УДК 539.3

А. А. ПОДДУБНЫЙ, кандидат физико-математических наук, А. В. ЯРОВАЯ, доктор физико-математических наук
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ БЫСТРОВОЗВОДИМЫХ МОСТОВ И ПЕРЕПРАВ

Рассмотрены перспективы применения быстровозводимых мостов и переправ. Предложено создать научно-исследовательскую лабораторию по изучению и проектированию быстровозводимых мостов и переправ на базе учреждения образования «Белорусский государственный университет транспорта». Определены основные направления деятельности предлагаемой лаборатории. Представлены решенные научно-практические задачи по совершенствованию и модернизации сборно-разборных мостовых конструкций. Оценены возможности подготовки специалистов.

Введение. Мосты и переправы во все периоды истории человечества играли крупную и часто решающую роль в развитии транспортной инфраструктуры страны. При этом характер переправочно-мостовых средств, а также условий и способов их использования, естественно, изменялись в соответствии с развитием экономики и производительных сил человеческого общества.

В современных условиях возникновения локальных конфликтов, террористических угроз при ежегодно возникающих чрезвычайных ситуациях (наводнения, пожары, землетрясения, промышленные и транспортные аварии и т. д.) особое внимание необходимо обратить на развитие быстровозводимых мостов и переправ. Это единственный возможный способ открытия сквозного движения в короткое время на барьерном участке транспортной сети в случае его разрушения или временного строительства нового мостового перехода.

Направления научных исследований.

Для продуктивной работы в области применения быстровозводимых мостов и переправ необходимо объединить опытных ученых, имеющих свои научные школы по проведению фундаментальных исследований, инженеров-мостовиков с опытом проектирования и строительства искусственных сооружений, материальную базу. Назрела необходимость создания научно-исследовательской лаборатории по изучению и проектированию быстровозводимых мостов и переправ на базе учреждения образования «Белорусский государственный университет транспорта».

Основные направления деятельности предлагаемой лаборатории:

– исследование требований к временному строительству мостовых переходов;

– геодезическое исследование барьерных участков на транспортной сети, проектирование искусственных сооружений с использованием разработанных методик и новых информационных технологий;

– применение современных табельных инвентарных конструкций временных мостов и переправ;

– обучение и подготовка кадров, способных решать оперативные и тактические задачи в интересах развития и безопасной эксплуатации транспортной инфраструктуры Республики Беларусь;

Исследование требований к временному строительству мостовых переходов. К временным мостам и переправам предъявляются соответствующие требования, которые излагаются в руководящих и нормативных документах.

К временному строительству мостового перехода должны быть определены следующие требования:

– оперативно-тактические;

– технические;

– нормативные.

Оперативно тактические требования определяют:

– сроки открытия движения через водные преграды;

– пропускную способность, масса транспорта;

– сроки службы временных мостовых переходов;

– обеспечение живучести мостовых переходов;

– сроки замены вышедших из строя сооружений.

Технические требования определяют:

– вид и способ временного строительства мостового перехода, его этапы;

– вид тяги и длину поезда, вес автомобильной и гусеничной техники;

– подмостовой габарит, обеспечение судоходства;

– обеспечение пропуска высоких вод и ледоходов;

– ширину колеи, проезжей части;

– скорость движения по мостам.

Нормативные требования определяют:

– конструктивные характеристики восстанавливаемых сооружений (расположение в плане и профиле, допускаемые уклоны, основные требования к конструкции и конструированию, указания по расчету, деформативные характеристики конструкций, расчетные характеристики материалов);

– технологию сооружения элементов мостов и переправ.

Существующие строительные нормы и правила, инструкции, технические условия по проектированию не в полной мере отражают всю необходимую информацию, учитывающую особенности временного строительства быстровозводимых мостов и переправ. Необходимо учесть требования к современным нагрузкам, условия применения временного строительства, организации на которых будут возложены задачи, переработать документы и принять их к руководству. Данная работа уже проводится, но с учетом ограничения распространения информации в открытой печати, не может быть изложена в полном объеме.

Геодезическое исследование барьерных участков на транспортной сети, проектирование искусственных сооружений с использованием разрабо-

танных методик и новых информационных технологий.

При проведении геодезических исследований барьерных участков на транспортной сети было выяснено, что в связи с климатическими изменениями произошли естественные изменения в районе мостовых переходов. Русла рек обмелели, появились заболоченности, существенно поменялась высота берегов и т. д. Имеются расхождения с существующими данными проводимой ранее технической разведкой. Уже сегодня необходимо приступать к геодезическому исследованию, начиная с наиболее важных мостовых переходов. Эти данные должны использоваться для составления более обоснованных проектных соображений с учетом применения новых сборно-разборных мостовых конструкций.

При строительстве и восстановлении искусственных сооружений на железных и автомобильных дорогах широко используются неоднородные слоистые, в том числе трехслойные, элементы конструкций. Эти конструкции изготавливают из различных материалов, среди которых в настоящее время широко распространено применение полимерных, композиционных, функционально-градиентных материалов, ауксетиков и т. д. Вопросам расчета напряженно-деформированного состояния слоистых стержней, пластин и оболочек уделяется большое внимание, так как во многих случаях эти конструкции являются элементами сложных и ответственных сооружений.

На практике приходится сталкиваться со случаями, когда конструкция не полностью опирается на основание. Причиной появления зазора между конструкцией и основанием могут быть как техногенные условия в зоне строительства, так и природные условия. Это приводит к изменению расчетной схемы и напряженно-деформированного состояния рассматриваемого элемента, что в ряде случаев может привести к его преждевременному разрушению [1, 2].

Разработаны электронные модели, включающие компьютерные программы, написанные в программной среде Mathcad для численного анализа напряженно-деформированного состояния слоистых конструкций. Эти программы позволяют определять перемещения, деформации и напряжения в трехслойных конструкциях с различными геометрическими и механическими характеристиками слоев, жестком и шарнирном закреплении или без него, наличии и отсутствии диафрагм на торцах, при различных видах нагрузок, жесткости упругого основания, размерах участков опирания и оценивать прочность и жесткость конструкций [3, 4].

Разработанные методики и компьютерные программы могут использоваться в проектных организациях строительного и машиностроительного профиля при расчетах сборно-разборных настилов, SIP-панелей при возведении жилых зданий и хозяйственных ангаров, панелей из пенометаллов для строительства бронемашин и авиастроения, мостовых конструкций.

BIM-технологии в проектировании и строительстве мостов с каждым годом используются всё более широко. Как правило, это типовые мосты (они составляют около 90 % от всех мостов); на стадии планирования созданы необходимые функции управления персоналом. На стадии проектирования проводится построение моделей и визуализация, анализ проектирования и детализация); на стадии строительства – расчет и изготовление конструкций).

Применение полученных собственных научных разработок, новых программных комплексов, позволит существенно ускорить работу инженеров при создании и совершенствовании мостовых конструкций.

Применение современных табельных инвентарных конструкций временных мостов и переправ.

Республика Беларусь является современным независимым демократическим государством, способным защитить свой народ и территориальную целостность в случае возникновения агрессии. Анализ современных конфликтов показал, что в первую очередь противник будет уничтожать транспортные коммуникации. В нашей республике вероятность разрушения объектов по барьерным рубежам рек Сож, Днепр, Друть, Березина, Птичь, Неман составит: больших мостов – до 100 %, средних мостов – до 50 %, малых мостов – до 10 %, крупных железнодорожных узлов – до 100 %.

Наиболее сложным и трудоемким видом работ является восстановление мостов через широкие и глубокие реки. Расчетное время восстановления движения через водные преграды по железной дороге не должно превышать 3–4 суток. Силы и средства Белорусской железной дороги и департамента «Белавтодор» Министерства транспорта и коммуникаций Республики Беларусь не имеют возможностей по восстановлению объектов в установленные сроки. Поэтому многократно возрастает роль транспортных войск при выполнении задач восстановления инфраструктуры транспорта с использованием инвентарного имущества: наплавных железнодорожных мостов (НЖМ-56), рамно-эстакадных мостов (РЭМ-500), сборно-разборных пролетных строений (СРП), других материалов и конструкций.

Один из недостатков рамно-эстакадных мостов (РЭМ-500) и сборно-разборных пролетных строений (СРП) – отсутствие инвентарного автодорожного проезда под совмещенную езду железнодорожного и автомобильного транспорта. Эта проблема не дает эксплуатировать восстановленные железнодорожные мосты с помощью вышеуказанных конструкций для одновременного пропуска автомобилей и поездов. При строительстве двух мостов многократно увеличиваются затраты во времени и ресурсах.

С целью экономии денежных средств, необходимых для закупки новых дорогостоящих быстровозводимых мостов, была проведена научная работа в области прикладных исследований, с целью создания новых дорожно-мостовых инвентарных конструкций для пропуска по железнодорожному временному мосту и РЭМ-500 автомобильной и гусеничной техники. При выполнении НИР «Сэндвич» в интересах Департамента транспортного обеспечения МО Республики Беларусь была рассчитана и спроектирована новая конструкция сборно-разборного дорожного настила, который может быть использован для устройства проезжей части колейного или сплошного типа (рисунок 1).

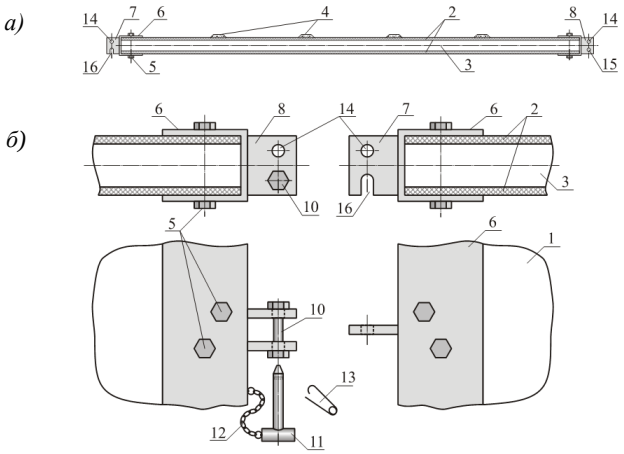

Рисунок 1 – Конструкция сборно-разборного дорожного настила:
а – плита настила, вид сбоку; *б* – стыковой замок, вид сбоку и сверху; *1* – плита; *2* – наружные несущие листы; *3* – заполнитель; *4* – трапециевидные поперечные ребра противоскольжения; *5* – болты; *6* – П-образные торцевые усиления; *7* – зуб; 8 – вилка; *10* – разборный штырь; *11* – соединительный штырь; 12 – цепочка; *13* – стопорная булавка; *14* – верхнее отверстие; *15* – нижнее отверстие; *16* – нижний вырез

Для приспособления верхнего строения пути пролетных строений при необходимости пропуска по железнодорожному мосту автомобильной и гусеничной техники была рассчитана и спроектирована новая конструкция сборно-разборного автодорожного настила (рисунок 2). По результатам исследования получены патенты на изобретение № 19687 «Сборно-разборный дорожный настил» и полезную модель № 10312 «Сборно-разборный автодорожный настил» [5, 6].

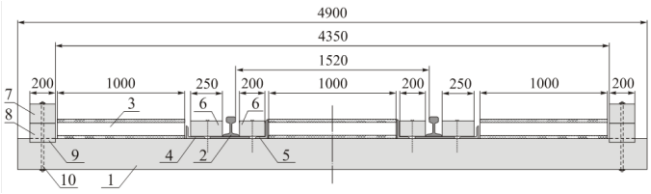

Рисунок 2 – Конструкция сборно-разборного автодорожного настила:
1 – мостовое полотно на деревянных брусьях (усиленный тип) 20×24 см; *2* – рельс Р-43, Р-50, Р-65; *3* – сборно-разборная дорожная площадка; 4 – контр уголок 160×100×14 мм; *5* – противоугонный (охранный) уголок 160×100×12 мм; 6 – межколейный брус; *7* – колесоотбойный брус 15×20 см; *8* – противоугонный брус 15×20 см; *9* – врубка 3 см

Быстровозводимые инвентарные мостовые конструкции: металлическая сборно-разборная эстакада РЭМ-500; наплавной железнодорожный мост НЖМ-56; инвентарное мостовое имущество ИМИ-60; рамно-винтовые опоры (РВО); сборно-разборные пролетные строения (СРП) и другие несмотря на большой срок эксплуатации и хранения предоставляют собой самое эффективное средство для скоростного восстановления мостовых переходов.

Существуют в Республике Беларусь и принципиально новое имущество мост-лента МЛЖ-ВТ-ВФ, которое разработано и серийно выпускается в Российской Федерации для железнодорожных войск.

В 2016 году проведена научная работа в области прикладных исследований и решена научно-практическая задача по комбинированию пролетных строений инвентарных мостов НЖМ-56, РЭМ-500, с рамно-винтовыми опорами из имущества МЛЖ-ВТ-ВФ. Разработан и запатентован соединительный элемент (марка ПТ 9/71) [7]. По своим конструктивным особенностям он выполняет функцию опорной части комбинированного моста (рисунок 3).

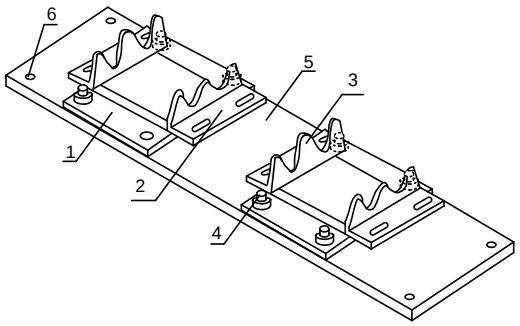

Рисунок 3 – Соединительный элемент ПТ 9/71

Данный элемент моста предназначен для установки пролетных строений из имущества РЭМ-500 на инвентарные опоры имущества МЛЖ-ВТ-ВФ. Соединительный элемент крепится к ригелю опоры из имущества МЛЖ-ВТ-ВФ при помощи четырех болтов. После установки соединительного элемента производится установка пролетного строения из имущества РЭМ-500.

Использование соединительного элемента дает возможность компоновать между собой пролетные строения инвентарных мостов РЭМ-500, НЖМ-56 с рамно-винтовыми опорами из имущества МЛЖ-ВТ-ВФ. Это техническое решение позволяет комбинировать инвентарные конструкции между собой при сооружении временного мостового перехода через водную преграду (рисунок 4).

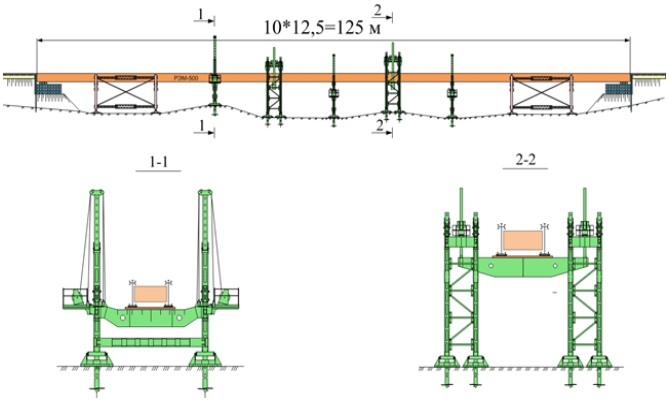

Рисунок 4 – Схема комбинированного моста с использованием имущества РЭМ-500 и МЛЖ-ВТ-ВФ

Такая схема позволит увеличить грузоподъемность и устойчивость инвентарного имущества РЭМ-500.

Новые дорогостоящие быстровозводимые мосты и переправы могут позволить себе организации, обладающие достаточно большими финансовыми возможностями. Существующие сборно-разборные мосты не стоит списывать раньше времени. Благодаря научному обоснованию, проведенной модернизации и испытаниям, конструкции временных мостов прослужат еще долгие годы. За это время будут изучены все слабые и сильные стороны новых быстровозводимых мостов, сделаны правильные выводы при их разработке, изготовлению или закупки.

Обучение и подготовка кадров, способных решать оперативные и тактические задачи в интересах развития и безопасной эксплуатации транспортной инфраструктуры Республики Беларусь.

Сегодня в учреждении образования «Белорусский государственный университет транспорта» проводится обучение специалистов в интересах Департамента транспортного обучения Министерства обороны Республики Беларусь и Государственного пограничного комитета Республики Беларусь. Материальная база позволяет готовить высококлассных инженеров транспорта, обладающих специальными знаниями и навыками. На собственном учебном полигоне есть все современные образцы быстровозводимых мостов и переправ. Практические навыки у обучаемых закрепляются при выполнении учебно-практических задач на реальных объектах транспортной инфраструктуры.

Для подготовки специалистов по использованию инвентарных конструкций быстровозводимых мостов и переправ в интересах Белорусской железной дороги и департамента «Белавтодор» Министерства транспорта и коммуникаций Республики Беларусь нужно организовать курсы повышения квалификации с руководящим составом указанных организаций в университете. После обучения должностных лиц необходимо ежегодно проводить совместные тренировки и учения с целью приобретения практических навыков у специалистов и организации взаимодействия между транспортными структурами.

Выводы. Перспективы применения быстровозводимых мостов и переправ очевидны. Не имея хорошей методической, научной, технической и практической базы, задачи по быстрому временному восстановлению мостовых переходов будут невыполнимы. Это приведет к предсказуемым потерям.

Работа выполнена при поддержке БРФФИ (проект Т16Р-010).

Список литературы

1 **Поддубный, А. А.** Теоретическое и экспериментальное определение перемещений трехслойной балки при неполном контакте с упругим основанием / А. А. Поддубный, А. В. Яровая // Мир транспорта и технологических машин. – 2015. – № 3 (50). – С. 256–262.

2 **Яровая, А. В.** Деформирование упругой трехслойной балки, частично опертой на упругое основание, под действием равномерно распределенной нагрузки / А. В. Яровая, А. А. Поддубный // Теоретическая и прикладная механика. – 2016. – № 31. – С. 242–246.

3 Напряженно-деформированное состояние трехслойной балки, частично опертой на упругое основание: регистрационное свидетельство № 5301403768 от 03 марта 2014 г. / А. В. Яровая, А. А. Поддубный / Государственный регистр информационных ресурсов НИРУП ИППС. – 2014.

4 Напряженно-деформированное состояние трехслойной пластины, частично опертой на упругое основание, при цилиндрическом изгибе: регистрационное свидетельство № 5301403769 от 03 марта 2014 г. / А. В. Яровая, А. А. Поддубный / Государственный регистр информационных ресурсов НИРУП ИППС. – 2014.

5 Сборно-разборный дорожный настил : пат. BY 19687 / А. В. Яровая, А. А. Поддубный. – Опубл. 30.12.2015.

6 Сборно-разборный автодорожный настил: полез. модель BY 10312 / А. В. Яровая, А. А. Поддубный. – Опубл. 30.10.2014.

7 Опорная часть моста: полез. модель u 20160085 / С. И. Новиков, А. В. Яровая, А. А. Поддубный [и др.]. – Регистр. № 11366 – 01.02.2017.

Получено 05.05.2017

A. A. Poddubny, A. V. Yarovaya. Prospects for the use of pre-fabricated bridges and crossings.

The prospects of the use of pre-fabricated bridges and crossings. Asked to create a research laboratory for the study and design of prefabricated bridges and crossings on the basis of educational institution "Belarusian state University of transport". The main directions of the activities of the proposed lab. Presents solved scientific and practical problems on the improvement and modernization of prefabricated bridge structures. The assessment of the possibility of training.