С. Б., Лебедева Ю. Н.</i> Повышение уплотняющей способности и качества укладываемого слоя асфальтоукладчика.....	49
<i>Петрусевич В. В.</i> Классификация защитных обработок, позволяющих повысить технико-экономические показатели асфальтобетонного покрытия автомобильных дорог	51
<i>Романенко В. В., Бондаренко Ю. А., Куксо А. А., Полозов А. Н.</i> Исследование геометрических параметров рельсовой колеи на путях необщего пользования	52
<i>Романенко В. В., Губенский Н. Ю., Снежкова М. С.</i> Воздействие поперечных сил от локомотива на пути ИЦ ЖТ «СЕКО»	54
<i>Романенко В. В., Куксо А. А., Бондаренко Ю. А., Полозов А. Н.</i> Оценка состояния кривых участков пути... ..	56
<i>Романенко В. В., Маркевич И. Г., Куксо А. А., Полозов А. Н.</i> Продление срока службы металлических элементов верхнего строения пути и стрелочных переводов	58
<i>Терехов Е. А., Фролов С. Д., Ржеутский К. В., Кутузов В. В.</i> Выявления правонарушений на дороге с помощью систем видеонаблюдения	60

7 ПРОМЫШЛЕННОЕ И ГРАЖДАНСКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО

<i>Акбаров А. А.</i> Архитектурно-планировочная структура сельских поселений в условиях горного региона Таджикистана	63
<i>Атрошко Е. К., Марендич В. Б.</i> Определение осадок и деформаций конструкций зданий и сооружений геодезическими способами	64
<i>Белюсова Г. Н., Авчинникова Ю. А., Давидович А. Е.</i> Строительство и реконструкция очистных сооружений в дипломном проектировании	66
<i>Беляева Е. В., Такунов А. А., Васильев А. А., Пликус Л. В.</i> Химический анализ бетона защитного слоя	68
<i>Борсук Е. В.</i> Стадийность при проектировании объектов реконструкции	70
<i>Васильев А. А.</i> Оценка срока службы железобетонных элементов с учетом карбонизации бетона	71
<i>Васильев А. А., Гурский Д. М., Козунова О. В.</i> Исследование напряженно-деформированного состояния гибких круглых плит, контактирующих с двухслойным основанием, в вариационной постановке	73
<i>Витовтова А. В., Евтухова Е. В.</i> Влияние снеговых нагрузок на состояние покрытия здания	75
<i>Витовтова А. В., Седун Е. В.</i> Анализ экономической составляющей восстановления строительных конструкций зданий и сооружений	77
<i>Евстратенко А. В.</i> К вопросу обустройства автомобильных дорог Беларуси	78
<i>Игнатов С. В.</i> Укрепление оползневого склона в исторической застройке г. Могилева	80
<i>Карамышев А. А.</i> Ахроматика и обесцвечивание в формообразовании и дизайне строительных объектов	82
<i>Ковырев С. И.</i> Анализ развития градостроительного каркаса г. Гомеля	84
<i>Козунова О. В., Кумашов С. В.</i> Нелинейный расчет по В. И. Соломину фундаментной балки с трещинами на упругом основании	86
<i>Козунова О. В., Сирош К. А.</i> Нелинейный расчет закладной детали опорного узла вариационно-разностным методом	88
<i>Коледа Е. А., Леонович С. Н.</i> Влияние фибры на удобоукладываемость бетонной смеси	89
<i>Коновалова О. Н., Лабус Д. А.</i> Проектирование зданий с обеспечением принципов концепции универсального дизайна посредством прогрессивных конструкций	92
<i>Куновская Г. М., Яковцева О. И.</i> Определение радиуса и крена сооружений тахеометром	94
<i>Куновская Г. М., Яковцева О. И.</i> Создание геодезического обоснования при реконструкции промышленных сооружений	95
<i>Малков И. И., Малков И. Г.</i> Секционные жилые дома в застройке сёл	97
<i>Маркова М. В.</i> Перспективы применения модифицированной композитной арматуры при армировании плит ленточных фундаментов	98
<i>Москалькова Ю. Г., Семенюк Р. П., Дашкевич М. Ю.</i> Керамзитобетон, армированный полимерной фиброй	100
<i>Нестеренко С. В.</i> Формирование малообъемных сооружений на принципах кооперирования, блокировки и совершенствования конструктивных решений	102
<i>Пахомова Л. И.</i> Золошлаковые материалы – уникальный вторичный ресурс XXI века	103
<i>Савельев В. Е.</i> К оценке естественного освещения помещений через зенитные фонари	105
<i>Савельев В. Е.</i> Теплопроводность кладки стен из мелких блоков ячеистой структуры	106
<i>Талébани Мохаммад Масуд.</i> Архитектурное наследие XIX – начала XX вв. Иранского Курдистана	106
<i>Чирков В. И.</i> Временные ряды и основные тренды, используемые в массовой оценке недвижимости	107
<i>Щеглова А. В.</i> Проектирование дошкольных учреждений образования на основе принципов «устойчивой архитектуры»	109

8 ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ ДЛЯ ТРАНСПОРТНОГО И СТРОИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСОВ

<i>Арутюнян А. М., Федотенков Г. В., Кузнецова Ек. Л., Тарлаковский Д. В.</i> Нестационарная контактная задача для прямоугольного в плане штампа и упругого полупространства с полостью	112
<i>Бабайцев А. В., Аунг Чжо Тху, Ян Наинт Мин, Мартиросов М. И., Рабинский Л. Н.</i> Определение механических характеристик алюминиевых пластин с односторонним порошковым покрытием	114
<i>Бабайцев А. В., Соляев Ю. О., Лурье С. А., Рабинский Л. Н.</i> Проектировочный расчет толстостенной композитной конструкции, работающей в условиях высокоскоростного нагружения	115
<i>Бабич С. Ю., Глухов Ю. П., Корниенко В. Ф.</i> Применение комплексных потенциалов в смешанных задачах для предварительно напряженных тел	115
<i>Багно А. М., Шурук Г. И.</i> О критерии существования квазилэмбовских мод в системе «упругий слой – полупространство идеальной жидкости»	117
<i>Большаков Р. С.</i> Возможные подходы в особенностях оценки состояний механических колебательных систем в режимах совместного действия внешних сил	119
<i>Босаков С. В., Козунова О. В.</i> Исследование НДС изолированной плиты на трехслойном основании	121
<i>Босаков С. В., Скачэк П. Д.</i> Расчет сборной дорожной плиты треугольного очертания	123
<i>Бурханов Ш. Д., Бурханов С. Ш.</i> Температура Солнца в зависимости от времени и координаты	125

<i>Вайсфельд Н. Д., Журавлёва З. Ю., Реут В. В.</i> Исследование напряжённо-деформированного состояния полуполосы, ослабленной продольной трещиной	126
<i>Вайсфельд Н. Д., Пожиленков А. В.</i> Исследование напряжённо-деформированного состояния четверти пространства	128
<i>Веренич И. А., Ермоленко А. А., Ванзонак В. В.</i> Управление гидравликой привода отвала бульдозера с геодезической системой GPS	129
<i>Ворожун И. А.</i> Определение сил в элементах крепления труб на платформах автотранспортных средств ..	131
<i>Вьонг Куанг Чык.</i> Новые подходы в задачах формирования структуры вибрационных полей технологических машин	133
<i>Гафуров У. С., Земсков А. В., Тарлаковский Д. В.</i> Модель нестационарных упругодиффузионных колебаний балки Тимошенко	134
<i>Гетманов А. Г.</i> Исследования влияния полимерных эпоксидно-полиэфирных покрытий на механические свойства тонких металлических пластин	136
<i>Голубева Е. А., Бокий М. Ю., Аль-Абси Р. А.</i> Исследования решения задач вязкоупругости с использованием экспериментальных данных	137
<i>Давыдов С. А., Земсков А. В., Федорова А. Д.</i> Алгоритм решения нестационарной задачи термоупругости с учётом перекрёстной диффузии для двухкомпонентного полупространства	138
<i>Егорова О. В.</i> Математическое моделирование динамического поведения неоднородной многосвязной цилиндрической оболочки с целью исследования прочности несущих конструкций авиакосмических систем	140
<i>Елисеев А. В.</i> Динамические свойства локальных структурных образований в механических колебательных системах	141
<i>Елисеев С. В., Нгуен Дык Хуинь.</i> Частотная энергетическая функция системы как основа определения частот собственных колебаний	143
<i>Елисеев С. В., Трофимов А. Н., Пнёв А. Г.</i> Дополнительные связи в задачах динамики технических объектов: динамическое гашение колебаний	145
<i>Захарчук Ю. В.</i> Перемещения в упругопластической круговой трехслойной пластине со сжимаемым заполнителем	147
<i>Зеленая А. С.</i> Постановка задачи об изгибе термоупругой трехслойной прямоугольной пластины со сжимаемым заполнителем	149
<i>Каплюк И. И.</i> Конечно-элементное моделирование тепловых явлений в контактной паре «токоусъемник локомотива – контактный провод электросети»	151
<i>Козел А. Г.</i> Сэндвич-пластина на основании Пастернака	153
<i>Колмогоров В. С., Бабайцев А. В., Рабинский Л. Н.</i> Исследование влияния мелкодисперсных кварцевых наполнителей на физико-механические свойства эпоксидных матриц	155
<i>Коровайцева Е. А., Тарлаковский Д. В.</i> Симметричная плоская контактная задача о взаимодействии абсолютно твердого ударника и вязкоупругой полуплоскости	155
<i>Кракова И. Е., Шимановский А. О., Якубович О. И.</i> Особенности крепления сэндвич-панелей при перевозке автотранспортом	157
<i>Курбатов А. С., Орехов А. А., Рабинский Л. Н.</i> Решение задачи термоустойчивости тонкостенной конструкции при нестационарном тепловом воздействии, возникающем в процессе создания изделий методом селективного лазерного спекания	159
<i>Курбатов А. С., Орехов А. А., Соляев Ю. О., Жаворонок С. И.</i> Построение тестовых решений для верификации моделей растущих тонкостенных изделий в процессе послойного лазерного синтеза	159
<i>Леоненко Д. В.</i> Нагружение трехслойных круговых пластин динамическими параболическими нагрузками..	160
<i>Локтева Н. А., Тарлаковский Д. В.</i> Взаимодействие сферической волны с однородной преградой в грунте	161
<i>Максимюк В. А.</i> Об одной общей причине явлений запираения в численных методах теории оболочек	163
<i>Мейш В. Ф., Мейш Ю. А.</i> К постановке задач о динамическом поведении системы «цилиндрическая оболочка эллиптического сечения – грунтовая среда при импульсных нагрузках»	165
<i>Мейш В. Ф., Мейш Ю. А., Мельник В. М.</i> Построение конечно-разностных схем повышенной точности при решении задач теории конических оболочек	166
<i>Миронов А. С.</i> Динамические реакции связей в соединениях элементов механических колебательных систем	168
<i>Михайлова Е. Ю., Федотенков Г. В., Тарлаковский Д. В.</i> Нестационарное движение сферической оболочки с системой внутренних осцилляторов под воздействием внешнего давления	171
<i>Можаровский В. В.</i> Проблемы расчета деталей сопряжения из композитов в трибологических системах...	172
<i>Можаровский В. В., Кузьменков Д. С., Кулагина М. В.</i> Реализация расчета индентирования покрытий на упругом основании	174
<i>Нестерович А. В.</i> Термосиловое осесимметричное нагружение круговой пластины в своей плоскости	175
<i>Николаев А. В.</i> О расширении возможностей структурного математического моделирования в задачах динамики технических объектов	177

<i>Поддубный А. А., Гордон В. А.</i> Устойчивость частично погруженной сваи	178
<i>Поляков П. О., Рабинский Л. Н., Соляев Ю. О.</i> Топологическая оптимизация структуры фитиля в плоских теплоотводящих основаниях, работающих по принципу тепловых труб	184
<i>Пшеничнюк С. Г.</i> Нестационарные динамические задачи для элементов конструкций из линейно-вязкоупругого материала	184
<i>Радченко В. П., Венценовцев Д. Л.</i> Оценка влияния неплоскостности стенки плоскоовальной трубы теплоотводящего канала на величину тепловой проводимости зоны ее контакта с охлаждаемой поверхностью	186
<i>Старовойтов Э. И., Плескачевский Ю. М., Тарлаковский Д. В.</i> Влияние сжимаемости заполнителя на термосиловое деформирование трехслойного стержня	187
<i>Сторожук Е. А., Чернышенко И. С., Пиголь О. В.</i> Уругоупругое состояние возле кругового отверстия на боковой поверхности эллиптической цилиндрической оболочки	188
<i>Файзибаев Ш. С., Самборская Н. А., Мамаев Ш. И.</i> Моделирование импульсного динамического нагружения на криволинейных поверхностях контакта	190
<i>Чаганова О. С.</i> Анализ влияния способа крепления груза в вагоне на прочность упаковки	192
<i>Чжо Аунг Лин, Рабинский Л. Н.</i> Исследование влияния наномодификации углепластика на остаточное напряженно-деформированное состояние после формования	194

9 ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ВОСПИТАНИЯ СПЕЦИАЛИСТОВ ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА

<i>Аксёничков А. А.</i> Методы стимулирования учебной деятельности студента в транспортном вузе	195
<i>Александров Д. Ю.</i> Совершенствование диагностического аппарата учебных дисциплин, как фактор уменьшения субъективной составляющей оценки знаний студента	197
<i>Бессольнов А. Б., Бессольнова Н. В.</i> Воспитательный потенциал магистратуры в процессе подготовки высококвалифицированных специалистов	199
<i>Близнец Г. И.</i> Организация самостоятельной работы студентов – основа формирования компетентной личности специалиста	201
<i>Богданова Л. В.</i> О мобильном обучении в преподавании иностранных языков	202
<i>Борисенко М. В., Шилько С. В., Кузьминский Ю. Г.</i> Апробация методики оптимизации тренировочного процесса с использованием программно-аппаратного комплекса	204
<i>Вольская И. И., Васьковцова С. О.</i> Методические предпосылки к преподаванию русского языка как иностранного в вузе	206
<i>Гришанкова Н. А.</i> Применение образовательных технологий для развития воспитательного потенциала чтения на иностранном языке студентов транспортного вуза	208
<i>Гурский Е. П., Черноус Д. А.</i> О реализации принципов государственной политики в сфере высшего образования при подготовке инженеров-механиков	209
<i>Гурский Е. П., Черноус Д. А.</i> Формирование экспериментальных учебных планов для специальностей механического факультета БелГУТа	211
<i>Децук В. С.</i> Использование программных продуктов для моделирования экологической ситуации на автотранспортном предприятии	213
<i>Довнорович Л. В.</i> Деловые игры – одна из форм обучения студентов	215
<i>Елопов А. П.</i> Философия и техническое образование в условиях антропологического кризиса	217
<i>Захарова Т. В.</i> Основные принципы дипломного проектирования при разработке конструкции вагонов ...	219
<i>Зенкевич А. Г.</i> Особенности оценки управленческого персонала на железнодорожном транспорте	221
<i>Иоффе Л. А., Короткевич В. А.</i> Самоподготовка и контроль знаний студентов с использованием компьютеров	223
<i>Кекиш Н. А.</i> Реализация моделей смешанного обучения при методической разработке курса специальных дисциплин технологического профиля	224
<i>Кириченко Е. Г.</i> О гуманитаризации инженерного образования в техническом вузе	226
<i>Ковтун Т. А., Габ А. Г.</i> Пути совершенствования образовательных стандартов в морской отрасли Украины .	228
<i>Кузнецова М. Г., Морозова Н. Н.</i> Развитие системы материального стимулирования персонала технического вуза как способ повышения качества подготовки инженерных кадров	230
<i>Кулаженко Ю. И., Казаков Н. Н.</i> Тенденции развития высшего транспортного образования в Республике Беларусь	232
<i>Кулаженко Н. В., Любочко Н. А.</i> Формирование профессиональной компетенции на уроках РКИ как залог будущей успешной карьеры студента	234
<i>Лапкович А. В.</i> Формирование профессиональных умений и навыков учащихся посредством использования электронных тренажеров	236
<i>Липская М. Н.</i> Использование мультимедийных презентаций на занятиях английского языка	238
<i>Машков К. Н., Сушкевич А. С.</i> Использование технологий дополненной и виртуальной реальности в преподавании специальных учебных предметов при подготовке помощников машиниста	240

<i>Морозова О. В.</i> Формирование компетентности будущих специалистов таможенного дела	242
<i>Низова О. В.</i> Современная философия в техническом вузе	244
<i>Полев Е. О., Голдобина Т. А.</i> Технологии разработки справочных систем	246
<i>Рябцева Н. А.</i> Развитие железнодорожного транспорта после Великой Отечественной войны	248
<i>Скрябина Л. С.</i> К вопросу о методологии изучения проблем истории Великой Отечественной войны	250
<i>Соколов Ю. И., Соколова И. И., Гринчар Н. Н., Соловьев А. Д.</i> Перспективы применения новых информационно-образовательных технологий в цифровой экономике	252
<i>Сосновская Т. И.</i> Нравственное воспитание специалистов транспортного комплекса – ключевой фактор психологии безопасности труда	254
<i>Тетерюков Н. К.</i> Использование активных методов образования и воспитания при изучении гуманитарных дисциплин	256
<i>Шатило С. Н., Дорошко С. В.</i> Подготовка специалистов по охране труда для Белорусской железной дороги	258
<i>Шевченко Н. П.</i> Гуманитарная составляющая инженерного образования	260
<i>Шевчук В. Г.</i> Концептуально-иконографический метод анализа математических моделей функционирования технических систем информационного обеспечения транспортных технологических процессов как составляющая инновационного подхода в преподавании дисциплин специализации «системы передачи и распределения информации»	262
<i>Шестак О. Н.</i> Предпринимательское образование как тенденция развития образовательных технологий	263
<i>Шинкевич Т. Л., Шарай Л. В.</i> Облачные технологии. Использование для дистанционного контроля знаний студентов	265
<i>Ярмоленка А. У.</i> Крэатыўны і выхаваўчы патэнцыял вывучэння біяграфічнай прозы ў тэхнічным універсітэце	267

10 ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОРГАНИЗАЦИИ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК

<i>Белоус А. Н.</i> Информационные хабы как элемент трансформации транспортно-пересадочных узлов в XXI веке	269
<i>Бойкачев М. А.</i> Значение маркетинговых инноваций в системе управления	270
<i>Бойкачева Е. В.</i> Значение маркетинга в повышении эффективности пассажирских перевозок на транспорте.....	272
<i>Бранзия Р. Л., Филаретова Н. В., Николаев К. Ю., Мустафин И. Ф.</i> Обоснование параметров организации диаметрального движения в Московском железнодорожном узле	274
<i>Вакуленко С. П., Головнич А. К.</i> Мультимодальные пассажирские перевозки в условиях развития скоростного железнодорожного транспорта	276
<i>Власюк Т. А.</i> Особенности применения метода технико-биологических аналогий для оценки взаимодействия видов транспорта в агломерации	277
<i>Власюк Т. А.</i> Ретроспектива формирования и развития научных школ географии транспорта в контексте урбанистических процессов в середине XIX – начале XXI веков	278
<i>Гизатуллина В. Г., Гизатуллина В. А., Авраменко И. В.</i> Оценка технологических операций при осуществлении пассажирских перевозок	281
<i>Головнич А. К.</i> Трехмерная визуализация процессов на модели пассажирской станции	282
<i>Горяинова Т. В., Михальченко А. А.</i> Бюджетирование инновационной деятельности железной дороги	283
<i>Ибрагимов Н. Н.</i> Инновационные технологии организации плодоовощных перевозок	285
<i>Леонова С. А.</i> Роль транспортно-пересадочного узла «Смышляевка» в системе городского пассажирского транспорта	286
<i>Лучникова Т. П.</i> Оценка влияния внешних факторов на использование транзитного потенциала Украины предприятиями железнодорожного транспорта	288
<i>Машарский З. В.</i> Инновационные подходы к повышению эффективности производственной деятельности областных аэропортов Республики Беларусь	290
<i>Мельник Т. С.</i> Комплекс необходимых принципов маркетинговых исследований в рамках усовершенствованного методологического подхода к управлению потребительской ценностью услуг для пассажиров	292
<i>Мельник Т. С.</i> Роль маркетинговых исследований в повышении уровня взаимодействия железнодорожного транспорта с пассажирами	293
<i>Михальченко А. А., Коцур В. С.</i> Современные подходы в инвестиционной деятельности для развития железной дороги	295
<i>Михальченко А. А., Власюк Т. А., Ходоскина О. А., Белоус А. Н.</i> Технологические особенности трансформации транспортно-пересадочных узлов в XXI веке	297
<i>Савченко А. В.</i> Развитие транспортной логистики на основе создания мультимодальных транспортно-логистических центров	299
<i>Ходоскин Д. П.</i> Обзор методов исследования дорожно-транспортных происшествий в попутном потоке ..	301

<i>Ходоскина О. А.</i> Логистика пассажирских перевозок как объект экономико-математического моделирования	303
<i>Христофор О. В.</i> Обоснование необходимости формирования сбалансированной системы показателей для эффективного управления железнодорожным транспортом Украины	305
<i>Шорец Т. В.</i> Место и роль краудсорсинга в совершенствовании пассажирских перевозок на железнодорожном транспорте	306
<i>Яновская В. П., Творонович В. И., Творонович И. А.</i> Особенности маркетингового подхода к организации пассажирских перевозок	308

Научно-практическое издание

**АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ
ТРАНСПОРТНОГО И СТРОИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСОВ**

Материалы IV Международной научно-практической конференции,
посвященной 65-летию БИИЖТа-БелГУТа

Часть 2

Издается в авторской редакции

Технический редактор *В. Н. Кучерова*
Корректоры: *А. А. Павлюченкова, Л. С. Репикова, И. И. Эвентов*
Компьютерная верстка – *М. А. Килощичкая, Т. А. Пугач*

Подписано в печать 25.09.2018 г. Формат 60x84^{1/8}.
Бумага офсетная. Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе.
Усл. печ. л. 36,73. Уч.-изд. л. 36,41. Тираж 150 экз.
Зак. №. 3379. Изд. № 72

Издатель и полиграфическое исполнение:
Белорусский государственный университет транспорта.
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий
№ 1/361 от 13.06.2014.
№ 2/104 от 01.04.2014.
№ 3/1583 от 14.11.2017.
Ул. Кирова, 34, 246653, Гомель