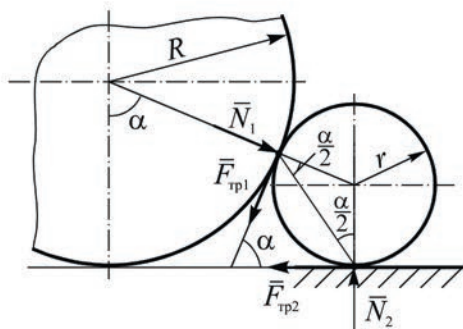
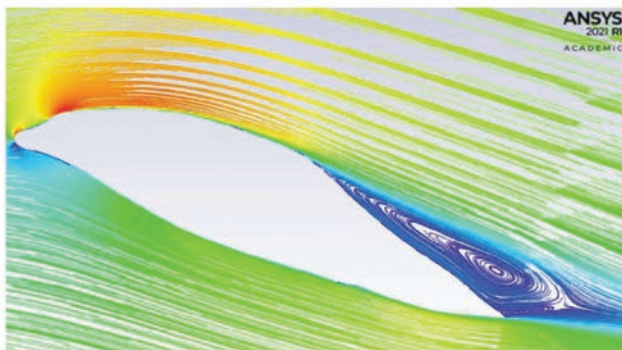


Учреждение образования
"Белорусский государственный
университет транспорта"

Кафедра
технической физики
и теоретической механики

МЕХАНИКА

ИССЛЕДОВАНИЯ И ИННОВАЦИИ



Выпуск 14

2021

MECHANICS

Researches and Innovations

Volume 14

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

Кафедра технической физики и теоретической механики

МЕХАНИКА. ИССЛЕДОВАНИЯ И ИННОВАЦИИ

Международный сборник научных трудов

Выпуск 14

Под редакцией
доктора технических наук, профессора *А. О. ШИМАНОВСКОГО*

Гомель 2021

В сборнике публикуются материалы, представленные на Международном семинаре преподавателей вузов по теоретической механике, состоявшемся в Белорусском государственном университете транспорта.

Для преподавателей вузов, ученых, занимающихся исследованиями в области механики. Может быть полезен аспирантам, студентам технических вузов, инженерно-техническим работникам.

Сборник включен в перечень научных изданий Республики Беларусь для опубликования результатов диссертационных исследований по направлениям: механика и машиностроение по технической отрасли и механика физико-математической отрасли науки.

Редакционная коллегия:

Шимановский А. О. (главный редактор), доктор технических наук, профессор (Гомель, БелГУТ);

Путьто А. В. (зам. главного редактора), доктор технических наук, доцент (Гомель, ГГТУ им. П. О. Сухого);

Черноус Д. А. (отв. секретарь), кандидат технических наук, доцент (Гомель, БелГУТ);

Богданович П. Н., доктор технических наук, профессор (Гомель, БелГУТ);

Боцко Й. С., PhD, профессор (Словакия, Кошице, Технический университет Кошице);

Галай Э. И., доктор технических наук, доцент (Гомель, БелГУТ);

Довгяло В. А., доктор технических наук, профессор (Гомель, БелГУТ);

Кузнецова М. Г., кандидат технических наук, доцент (Гомель, БелГУТ);

Леоненко Д. В., доктор физико-математических наук, доцент (Гомель, БелГУТ);

Плескачевский Ю. М., доктор технических наук, член-корреспондент НАН Беларуси (Минск, БНТУ);

Старовойтов Э. И., доктор физико-математических наук, профессор (Гомель, БелГУТ);

Халецки М., PhD (Польша, Варшава, SGGW);

Шабловский О. Н., доктор физико-математических наук, профессор (Гомель, ГГТУ им. П. О. Сухого)

СОДЕРЖАНИЕ

Научные публикации

<i>Батюк Л. В., Кизилова Н. Н.</i> Реологические свойства и механическая прочность мембран эритроцитов	5
<i>Бобрицкий С. М., Шимановский А. О.</i> Подходы к проектированию сборно-разборных временных мостов из местных материалов.....	11
<i>Босаков С. В., Котов Ю. Н.</i> Статический расчёт балочной плиты на упругом основании при условии ограничений на перемещения плиты.....	17
<i>Васильев С. М., Пищик А. В.</i> Анализ поврежденных узла пятник – подпятник вагонов-платформ для перевозки крупнотоннажных контейнеров.....	24
<i>Веремейчик А. И., Хвисевич В. М., Сазонов М. И.</i> Исследование температурного поля и напряжённо-деформированного состояния ножей дробильной машины при поверхностном плазменном упрочнении.....	29
<i>Гахраманов В. Ф., Асланов Э. А.</i> Формирование пластичного хромированного слоя большой глубины	41
<i>Диулин Д. А., Кузнецова М. Г.</i> Оценка несущей способности вертикальных стволов шахт на основе компьютерного моделирования	47
<i>Дуриляк В. В., Кизилова Н. Н., Корякина О. А., Халин А. И., Шишов Н. И.</i> Оценка аэродинамических характеристик бионических форм	57
<i>Инагамов С. Г.</i> Фрикционный узел колодочного тормоза локомотивов и грузовых вагонов	67
<i>Ковтун В. А., Пасовец В. Н., Лодня В. А.</i> Исследование величины энергии взаимодействия углеродных нанотрубок	75
<i>Коднянко Е. В., Черноус Д. А.</i> Расчёт контактного сдвигового напряжения для колеса с деформируемой периферией	83
<i>Козел А. Г.</i> Термосиловой изгиб упругой трёхслойной пластины на основании Пастернака	90
<i>Козунова О. В., Сирош К. А.</i> Нелинейный расчёт регулярной системы железобетонных балок на упругом основании при действии симметричной нагрузки....	97
<i>Коробов В. И., Ревина Т. В.</i> Гашение колебаний материальной точки на пружине при жёсткости пружины, заданной неточно.....	105
<i>Короткевич С. Г., Ковтун В. А.</i> Экспериментально-теоретическое исследование напряжённо-деформированного состояния цистерн пожарных автомобилей в процессе их эксплуатации.....	112
<i>Кракова И. Е., Якубович О. И., Карабаев А. М.</i> Анализ напряжённо-деформированного состояния слоистых конструкций с учётом температурных деформаций	119
<i>Леоненко Д. В.</i> Локальное нагружение ступенчатой круговой сэндвич-пластины..	126
<i>Локтионов А. В., Сидорович А. А.</i> Кинематические и динамические уравнения движения пространственного исполнительного механизма в сферических координатах... ..	131
<i>Локтионов А. В.</i> Расчет кинематических параметров режущих головок пространственных исполнительных механизмов с учётом углов поворота резцедержателя и резца. ..	141
<i>Маркова М. В.</i> Собственные колебания круговой трёхслойной ступенчатой пластины	147

<i>Мартыненко Т. М., Пронкевич С. А., Мартыненко И. М.</i> Моделирование процессов деформирования и разрушения конструкции балочного типа при импульсном нагружении.....	159
<i>Патапаў У. А., Русан С. І., Сівачэнка Л. А.</i> Даследаванне асіметрыі ваганняў выхаднога зв'язна прываднога механізма ланцужага аграгата.....	167
<i>Патапаў У. А., Русан С. І., Сівачэнка Л. А.</i> Методыка ўстаўлення залежнасцей паміж каардынатамі і вугламі ў сістэме дзвюх акружнасцей, злучаных адрэзкам.....	174
<i>Пигунов А. В., Пигунов В. В., Дашук П. А.</i> Европейские разработки в области реализации концепции применения съёмных кузовов.....	183
<i>Путятю А. В., Огородников Л. В., Пытлев С. М.</i> Анализ технического состояния парка вагонов дизель-поездов серии ДРБ1 Белорусской железной дороги.....	190
<i>Рабецкая О. И., Фищенко Е. Н.</i> Режим работы подшипника скольжения с учетом граничных условий.....	195
<i>Рычак Н. Л., Кизилова Н. Н.</i> Механическая нагрузка и повреждение элементов городской инфраструктуры при штормовом ветре.....	200
<i>Сахаров П. А., Юлдашов А. А.</i> Исследование продольной динамики грузового поезда при электродинамическом торможении в условиях горного участка железной дороги Ангрэн – Пап.....	210
<i>Старовойтов Э. И.</i> Изгиб трехслойной пластины нейтронным потоком.....	221
<i>Францкевич В. С., Высоцкая Н. А., Дворник А. П.</i> Гранулирование сложносмешанных удобрений в барабанном грануляторе-сушилке.....	226
<i>Холодарь Б. Г.</i> Диаграммы обратного нагружения и напряжения в сечении изогнутого стержня при реверсе нагрузки.....	234
<i>Цереня А. А., Грибков Ю. А.</i> Инерционно-пружинный синхронизатор трансмиссии тягово-транспортного средства с тарельчатыми пружинами.....	244
<i>Шимановский А. О., Чирта П. П., Дьяков Д. В.</i> Моделирование элементов конструкций привода поручня эскалатора метрополитена.....	253
Краткие сообщения	
<i>Зуев А. А., Назарова Л. П., Фалькова Е. В., Данилов Н. А.</i> Определение потерь на дисковое трение при расчетах турбонасосных агрегатов.....	259
<i>Зуев А. А., Назарова Л. П., Фалькова Е. В., Данилов Н. А.</i> Динамически нестабилизированные течения в проточных частях турбонасосных агрегатов.....	262
Учебно-методические публикации	
<i>Ji Lin, Dong Lei, Jing Li.</i> Reform of teaching mechanical disciplines and exploration for top creative talents in Hohai University.....	265
<i>Комнатный Д. В., Черноус Д. А.</i> Использование заданий по анализу простых машин для повышения практической подготовки студентов.....	270
<i>Локтионов А. В., Сидорович А. А.</i> Анализ малых колебаний эллиптического маятника с применением теоремы об изменении кинетического момента в относительном движении.....	275
<i>Шимановский А. О., Кузнецова М. Г., Кракова И. Е.</i> XVII Международная олимпиада по теоретической механике.....	280
1 Условия задач.....	282
2 Решения задач.....	284
3 Результаты конкурса.....	292
4 Команды-участницы и их руководители.....	293
Правила оформления статей	295

Батюк, Л. В. Реологические свойства и механическая прочность мембран эритроцитов / Л. В. Батюк, Н. Н. Кизилова // Механика. Исследования и инновации. – 2021. – Вып. 14. – С. 5–10.

Л. В. БАТЮК¹, Н. Н. КИЗИЛОВА²

¹Харьковский национальный медицинский университет, Харьков, Украина

²Харьковский национальный университет им. В. Н. Каразина, Харьков, Украина

РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И МЕХАНИЧЕСКАЯ ПРОЧНОСТЬ МЕМБРАН ЭРИТРОЦИТОВ

Механические свойства мембран эритроцитов и других биологических клеток обеспечивают их прочность, сохранение формы, деформируемость и подвижность при движении с потоком жидкости через кровеносные сосуды, протоки внутренних органов и трубки биомедицинских устройств. Сложные реологические свойства клеток крови связаны с многослойным строением их внешней оболочки. В работе предложена многослойная модель поверхности эритроцита, каждый слой которой обладает вязкоупругими свойствами. Представлены уравнения колебаний поверхности и исследованы собственные частоты колебаний в зависимости от параметров слоев. Полученные результаты могут быть использованы для более точной диагностики состояния как системы крови, так и организма в целом.

Ключевые слова: мембрана, механическая прочность, реологические свойства, вязкоупругость, свободные колебания.

RHEOLOGICAL PROPERTIES AND MECHANICAL STRENGTH OF ERYTHROCYTE MEMBRANES

The mechanical properties of membranes of erythrocytes and other biological cells ensure their strength, shape retention, deformability and mobility while moving with a fluid flow through blood vessels, ducts of internal organs and tubes of biomedical devices. The complex rheological properties of blood cells are associated with the multilayer structure of their outer shell. In this work, a multilayer model of the erythrocyte surface is proposed, each layer of the surface has viscoelastic properties. Equations for surface vibrations are demonstrated and natural frequencies of vibrations are investigated depending on the parameters of the layers. The obtained results can be used for more accurate diagnostics of the state of both the blood system and the body as a whole.

Keywords: membrane, mechanical strength, rheological properties, viscoelasticity, free oscillations.

Бобрицкий, С. М. Подходы к проектированию сборно-разборных временных мостов из местных материалов / С. М. Бобрицкий, А. О. Шимановский // Механика. Исследования и инновации. – 2021. – Вып. 14. – С. 11–16.

С. М. БОБРИЦКИЙ, А. О. ШИМАНОВСКИЙ

Белорусский государственный университет транспорта, Гомель, Беларусь

ПОДХОДЫ К ПРОЕКТИРОВАНИЮ СБОРНО-РАЗБОРНЫХ ВРЕМЕННЫХ МОСТОВ ИЗ МЕСТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Представлены существующие инвентарные конструкции отечественного и зарубежного производства, применяемые при краткосрочном (временном) восстановлении мостов, обсуждены их достоинства и недостатки. Предложен алгоритм проектирования сборно-разборного краткосрочного (временного) моста из местных материалов. В основу алгоритма положены современные принципы формообразования конструкций мостовых сооружений, в том числе, биомиметический подход, а также использование современных методов имитационного моделирования.

Ключевые слова: мостовые сооружения, местные материалы, формообразование, биомиметический подход, имитационное моделирование.

S. M. BABRYTSKI, A. O. SHIMANOVSKY

Belarusian State University of Transport, Gomel, Belarus

APPROACHES TO THE DESIGN OF PREFABRICATED-DISMOUNTABLE TEMPORARY BRIDGES MADE OF LOCAL MATERIALS

The article presents the existing inventory bridge structures of domestic and foreign production, used for the short-term (temporary) bridge restoration, their advantages and disadvantages are discussed. An algorithm for designing a prefabricated-dismountable short-term (temporary) bridge made of local materials is suggested. The algorithm is based on modern principles of bridge constructions shaping, including biomimetic approach, as well as the usage of modern imitation methods to solve the problem.

Keywords: bridge structures, local materials, shaping, biomimetic approach, imitation modeling.

Босаков, С. В. Статический расчет балочной плиты на упругом основании при условии ограничений на перемещения плиты / С. В. Босаков, Ю. Н. Котов // *Механика. Исследования и инновации.* – 2021. – Вып. 14. – С. 17–23.

С. В. БОСАКОВ¹, Ю. Н. КОТОВ²

¹*Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь*

²*Белорусско-Российский университет, Могилев, Беларусь*

СТАТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ БАЛОЧНОЙ ПЛИТЫ НА УПРУГОМ ОСНОВАНИИ ПРИ УСЛОВИИ ОГРАНИЧЕНИЙ НА ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ПЛИТЫ

Рассматривается статический расчет балочной плиты на упругом основании способом Б. Н. Жемочкина при условии ограничений на некоторые перемещения плиты. Изучается случай плоской деформации для ленточного фундамента, при котором ряд точек балочной фундаментной плиты остается на одной прямой. Приведен пример расчета балочной плиты, три точки которой лежат на одной прямой на упругом слое.

Ключевые слова: балочная плита, перемещения плиты, способ Жемочкина, упругий слой.

S. V. BOSAKOV¹, Y. N. KOTOV²

¹*Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus*

²*Belarusian-Russian University, Mogilev, Belarus*

STATIC CALCULATION OF A BEAM PLATE ON AN ELASTIC BASE UNDER THE CONDITION OF LIMITATIONS ON THE SLAB MOTIONS

The article deals with the static calculation of a beam plate on an elastic base by the method of B. N. Zhemochkin under the condition of limitations on some plate motions. There is considered the case of planar deformation for the strip foundation, when a number of points of the beam foundation plate are on one straight line. There is shown an example of the beam plate calculation on an elastic layer with three points of the plate lying on the same straight line.

Keywords: beam plate, plate displacement, Zhemochkin's method, elastic layer.

Васильев, С. М. Анализ повреждений узла пятник – подпятник вагонов-платформ для перевозки крупнотоннажных контейнеров / С. М. Васильев, А. В. Пищик // Механика. Исследования и инновации. – 2021. – Вып. 14. – С. 24–28.

С. М. ВАСИЛЬЕВ¹, А. В. ПИЩИК²

¹Белорусский государственный университет транспорта, Гомель, Беларусь

²ООО «Новая логистическая», Москва, Россия

АНАЛИЗ ПОВРЕЖДЕНИЙ УЗЛА ПЯТНИК – ПОДПЯТНИК ВАГОНОВ-ПЛАТФОРМ ДЛЯ ПЕРЕВОЗКИ КРУПНОТОННАЖНЫХ КОНТЕЙНЕРОВ

Выполнен анализ повреждений пятниковых узлов и мер по снижению отрицательного воздействия на них при эксплуатации. Показано, что наибольшего внимания требуют износ контактных поверхностей и прочность крепления пятника. Обсуждаются возможности автоматизированного выявления отклонений в работе узла пятник – подпятник в эксплуатации.

Ключевые слова: вагоны-платформы, пятник, подпятник, износ пятниковых узлов, безопасность движения поездов.

S. M. VASILIEV¹, A. V. PISHCHIK²

¹Belarusian State University of Transport, Gomel, Belarus

²ООО "New Logistic", Moscow, Russia

DAMAGE ANALYSIS OF THE CENTRE PIVOT-CENTER PLATE UNIT OF FLATCARS FOR LARGE CONTAINERS TRANSPORTATION

The analysis of damages of center pivot assemblies and measures for reducing the negative impact on them during operation is carried out. It is shown that the wear of contact surfaces and the strength of the center plate fixing require the greatest attention. The possibilities of automated detection of deviations in the operation of the center pivot – center plate unit in operation are discussed.

Keywords: flat cars, center pivot, center plate, wear of center pivot units, train movement safety.

Веремейчик, А. И. Исследование температурного поля и напряженно-деформированного состояния ножей дробильной машины при поверхностном плазменном упрочнении / А. И. Веремейчик, В. М. Хвисевич, М. И. Сазонов // *Механика. Исследования и инновации.* – 2021. – Вып. 14. – С. 29–40.

А. И. ВЕРЕМЕЙЧИК, В. М. ХВИСЕВИЧ, М. И. САЗОНОВ
Брестский государственный технический университет, Брест, Беларусь

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ И НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ НОЖЕЙ ДРОБИЛЬНОЙ МАШИНЫ ПРИ ПОВЕРХНОСТНОМ ПЛАЗМЕННОМ УПРОЧНЕНИИ

Для повышения эксплуатационных свойств дробильного инструмента предлагается упрочнение рабочей поверхности с помощью сжатой движущейся плазмы. С целью определения оптимальных режимов термообработки проведено исследование температурных полей и напряженно-деформированного состояния ножа дробильной машины. Выполнен анализ микроструктуры и микротвердости закаленных образцов. Определена степень износа термообработанных ножей.

Ключевые слова: упрочнение, плазменная струя, температура, температурные напряжения, микротвердость, износ.

A. VEREMEICHIK, V. KHVISEVICH, M. SAZONOV
Brest State Technical University, Brest, Belarus

INVESTIGATION OF THE TEMPERATURE FIELD AND THE STRESS-STRAIN STATE OF THE CRUSHING MACHINE KNIVES DURING SURFACE PLASMA HARDENING

To improve the operational properties of the crushing tool, it is proposed to use plasma hardening of the working surface using compressed moving plasma. In order to determine the optimal modes of heat treatment, the study of temperature fields and the stress-strain state of the crushing machine knife was carried out. The analysis of the microstructure and microhardness of the hardened samples is carried out. The degree of wear of heat-treated knives is determined.

Keywords: hardening, plasma jet, temperature, temperature stresses, microhardness, wear.

Гахраманов, В. Ф. Формирование пластичного хромированного слоя большой глубины / В. Ф. Гахраманов, Э. А. Асланов // Механика. Исследования и инновации. – 2021. – Вып. 14. – С. 41–46.

В. Ф. ГАХРАМАНОВ, Э. А. АСЛАНОВ

Азербайджанский технический университет, Баку, Азербайджан

ФОРМИРОВАНИЕ ПЛАСТИЧНОГО ХРОМИРОВАННОГО СЛОЯ БОЛЬШОЙ ГЛУБИНЫ

При хромировании низколегированной стали неконтактным способом из паровой фазы в условиях повышенного натекания воздуха в рабочую камеру получены диффузионные слои глубиной до 3 мм. Технологические испытания образцов и изделий из листов, полученных прокаткой хромированных заготовок, показали, что лучшие результаты при хромировании в вакууме наблюдаются в том случае, когда оно сопровождается обезуглероживанием основы.

Ключевые слова: хромирование, вакуум, пластическая деформация, диффузия, сталь, микропористость.

V. F. GAKHRAMANOV, E. A. ASLANOV

Azerbaijan Technical University, Baku, Azerbaijan

FORMATION OF LARGE DEPTH PLASTIC CHROMIUM-PLATED LAYER

Diffusion layers up to 3 mm depth are obtained at the process of low-alloy steel chrome plating by the noncontact method from the vapor phase under conditions of increased air leakage into the working chamber. Technological tests of the samples and sheet products, produced by the chrome-plated billets rolling, demonstrated that the best results for chromium plating in vacuum are observed when it is performed with the decarburization of the base.

Keywords: chromium-plating, vacuum, plastic deformation, diffusion, steel, microporosity.

Диулин, Д. А. Оценка несущей способности вертикальных стволов шахт на основе компьютерного моделирования / Д. А. Диулин, М. Г. Кузнецова // Механика. Исследования и инновации. – 2021. – Вып. 14. – С. 47–56.

Д. А. ДИУЛИН¹, М. Г. КУЗНЕЦОВА²

¹ОАО «Трест Шахтоспецстрой», Солигорск, Беларусь

²Белорусский государственный университет транспорта, Гомель, Беларусь

ОЦЕНКА НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ВЕРТИКАЛЬНЫХ СТВолоВ ШАХТ НА ОСНОВЕ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

В работе приведены результаты предварительной оценки несущей способности вертикальных стволов шахт Солигорского месторождения калийной соли. С использованием модуля Static Structural инженерного программного комплекса ANSYS выполнено компьютерное моделирование напряженно-деформированного состояния ряда шахтных стволов на основе рассчитанных аналитическим способом значений давлений от горных пород, окружающих выработку.

Ключевые слова: вертикальный ствол шахты, компьютерное моделирование, напряженно-деформированное состояние, оценка несущей способности.

D. A. DZIULIN¹, M. G. KUZNIATSOVA²

¹JSC “Trest Shahtospetsstroy”, Soligorsk, Belarus

²Belarusian State University of Transport, Gomel, Belarus

PRELIMINARY LOADING CAPACITY ESTIMATION FOR VERTICAL MINE SHAFTS BASED ON COMPUTER MODELING

The paper presents investigations on the initial estimation of the loading capacity of vertical shafts of the Soligorsk potash salt mines. Using the Static Structural module of the ANSYS engineering software package, a computer simulation of the stress-strain state of a number of mine shaft based on analytically calculated pressures from rocks surrounding the mine.

Keywords: vertical shaft of a mine, computer simulation, stress-strain state, assessment of bearing capacity.

Дуршляк, В. В. Оценка аэродинамических характеристик бионических форм / В. В. Дуршляк, Н. Н. Кизилова, О. А. Корякина, А. И. Халин, Н. И. Шишов // *Механика. Исследования и инновации.* – 2021. – Вып. 14. – С. 57–66.

V. V. DURSHLAK, N. N. KIZILOVA, O. A. KORYAKINA, A. I. KHALIN, N. I. SHYSHOV
Харьковский национальный университет им. В. Н. Каразина, Харьков, Украина

ОЦЕНКА АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК БИОНИЧЕСКИХ ФОРМ

В последние годы бионический дизайн, основанный на использовании формы тел и отдельных элементов летающих и водоплавающих животных, был использован в авиации и судостроении от малых дронов до супертяжелых транспортных средств. В работе приведен краткий обзор наиболее интересных технических решений и проанализированы принципы высокой эффективности плавания и полета в природе. С помощью метода конечных элементов проведен сравнительный анализ гидромеханических параметров некоторых видов рыб и рассчитаны их аэродинамические характеристики. Предложены модификации существующих аэродинамических профилей, которые помогут улучшить их аэродинамическое качество.

Ключевые слова: аэромеханика, подъемная сила, коэффициент трения, бионика.

V. V. DURSHLAK, N. N. KIZILOVA, O. A. KORYAKINA, A. I. KHALIN, N. I. SHYSHOV
V. N. Karazin Kharkov National University, Kharkov, Ukraine

ASSESSMENT OF AERODYNAMIC PROPERTIES OF BIONIC FORMS

In recent years, bionic design, based on the shape of bodies and separate elements of flying and aquatic animals, is used in aviation and shipbuilding from small drones to super-heavy vehicles. The paper provides a brief overview of the most interesting recent technical solutions and analyzes the principles of high efficiency of swimming and flight in nature. Using the finite element method, a comparative analysis of the hydromechanical parameters of some fish species was carried out and their aerodynamic characteristics were calculated. There are proposed the modifications of the existing aerodynamic profiles, which will help to improve their aerodynamic quality.

Keywords: aeromechanics, lifting force, coefficient of friction, bionics.

Инагамов, С. Г. Фрикционный узел колодочного тормоза локомотивов и грузовых вагонов / С. Г. Инагамов // Механика. Исследования и инновации. – 2021. – Вып. 14. – С. 67–74.

С. Г. ИНАГАМОВ

Белорусский государственный университет транспорта, Гомель, Беларусь

ФРИКЦИОННЫЙ УЗЕЛ КОЛОДОЧНОГО ТОРМОЗА ЛОКОМОТИВОВ И ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ

Предложена секционная тормозная колодка для грузовых вагонов и локомотивов и показаны ее преимущества при использовании в фрикционном узле подвижного состава. Приведен расчет коэффициентов трения и удельной тормозной силы, реализуемой комбинированными колодками нового типа для диапазона скоростей движения поезда. Выполненные расчеты продемонстрировали, что предлагаемые тормозные колодки могут быть рекомендованы для дальнейшего изучения и внедрения в эксплуатацию железных дорог.

Ключевые слова: торможение, композиционная и чугунная колодки, коэффициент трения, сила нажатия, тормозная сила.

S. G. INAGAMOV

Belarusian State University of Transport, Gomel, Belarus

FRICION UNIT OF THE BODY BRAKE OF LOCOMOTIVES AND FREIGHT CARS

A sectional brake shoe for freight cars and locomotives is proposed and the advantages of its usage in the frictional unit of a rolling stock is shown. The calculation of the coefficients of friction and the specific braking force implemented by the combined pads of a new type for the train speed range is given. The performed calculations show that the proposed brake pads can be recommended for further study and implementation in the operation of railways.

Keywords: braking, composite and cast iron pads, coefficient of friction, pressing force, braking force.

Ковтун, В. А. Исследование величины энергии взаимодействия углеродных нанотрубок / В. А. Ковтун, В. Н. Пасовец, В. А. Лодня // *Механика. Исследования и инновации.* – 2021. – Вып. 14. – С. 75–82.

В. А. КОВТУН¹, В. Н. ПАСОВЕЦ¹, В. А. ЛОДНЯ²

¹*Университет гражданской защиты МЧС Беларуси, Минск, Беларусь*

²*Белорусский государственный университет транспорта, Гомель, Беларусь*

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЕЛИЧИНЫ ЭНЕРГИИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК

Рассматривается влияние пространственного расположения углеродного наноструктурного наполнителя на величину энергии агломерации. Установлено, что значения энергии взаимодействия при параллельном расположении углеродных нанотрубок значительно выше по сравнению со случаем скрещивающегося их расположения, и объясняется значительной протяженностью взаимодействия. Увеличение расстояния между взаимодействующими УНТ значительно снижает энергию взаимодействия.

Ключевые слова: углеродные нанотрубки, металлическая матрица, композиционные материалы, энергия взаимодействия, агломерация.

V. A. KOVTUN¹, V. N. PASOVETS¹, V. A. LODNYA²

¹*University of Civil Protection of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus, Minsk, Belarus*

²*Belarusian State University of Transport, Gomel, Belarus*

INVESTIGATION OF THE CARBON NANOTUBES INTERACTION ENERGY VALUE

The influence of the spatial arrangement of carbon nanotubes on the value of the agglomeration energy value is shown in this paper. It is obtained that the interaction energy value for a parallel arrangement of carbon nanotubes significantly exceeds the energy value for their crossed arrangement, that is explained by the considerable length of the interaction. The interaction energy significantly decreases with an increase in the distance between interacting carbon nanotubes.

Keywords: carbon nanotubes, metal matrix, composite materials, interaction energy, agglomeration.

Коднянко, Е. В. Расчет контактного сдвигового напряжения для колеса с деформируемой периферией / Е. В. Коднянко Д. А. Черноус // *Механика. Исследования и инновации.* – 2021. – Вып. 14. – С. 83–89.

Е. В. КОДНЯНКО^{1,2}, Д. А. ЧЕРНОУС²

¹ЗАО «Солигорский институт проблем ресурсосбережения с Опытным производством», Солигорск, Беларусь

²Белорусский государственный университет транспорта, Гомель, Беларусь

РАСЧЕТ КОНТАКТНОГО СДВИГОВОГО НАПРЯЖЕНИЯ ДЛЯ КОЛЕСА С ДЕФОРМИРУЕМОЙ ПЕРИФЕРИЕЙ

Разработана новая математическая модель начала качения жесткого колеса с тонким линейно упругим покрытием. Деформирование покрытия описывается в рамках модели основания Винклера. При этом учитывается асимметрия распределения контактного давления, обусловленная действующим на колесо моментом. Рассмотрен ведущий режим качения при фиксированном значении горизонтальной силы. Получены расчетные распределения сдвигового напряжения в области контакта при различных значениях действующего момента.

Ключевые слова: модель основания Винклера, контактное давление, контактное сдвиговое напряжение, момент сопротивления качению, зона сцепления, зона проскальзывания.

A. V. KADNIANKA^{1,2}, D. A. CHARNAVUS²

¹JSC "Soligorsk Institute of Resources Saving Problems with Pilot Production", Soligorsk, Belarus

²Belarusian State University of Transport, Gomel, Belarus

CALCULATION OF THE CONTACT SHEAR STRESS FOR A WHEEL WITH A DEFORMABLE PERIPHERAL

A new mathematical model of a rolling beginning of a rigid wheel with a thin linearly elastic coating is developed. The coating deformation is described in the Winkler foundation model terms. There is taken into account the asymmetry of the contact pressure distribution caused by the torque acting the wheel. The leading rolling mode is considered at a fixed value of the horizontal force. There are obtained the calculated distributions of shear stress in the contact area for different values of the acting torque.

Keywords: Winkler foundation model, contact pressure, contact shear stress, rolling resistance moment, adhesion zone, slipping zone.

Козел, А. Г. Термосиловой изгиб упругой трехслойной пластины на основании пастернака / А. Г. Козел // *Механика. Исследования и инновации.* – 2021. – Вып. 14. – С. 90–96.

А. Г. КОЗЕЛ

Белорусский государственный университет транспорта, Гомель, Беларусь

ТЕРМОСИЛОВОЙ ИЗГИБ УПРУГОЙ ТРЕХСЛОЙНОЙ ПЛАСТИНЫ НА ОСНОВАНИИ ПАСТЕРНАКА

Приведена постановка краевой задачи об осесимметричном термосиловом изгибе упругой несимметричной по толщине трехслойной круговой пластины на двухпараметрическом основании Пастернака. В тонких несущих слоях принимаются гипотезы Кирхгофа, для легкого несжимаемого по толщине заполнителя используется модель Тимошенко. Для описания зависимости модулей упругости несущих слоев от температуры используется формула, предложенная Дж. Ф. Беллом. На контуре предполагается наличие жесткой диафрагмы, препятствующей относительному сдвигу слоев. Система линейных дифференциальных уравнений равновесия получена вариационным методом. Получено общее аналитическое решение краевой задачи в функциях Бесселя. Проведен его численный анализ в зависимости от температуры при равномерно распределенной нагрузке и жесткой заделке контура пластины.

Ключевые слова: трёхслойная пластина, термоупругость, осесимметричный изгиб, основание Пастернака.

А. G. KOZEL

Belarusian State University of Transport, Gomel, Belarus

THERMAL-FORCE BENDING OF AN ELASTIC THREE-LAYERED PLATE ON THE PASTERNAK FOUNDATION

The boundary value problem formulation for the axisymmetric thermal-force bending of an elastic three-layer circular plate, asymmetric in thickness, on the two-parameter Pasternak foundation is presented. In thin bearing layers, Kirchhoff's hypotheses are accepted; for a lightweight, incompressible in thickness aggregate, the Timoshenko model is used. To describe the dependence of the elastic moduli of the bearing layers on temperature, the formula proposed by J. F. Bell is used. At the contour it is assumed the presence of a rigid diaphragm, which prevents the relative shift of the layers. The system of equilibrium linear differential equations is obtained by the variational method. A general analytical solution of the boundary value problem in Bessel functions is obtained. Its numerical analysis is carried out as a function of temperature for a uniformly distributed load and rigid sealing of the plate contour.

Keywords: three-layered plate, thermoelasticity, axisymmetric bending, Pasternak foundation.

Козунова, О. В. Нелинейный расчет регулярной системы железобетонных балок на упругом основании при действии симметричной нагрузки / О. В. Козунова, К. А. Сирош // Механика. Исследования и инновации. – 2021. – Вып. 14. – С. 97–104.

О. В. КОЗУНОВА, К. А. СИРОШ

Белорусский государственный университет транспорта, Гомель, Беларусь

НЕЛИНЕЙНЫЙ РАСЧЕТ РЕГУЛЯРНОЙ СИСТЕМЫ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БАЛОК НА УПРУГОМ ОСНОВАНИИ ПРИ ДЕЙСТВИИ СИММЕТРИЧНОЙ НАГРУЗКИ

Разрабатывается методика расчета вариационно-разностным методом регулярной системы железобетонных балок на однослойном изотропном искусственном основании в виде упругого слоя, ограниченного по толщине. Алгоритм нелинейного расчета основан на использовании итерационного метода упругих решений. Физическая нелинейность материала железобетонных балок учитывается через асимптотическую зависимость «момент – кривизна». Численная апробация осуществлена с использованием программного пакета MATHEMATICA.

Ключевые слова: крестообразно пересеченные балки, вариационно-разностный метод, контактная зона, прогибы балки, осадки основания, контактные напряжения, функционал полной энергии.

О. В. КОЗУНОВА, К. А. СИРОШ

Белорусский государственный университет транспорта, Гомель, Беларусь

НЕЛИНЕЙНЫЙ РАСЧЕТ РЕГУЛЯРНОЙ СИСТЕМЫ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БАЛОК НА УПРУГОМ ОСНОВАНИИ ПРИ ДЕЙСТВИИ СИММЕТРИЧНОЙ НАГРУЗКИ

Разрабатывается методика расчета вариационно-разностным методом регулярной системы железобетонных балок на однослойном изотропном искусственном основании в виде упругого слоя, ограниченного по толщине. Алгоритм нелинейного расчета основан на использовании итерационного метода упругих решений. Физическая нелинейность материала железобетонных балок учитывается через асимптотическую зависимость «момент – кривизна». Численная апробация осуществлена с использованием программного пакета MATHEMATICA.

Ключевые слова: крестообразно пересеченные балки, вариационно-разностный метод, контактная зона, прогибы балки, осадки основания, контактные напряжения, функционал полной энергии.

Коробов, В. И. Гашение колебаний материальной точки на пружине при жесткости пружины, заданной неточно / В. И. Коробов, Т. В. Ревина // Механика. Исследования и инновации. – 2021. – Вып. 14. – С. 105–111.

В. И. КОРОБОВ, Т. В. РЕВИНА

Харьковский национальный университет им. В. Н. Каразина, Харьков, Украина

ГАШЕНИЕ КОЛЕБАНИЙ МАТЕРИАЛЬНОЙ ТОЧКИ НА ПРУЖИНЕ ПРИ ЖЕСТКОСТИ ПРУЖИНЫ, ЗАДАННОЙ НЕТОЧНО

Рассматривается материальная точка на пружине, движущаяся по поверхности без трения. Предполагается, что управляющее воздействие (управляемая мощность двигателя) прикладывается к материальной точке. В качестве возмущения рассматривается жесткость пружины, которая неизвестна точно, но ее величина соответствует некоторому интервалу. Цель работы – найти такую границу для значения коэффициента жесткости, при которой переход в положение равновесия происходит с тем же самым управлением, что и при постоянной жесткости пружины. Решение основано на методе функции управляемости В. И. Коробова. Установлена связь между величинами границы возмущения и границы времени движения. Решение иллюстрируется случаем конкретной начальной точки.

Ключевые слова: функция управляемости, устойчивость на конечном интервале времени, робастное управление, неизвестное ограниченное возмущение.

V. I. KOROBOV, T. V. REVINA

V. N. Karazin Kharkiv National University, Kharkiv, Ukraine

OSCILLATIONS DAMPING OF THE MATERIAL POINT ON THE SPRING AT THE INEXACTLY DEFINED SPRING STIFFNESS

There is considered a material point attached to a spring moving on a frictionless surface. The control input (controllable engine power) is supposed to be attached to the material point. As a perturbation the spring stiffness is considered and it is not known exactly, but its value is in the defined range. The purpose of the paper is to find such limit of spring stiffness in which the transfer to the position of equilibrium is carried out in the same control as with the constant stiffness. Our approach is based on the controllability function method proposed by V. I. Korobov. This paper shows the relations between the range of perturbation and the bound of the motion time. The solution is illustrated by a defined initial point.

Keywords: controllability function, stability over a finite time interval, robust control, unknown limited perturbation.

Короткевич, С. Г. Экспериментально-теоретическое исследование напряженно-деформированного состояния цистерн пожарных автомобилей в процессе их эксплуатации / С. Г. Короткевич, В. А. Ковтун // Механика. Исследования и инновации. – 2021. – Вып. 14. – С. 112–118.

С. Г. КОРОТКЕВИЧ, В. А. КОВТУН

Университет гражданской защиты МЧС Беларуси, Минск, Беларусь

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ЦИСТЕРН ПОЖАРНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ В ПРОЦЕССЕ ИХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Предложена новая методика моделирования напряженно-деформированного состояния цистерн пожарных автомобилей, отличающаяся учетом экспериментально определенных эксплуатационных нагрузок при различных режимах движения. Разработанные в соответствии с методикой конечно-элементные модели цистерн пожарных автомобилей водоизмещением десять тонн на шасси нового поколения МАЗ-6317 позволили исследовать характер формирования и уровень возникающих механических напряжений в конструкции.

Ключевые слова: пожарный автомобиль, цистерна, напряженно-деформированное состояние, конечно-элементная модель, сварное соединение, запас прочности.

S. G. KOROTKEVICH, V. A. KOVTUN

University of Civil Protection of the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Belarus, Minsk, Belarus

EXPERIMENTAL AND THEORETICAL INVESTIGATION OF THE STRESS-STRAIN STATE OF TANKS OF FIRETRUCKS AT THEIR OPERATION

A new method of stress-strain state modeling for the fire truck's tanks is proposed, it is distinguished by taking into account experimentally determined operational loads under various driving modes. The finite element models are developed in accordance with the methodology for the ten-tons water capacity tanks on the MAZ-6317 chassis of new generation make it possible to investigate the nature of the formation and the level of mechanical stresses in the structure.

Keywords: fire truck, tank, stress-strain state, finite element model, welded joint, safety factor.

Кракова, И. Е. Анализ напряженно-деформированного состояния слоистых конструкций с учетом температурных деформаций / И. Е. Кракова, О. И. Якубович, А. М. Карабаев // Механика. Исследования и инновации. – 2021. – Вып. 14. – С. 119–125.

И. Е. КРАКОВА¹, О. И. ЯКУБОВИЧ¹, А. М. КАРАБАЕВ²

¹Белорусский государственный университет транспорта, Гомель, Беларусь

²Ташкентский государственный транспортный университет, Ташкент, Узбекистан

АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ СЛОИСТЫХ КОНСТРУКЦИЙ С УЧЕТОМ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ

В программном продукте ANSYS Mechanical выполнен расчет напряженно-деформированного состояния слоистой конструкции, находящейся под действием равномерно распределенной силы, приложенной к верхнему слою, с учетом температуры и массы элементов конструкции. Также определено влияние температуры слоев исследуемой конструкции на величину прогибов ее элементов.

Ключевые слова: слоистая плита, напряженно-деформированное состояние, термоупругий изгиб.

I. E. KRAKAVA¹, V. I. YAKUBOVICH¹, A. M. KARABAEV²

¹Belarusian State University of Transport, Gomel, Belarus

²Tashkent State Transport University, Tashkent, Uzbekistan

STRESS-STRAIN STATE ANALYSIS FOR LAYERED STRUCTURES CONSIDERING TEMPERATURE DEFORMATIONS

In the software product ANSYS Mechanical, the stress-strain state simulation is performed for a layered structure under the influence of a uniformly distributed force applied to the upper layer, taking into account the temperature and the mass of the structural elements. The influence of the temperature of the layers of the investigated structure on the elements deflections value is also determined.

Keywords: layered plate, stress-strain state, thermoelastic bending.

Леоненко, Д. В. Локальное нагружение ступенчатой круговой сэндвич-пластины / Д. В. Леоненко // Механика. Исследования и инновации. – 2021. – Вып. 14. – С. 126–130.

Д. В. ЛЕОНЕНКО

Белорусский государственный университет транспорта, Гомель, Беларусь

ЛОКАЛЬНОЕ НАГРУЖЕНИЕ СТУПЕНЧАТОЙ КРУГОВОЙ СЭНДВИЧ-ПЛАСТИНЫ

Рассмотрен осесимметричный изгиб круглой упругой сэндвич-пластины ступенчато-переменной толщины под действием локальных нагрузок. Для описания кинематики несимметричного по толщине пакета приняты гипотезы ломаной нормали. Заполнитель – легкий. Аналитические решения получены с использованием системы функций Хевисайда. Проведен численный анализ полученных решений.

Ключевые слова: круговая сэндвич-пластина, ступенчатая толщина, упругость.

D. V. LEONENKO

Belarusian State University of Transport, Gomel, Belarus

LOCAL LOADING OF A STEPPED CIRCULAR SANDWICH PLATE

An axisymmetric bending of an elastic circular sandwich plate with a step-variable thickness under the action of local loads is considered. To describe the kinematics of a package asymmetric in thickness, the hypotheses of a broken normal are accepted. The filler is light. Analytical solutions are obtained using the Heaviside system of functions. A numerical analysis of the obtained solutions is carried out.

Keywords: circular sandwich plate, stepped thickness, elasticity.

Локтионов, А. В. Кинематические и динамические уравнения движения пространственного исполнительного механизма в сферических координатах / А. В. Локтионов, А. А. Сидорович // Механика. Исследования и инновации. – 2021. – Вып. 14. – С. 131–140.

А. В. ЛОКТИОНОВ, А. А. СИДОРОВИЧ

Витебский государственный технологический университет, Витебск, Беларусь

КИНЕМАТИЧЕСКИЕ И ДИНАМИЧЕСКИЕ УРАВНЕНИЯ ДВИЖЕНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННОГО ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО МЕХАНИЗМА В СФЕРИЧЕСКИХ КООРДИНАТАХ

Получены расчетные формулы и представлен вывод дифференциальных уравнений движения робота-манипулятора, работающего в сферической системе координат. Предложены аналитические зависимости для расчета скорости центра схвата трёхзвенного робота с тремя степенями подвижности. Приведен вывод дифференциальных уравнений движения центра схвата пространственного исполнительного механизма в сферических координатах.

Ключевые слова: кинематика, исполнительный механизм, дифференциальные уравнения движения, сферические координаты.

A. V. LOKTIONOV, A. A. SIDOROVICH

Vitebsk State Technological University, Vitebsk, Belarus

KINEMATIC AND DYNAMIC MOTION EQUATIONS FOR A SPATIAL EXECUTIVE MECHANISM IN SPHERICAL COORDINATES

The calculation formulas are obtained and the derivation of differential equations of motion of a robotic manipulator operating in a spherical coordinate system is presented. The analytical dependencies are proposed for calculating the velocity of the gripping center of a three-link robot with three degrees of mobility. Differential equations of spatial actuator gripping center motion in spherical coordinates are obtained.

Keywords: kinematics, actuator, differential equations of motion, spherical coordinates.

Локтионов, А. В. Расчёт кинематических параметров режущих головок пространственных исполнительных механизмов с учётом углов поворота резцедержателя и резца / А. В. Локтионов // Механика. Исследования и инновации. – 2021. – Вып. 14. – С. 141–146.

А. В. ЛОКТИОНОВ

Витебский государственный технологический университет, Витебск, Беларусь

РАСЧЁТ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РЕЖУЩИХ ГОЛОВОК ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ МЕХАНИЗМОВ С УЧЁТОМ УГЛОВ ПОВОРОТА РЕЗЦЕДЕРЖАТЕЛЯ И РЕЗЦА

Предложен алгоритм определения кинематических характеристик пространственных исполнительных механизмов с учётом углов поворота резцедержателя и резца. Получены выражения в матричной форме, которые могут быть использованы при расчётах стреловидных исполнительных органов проходческих и угледобывающих комбайнов.

Ключевые слова: кинематический расчёт, исполнительный механизм, стрела, режущая головка, матричный метод, угол поворота, резцедержатель, резец.

A. V. LOKTIONOV

Vitebsk State Technological University, Vitebsk, Belarus

CALCULATION OF KINEMATIC PARAMETERS OF SPATIAL ACTUATORS CUTTING HEADS CONSIDERING THE TOOLHOLDER AND CUTTER ROTATION ANGLES

There is proposed an algorithm for determining the kinematic characteristics of spatial actuators, taking into account the rotation angles of the tool holder and the cutter. The expressions are obtained in matrix form, which can be used for the swept-type executive bodies of tunneling and coal mining combines calculation.

Keywords: kinematic calculation, actuator, boom, cutting head, matrix method, angle of rotation, tool holder, cutter.

Маркова, М. В. Собственные колебания круговой трёхслойной ступенчатой пластины / М. В. Маркова// Механика. Исследования и инновации. – 2021. – Вып. 14. – С. 147–158.

М. В. МАРКОВА

Белорусский государственный университет транспорта, Гомель, Беларусь

СОБСТВЕННЫЕ КОЛЕБАНИЯ КРУГОВОЙ ТРЁХСЛОЙНОЙ СТУПЕНЧАТОЙ ПЛАСТИНЫ

В работе получена система дифференциальных уравнений, описывающая собственные колебания трёхслойной круговой пластины ступенчато-переменной толщины. Для случаев защемления и шарнирного опирания внешнего контура пластины получены однородные системы уравнений, служащие для определения собственных частот колебания. Выполнен численный анализ влияния геометрических параметров ступенчатой пластины на значения её собственных частот.

Ключевые слова: собственные колебания, собственная частота, ступенчатая трёхслойная круговая пластина.

M. V. MARKOVA

Belarusian State University of Transport, Gomel, Belarus

SELF-OSCILLATIONS OF THE CIRCULAR THREE-LAYERED STEPPED PLATE

In this paper, a system of differential equations governing the self-oscillations of a three-layered circular plate of step-variable thickness is obtained. For the cases of anchoring and hinge support of the plate outer circuit, the homogeneous equations systems that serve to determine the eigen frequency of a stepped-thickness plate are obtained. A numerical analysis of the plate geometrical parameters effect on the eigen frequency is performed.

Keywords: self-oscillations, eigen frequency, stepped three-layered circular plate.

Мартыненко, Т. М. Моделирование процессов деформирования и разрушения конструкции балочного типа при импульсном нагружении / Т. М. Мартыненко, С. А. Пронкевич, И. М. Мартыненко // Механика. Исследования и инновации. – 2021. – Вып. 14. – С. 159–166.

Т. М. МАРТЫНЕНКО¹, С. А. ПРОНКЕВИЧ², И. М. МАРТЫНЕНКО²

¹*Университет гражданской защиты МЧС Республики Беларусь, Минск, Беларусь*

²*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь*

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ДЕФОРМИРОВАНИЯ И РАЗРУШЕНИЯ КОНСТРУКЦИИ БАЛОЧНОГО ТИПА ПРИ ИМПУЛЬСНОМ НАГРУЖЕНИИ

Рассматриваются методы анализа прочности стержневых конструкций под действием ударных и импульсных нагрузок. Представлена методика аналитического расчета балки, к которой приложена кратковременная нагрузка. Получено условие, при котором в результате импульсного нагружения возможно образование пластического шарнира. Выполнено конечно-элементное моделирование в системе ANSYS действия продольного ударного импульса на стержень прямоугольного поперечного сечения. Показано, что расчет с применением коэффициента усиления колебаний позволяет с достаточно высокой точностью определять деформации конструкции.

Ключевые слова: моделирование, прогрессирующее деформирование, динамический расчет, пластический шарнир, разрушение, конструкция балочного типа.

Т. М. MARTYNNENKO¹, S. A. PRONKEVICH², I. M. MARTYNNENKO²

¹*The University of Civil Protection of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus, Minsk, Belarus*

²*Belarusian State University, Minsk, Belarus*

SIMULATION OF DEFORMATION AND FAILURE PROCESSES FOR A BEAM-TYPE STRUCTURE UNDER PULSE LOADING

Methods for analyzing the strength of rod structures under the influence of shock and impulse loads are considered. The analytical calculation technique for a beam under a short-term load is presented. There is obtained the condition when the formation of a plastic hinge is possible as a result of impulse loading. There is performed a finite element modeling in the ANSYS system of the longitudinal shock pulse action on a rod of rectangular cross-section. It is shown that the calculation with the use of the vibration amplification factor makes it possible to determine the structure deformations with a sufficiently high accuracy.

Keywords: modeling, progressive deformation processes, dynamic calculation, plastic hinge, destruction, a beam-type structure.

Патапаў, У. А. Даследаванне асіметрыі ваганняў выхаднога звяна пры-
ваднага механізма ланцужнага агрэгата / У. А. Патапаў, С. І. Русан,
Л. А. Сівачэнка // Механика. Исследования и инновации. – 2021. – Вып. 14. –
С. 167–173.

У. А. ПАТАПАЎ¹, С. І. РУСАН¹, Л. А. СІВАЧЭНКА²

¹*Баранавіцкі дзяржаўны ўніверсітэт, Баранавічы, Беларусь*

²*Беларуска-Расійскі ўніверсітэт, Магілёў, Беларусь*

ДАСЛЕДАВАННЕ АСІМЕТРЫІ ВАГАННЯЎ ВЫХАДНОГА ЗВЯНА ПРЫВАДНОГА МЕХАНІЗМА ЛАНЦУЖНАГА АГРЭГАТА

З выкарыстаннем геаметрычнага падыходу распрацавана метадыка вызначэння амплітудных вуглоў ваганняў выхаднога звяна чатырохзвеннага механізма. Прадстаўлена характарыстыка асіметрыі ваганняў і выкладзены спосабы дасягнення роўнасці амплітудных вуглоў маятнікавага рычага. Атрыманы вынік пакладзены ў аснову практавання эксперыментальных ланцужных агрэгатаў.

Ключавыя словы: ланцужны агрэгат, чатырохзвенны механізм, амплітудныя вуглы, маятнікавы рычаг, асіметрыя.

В. А. ПОТАПОВ¹, С. И. РУСАН¹, Л. А. СИВАЧЕНКО²

¹*Барановичский государственный университет, Барановичи, Беларусь*

²*Белорусско-Российский университет, Могилёв, Беларусь*

ИССЛЕДОВАНИЕ АСИММЕТРИИ КОЛЕБАНИЙ ВЫХОДНОГО ЗВЕНА ПРИВОДНОГО МЕХАНИЗМА ЦЕПНОГО АГРЕГАТА

С использованием геометрического подхода разработана методика определения амплитудных углов колебаний выходного звена четырехзвенного механизма. Представлена характеристика асимметрии колебаний и изложены способы достижения равенства амплитудных углов маятникового рычага. Полученный результат положен в основу проектирования экспериментальных цепных агрегатов.

Ключевые слова: цепной агрегат, четырехзвенный механизм, амплитудные углы, маятниковый рычаг, асимметрия.

V. A. POTAPOV¹, S. I. RUSAN¹, L. A. SIVACHENKO²

¹*Baranovichi State University, Baranovichi, Belarus*

²*Belarusian-Russian University, Mogilev, Belarus*

INVESTIGATION OF THE ASYMMETRY OF THE OUTPUT LINK OSCILLATIONS FOR THE CHAIN UNIT DRIVE MECHANISM

On the basis of the geometric approach, there is developed a method for determining the amplitude angles of oscillations of the four-link mechanism output link. The characteristic of the asymmetry of oscillations is presented and the ways of achieving equality of the amplitude angles of the pendulum arm are presented. The obtained result is the basis for the design of experimental chain units.

Keywords: chain unit, four-link mechanism, amplitude angles, pendulum arm, asymmetry.

Патапаў, У. А. Методыка ўстанаўлення залежнасцей паміж каардынатамі і вугламі ў сістэме дзвюх акружнасцей, злучаных адрэзкам / У. А. Патапаў, С. І. Русан, Л. А. Сівачэнка // Механика. Исследования и инновации. – 2021. – Вып. 14. – С. 174–182.

У. А. ПАТАПАЎ¹, С. І. РУСАН¹, Л. А. СИВАЧЭНКА²

¹*Баранавіцкі дзяржаўны ўніверсітэт, Баранавічы, Беларусь*

²*Беларуска-Расійскі ўніверсітэт, Магілёў, Беларусь*

МЕТОДЫКА ЎСТАНАЎЛЕННЯ ЗАЛЕЖНАСЦЕЙ ПАМІЖ КААРДЫНАТАМІ І ВУГЛАМІ Ў СІСТЭМЕ ДЗВЮХ АКРУЖНАСЦЕЙ, ЗЛУЧАНЫХ АДРЭЗКАМ

Прадстаўлены два метады рашэння задачы па ўстанаўленні залежнасцей паміж каардынатамі і вугламі ў сістэме дзвюх акружнасцяў, злучаных адрэзкамі. Вынікам гэтага даследавання з'яўляецца матэматычная мадэль чатырохзвеннага механізма, якая можа быць выкарыстана пры рашэнні прыкладных задач тэорыі механізмаў і машын, у тым ліку пры праектаванні і разліку чатырохзвеннага механізма ланцужна-га аграгата.

Ключавыя словы: акружнасці; каардынаты; адрэзак; матэматычная мадэль; чатырохзвенны механізм.

В. А. ПОТАПОВ¹, С. И. РУСАН¹, Л. А. СИВАЧЕНКО²

¹*Барановичский государственный университет, Барановичи, Беларусь*

²*Белорусско-Российский университет, Могилёв, Беларусь*

МЕТОДИКА УСТАНОВЛЕНИЯ ЗАВИСИМОСТЕЙ МЕЖДУ КООРДИНАТАМИ И УГЛАМИ В СИСТЕМЕ ДВУХ ОКРУЖНОСТЕЙ, СОЕДИНЕННЫХ ОТРЕЗКОМ

Представлены два метода решения задачи по установлению зависимостей между координатами и углами в системе двух окружностей, соединенных отрезками. Результатом этого исследования является математическая модель четырехзвенного механизма, которая может быть использована при решении прикладных задач теории механизмов и машин, в том числе при проектировании и расчете четырехзвенного механизма цепного агрегата.

Ключевые слова: окружности, координаты, отрезок, математическая модель, четырехзвенный механизм.

V. A. POTAPOV¹, S. I. RUSAN¹, L. A. SIVACHENKO²

¹*Baranovichi State University, Baranovichi, Belarus*

²*Belarusian-Russian University, Mogilev, Belarus*

A TECHNIQUE FOR ESTABLISHING DEPENDENCIES BETWEEN COORDINATES AND ANGLES IN A SYSTEM OF TWO CIRCLES CONNECTED BY OFFCUT

The article presents two methods for solving the problem of establishing dependencies between coordinates and angles in a system of two circles connected by offcut. The result of this research is a mathematical model of a four-link mechanism, which can be used in solving applied problems of the theory of mechanisms and machines, including in the design and calculation of a four-link mechanism of a chain unit.

Keywords: circles, coordinates, offcut, mathematical model, four-link mechanism.

Пигунов, А. В. Европейские разработки в области реализации концепции применения съёмных кузовов/ А. В. Пигунов, В. В. Пигунов, П. А. Дашук // Механика. Исследования и инновации. – 2021. – Вып. 14. – С. 183–189.

А. В. ПИГУНОВ, В. В. ПИГУНОВ, П. А. ДАШУК

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель, Беларусь

ЕВРОПЕЙСКИЕ РАЗРАБОТКИ В ОБЛАСТИ РЕАЛИЗАЦИИ КОНЦЕПЦИИ ПРИМЕНЕНИЯ СЪЁМНЫХ КУЗОВОВ

В статье изложены основные разработки европейских компаний «WASCOSA», «Innofreight» и др., направленные на практическую реализацию концепции применения съёмных кузовов. Рассмотрены конструктивные особенности съёмных кузовов различного назначения и платформ для их перевозки (платформ-носителей).

Ключевые слова: съёмный кузов, танк-контейнер, конструкция, платформа-носитель, хоппер, цистерна.

A. V. PIHUNOU, V. V. PIHUNOU, P. A. DASHUK

Belarusian State University of Transport, Gomel, Belarus

EUROPEAN DEVELOPMENTS IN THE FIELD OF IMPLEMENTATION OF THE REMOVABLE BODY APPLICATION CONCEPT

The article outlines the main developments of the European companies "WASCOSA", "Innofreight" and others aimed to the practical implementation of the concept of removable bodies using. There are considered the design features of removable bodies for various purposes and platforms for their transportation (carrier platforms).

Keywords: removable body, tank-container, structure, carrier platform, hopper, tank.

Путято, А. В. Анализ технического состояния парка вагонов дизель-поездов серии ДРБ1 белорусской железной дороги/ А. В. Путято, Л. В. Огородников, С. М. Пытлев // Механика. Исследования и инновации. – 2021. – Вып. 14. – С. 190–194.

А. В. ПУТЯТО¹, Л. В. ОГОРОДНИКОВ², С. М. ПЫТЛЕВ²

¹Гомельский государственный технический университет им. П. О. Сухого, Гомель, Беларусь

²Белорусский государственный университет транспорта, Гомель, Беларусь

АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПАРКА ВАГОНОВ ДИЗЕЛЬ-ПОЕЗДОВ СЕРИИ ДРБ1 БЕЛОРУССКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

Анализируется возможность безопасного использования вагонов дизель-поездов серии ДРБ1 после длительной эксплуатации на Белорусской железной дороге. Разработаны диагностические карты для систематизации результатов технического обследования металлоконструкции вагонов. Установлены типичные повреждения металлоконструкции вагонов. Получены минимальные значения толщин конструктивных элементов несущих конструкций вагонов, которые являются исходными данными для оценки соответствия прочности актуальным требованиям.

Ключевые слова: вагоны дизель-поездов, несущая конструкция, диагностическая карта, неразрушающий контроль, эксплуатационные повреждения, прочность, остаточный ресурс.

A. V. PUTSIATA¹, L. V. OGORODNIKOV², S. M. PYTLEV²

¹Sukhoi State Technical University of Gomel, Gomel, Belarus

²Belarusian State University of Transport, Gomel, Belarus

TECHNICAL CONDITION ANALYSIS FOR THE DRB1 SERIES DIESEL TRAINS FLEET OF THE BELARUSIAN RAILWAY

There is analyzed the possibility of safe use of the DRB1 series diesel-trains after the long-term operation on the Belarusian railway. The diagnostic cards are developed to systematize the results of technical examination of the railway cars' metal structures. The typical operational damages of the railway car metal structures are established. There are obtained the minimum values of the structural elements thicknesses for the load-bearing structures of railway cars, which are the initial data for assessing the compliance of the strength with the current requirements.

Keywords: diesel train cars, load-bearing structure, diagnostic card, non-destructive testing methods, operational damage, durability, residual resource.

Рабецкая, О. И. Режим работы подшипника скольжения с учетом граничных условий / О. И. Рабецкая, Е. Н. Фисенко // Механика. Исследования и инновации. – 2021. – Вып. 14. – С. 195–199.

О. И. РАБЕЦКАЯ, Е. Н. ФИСЕНКО

*Сибирский государственный университет науки и технологий
им. акад. М. Ф. Решетнева, Красноярск, Россия*

РЕЖИМ РАБОТЫ ПОДШИПНИКА СКОЛЬЖЕНИЯ С УЧЕТОМ ГРАНИЧНЫХ УСЛОВИЙ

Рассмотрено течение вязкой жидкости постоянной плотности между валом и тонким упругим цилиндрическим слоем, закреплённым в жёстком неподвижном корпусе. Получено модифицированное уравнение Рейнольдса с учетом эффекта граничного скольжения и волнистости вкладыша.

Ключевые слова: подшипник скольжения, уравнение Рейнольдса, эффект граничного скольжения.

O. I. RABETSKAYA, E. N. FISENKO

Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk, Russia

OPERATING MODE OF THE SLIDING BEARING TAKING INTO ACCOUNT THE BOUNDARY CONDITIONS

The flow of a viscous fluid of constant density between a shaft and a thin elastic cylindrical layer fixed in a rigid stationary body is considered. A modified Reynold's equation is developed taking into account the effect of boundary sliding and the insert waviness.

Keywords: plain bearing, Reynold's equation, boundary slip effect.

Рычак, Н. Л. Механическая нагрузка и повреждение элементов городской инфраструктуры при штормовом ветре / Н. Л. Рычак, Н. Н. Кизилова // Механика. Исследования и инновации. – 2021. – Вып. 14. – С. 200–209.

Н. Л. РЫЧАК, Н. Н. КИЗИЛОВА

Харьковский национальный университет им. В. Н. Каразина, Харьков, Украина

МЕХАНИЧЕСКАЯ НАГРУЗКА И ПОВРЕЖДЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ГОРОДСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ПРИ ШТОРМОВОМ ВЕТРЕ

Глобальные изменения климата привели к повышению среднегодовой температуры воздуха и связанными с ним изменениями температуры и скорости глобальных океанических течений, генерации быстрых «волн тепла», снижению среднего уровня осадков при росте интенсивности локальных ливней и снегопадов, появлении внезапных штормовых ветров и торнадо. Все это повышает требования к механической прочности и штормоустойчивости городской застройки и инфраструктуры, что связано не только с новыми материалами и технологиями, но и с аэромеханическим дизайном городских территорий. В работе приведен краткий обзор предлагаемых подходов и приведены примеры решения соответствующих задач с помощью метода конечных элементов, реализованного в пакете прикладных программ ANSYS Fluent 2021R2. Обсуждаются возможности снижения механической нагрузки на городские здания с помощью модификаций геометрии застройки.

Ключевые слова: ветровая нагрузка, математическое моделирование, напряженно-деформированное состояние, разрушение конструкций.

N. L. RYCHAK, N. N. KIZILOVA

V. N. Karazin Kharkov National University, Kharkov, Ukraine

MECHANICAL LOAD AND DAMAGE OF URBAN INFRASTRUCTURE ELEMENTS AT A STORM WIND

Global climate changes have led to an increase in the average annual air temperature and associated changes in the temperature and velocities of global ocean flows, the generation of fast "heat waves", a decrease in the average precipitation level accompanied by an increase in the intensity of local rainfalls and snowfalls, the appearance of sudden storm winds and tornadoes. All these factors increase the requirements for the mechanical strength and storm resistance of urban buildings and infrastructure, which is associated not only with new materials and technologies, but also with the aeromechanical design of urban areas. The paper provides a brief overview of the proposed approaches and some examples of solving the corresponding mechanical problems using the finite element method implemented in the ANSYS Fluent 2021R2 software. Possibilities of reducing the mechanical stress on urban buildings by means of the building geometry modifications are discussed.

Keywords: wind load, mathematical modeling, stress-strain state, structural failure.

Сахаров, П. А. Исследование продольной динамики грузового поезда при электродинамическом торможении в условиях горного участка железной дороги Ангрэн – Пап / П. А. Сахаров, А. А. Юлдашов// Механика. Исследования и инновации. – 2021. – Вып. 14. – С. 210–220.

П. А. САХАРОВ, А. А. ЮЛДАШОВ

Белорусский государственный университет транспорта, Гомель, Беларусь

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОДОЛЬНОЙ ДИНАМИКИ ГРУЗОВОГО ПОЕЗДА ПРИ ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКОМ ТОРМОЖЕНИИ В УСЛОВИЯХ ГОРНОГО УЧАСТКА ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ АНГРЭН – ПАП

Рассмотрено движение грузового поезда по сложному горному участку Узбекской железной дороги Ангрэн – Пап. С помощью компьютерной модели, разработанной в программном комплексе динамического моделирования MSC.ADAMS, рассмотрено продольно-динамическое взаимодействие вагонов при переходе на режим электродинамического торможения на спуске до 28 %. Произведена оценка продольных сил в междвагонных соединениях поездов с составами от 30 до 50 вагонов при начале торможения в различных точках перелома профиля пути и зазорах в междвагонных связях от 25 до 100 мм. Показано, что при плавном увеличении тормозной силы локомотива 2O'Z-ELR в течение 15 с продольные силы не превышают допустимого для безопасности значения 1000 кН. При плавном росте тормозной силы до максимального значения в течение 30 с наблюдается снижение сил, которое в среднем для всех междвагонных соединений составило около 30 %.

Ключевые слова: модель движения поезда, продольно-динамическая сила, междвагонное соединение, горный профиль пути, электродинамическое торможение.

P. A. SAKHARAU, A. A. YULDASHOV

Belarusian State University of Transport, Gomel, Belarus

STUDY OF LONGITUDINAL DYNAMICS OF A FREIGHT TRAIN UNDER ELECTRODYNAMIC BRAKING IN CONDITIONS OF THE ANGREN – PAP RAILWAY MOUNTAIN SECTION

The movement of a freight train along a difficult mountainous section of the Uzbek railway named Angren – Pap is considered. Using a computer model developed in the dynamic modeling software MSC.ADAMS, the longitudinal-dynamic interaction of cars during the transition to the electrodynamic braking mode on the descent up to 28 % is considered. The assessment of the longitudinal forces in the train inter-car connections for the trains consisted of 30 to 50 cars is carried out at the beginning of braking at various points of the track profile break and for the gaps in the inter-car connections varying from 25 to 100 mm. It is shown that with a smooth increase in the braking force of the 2O'Z-ELR locomotive for 15 s, the longitudinal forces do not exceed the safety value of 1000 kN. With a smooth increase in the braking force to a maximum value within 30 s, a decrease in forces is observed, which on average for all intercar connections is about 30 %.

Keywords: train motion model, longitudinal dynamic force, intercar connection, mountain track profile, electrodynamic braking.

Старовойтов, Э. И. Изгиб трехслойной пластины нейтронным потоком / Э. И. Старовойтов// Механика. Исследования и инновации. – 2021. – Вып. 14. – С. 221–225.

Э. И. СТАРОВОЙТОВ

Белорусский государственный университет транспорта, Гомель, Беларусь

ИЗГИБ ТРЕХСЛОЙНОЙ ПЛАСТИНЫ НЕЙТРОННЫМ ПОТОКОМ

Исследован изгиб круговой трехслойной пластины, обусловленный прохождением нейтронного потока. Предполагается, что деформирование несущих слоев подчиняется гипотезам Кирхгофа, в заполнителе выполняется гипотеза Тимошенко о прямолинейности и несжимаемости деформированной нормали. Уравнения равновесия получены вариационным методом Лагранжа. Решение краевой задачи для случая шарнирного опирания на контуре пластины получено в конечном виде. Исследована зависимость направления прогиба от толщины верхнего слоя.

Ключевые слова: трехслойная пластина, нейтронный поток, изгиб, напряженно-деформированное состояние.

E. I. STAROVOITOV

Belarusian State University of Transport, Gomel, Belarus

BENDING OF A THREE-LAYERED PLATE BY A NEUTRON FLUX

The bending of a circular three-layered plate caused by the passage of a neutron flux is investigated. The deformation of the bearing layers is governed by the Kirchhoff hypotheses. In the filler, the Timoshenko hypothesis about the straightness and incompressibility of the deformed normal is fulfilled. The equilibrium equations are obtained by the Lagrange variational method. There is a hinged support on the contour of the plate. The solution of the boundary value problem is obtained in the final form. The dependence of the deflection direction on the thickness of the upper layer is investigated.

Keywords: three-layered plate, neutron flux, bending, stress-strain state.

Францкевич, В. С. Гранулирование сложно-смешанных удобрений в барабанном грануляторе-сушилке / В. С. Францкевич, н. А. Высоцкая, А. П. Дворник // Механика. Исследования и инновации. – 2021. – Вып. 14. – С. 226–233.

В. С. ФРАНЦКЕВИЧ¹, Н. А. ВЫСОЦКАЯ^{1,2}, А. П. ДВОРНИК³

¹*Белорусский государственный технологический университет, Минск, Беларусь*

²*ЗАО «Солигорский Институт проблем ресурсосбережения с Опытным производством», Солигорск, Беларусь*

³*Белорусский национальный технический университет, филиал г. Солигорск, Беларусь*

ГРАНУЛИРОВАНИЕ СЛОЖНО-СМЕШАННЫХ УДОБРЕНИЙ В БАРАБАННОМ ГРАНУЛЯТОРЕ-СУШИЛКЕ

Рассматриваются особенности производства комплексных сложно-смешанных удобрений методом окатывания. Приведено описание работы барабанного гранулятора-сушилки (БГС). Представлена усовершенствованная математическая модель для определения среднего эквивалентного диаметра гранул на выходе БГС, учитывающая механику качения гранулы по частице порошка.

Ключевые слова: гранулирование, окатывание, удобрение, ретур, барабанный гранулятор.

V. S. FRANTSKEVICH¹, N. A. VYSOTSKAYA^{1,2}, A. P. DVORNIK³

¹*Belarusian State Technological University, Minsk, Belarus*

²*JSC "Soligorsk Institute of Resources Saving Problems with Pilot Production", Soligorsk, Belarus*

³*Belarusian National Technical University, branch of Soligorsk, Belarus*

GRANULATION OF COMPLEX-MIXED FERTILIZERS IN A DRUM GRANULATOR-DRYER

The features of the production of complex complex-mixed fertilizers by the pelleting method are considered. The description of the drum granulator-dryer (DGD) operation is given. An improved mathematical model is presented for determining the average equivalent diameter of the granules at the outlet of the DGD, taking into account the mechanics of granule rolling over the powder particle.

Keywords: granulation, pelletizing, fertilizer, retur, drum granulator.

Холодарь, Б. Г. Диаграммы обратного нагружения и напряжения в сечении изогнутого стержня при реверсе нагрузки / Б. Г. Холодарь // Механика. Исследования и инновации. – 2021. – Вып. 14. – С. 234–243.

Б. Г. ХОЛОДАРЬ

Брестский государственный технический университет, Брест, Беларусь

ДИАГРАММЫ ОБРАТНОГО НАГРУЖЕНИЯ И НАПРЯЖЕНИЯ В СЕЧЕНИИ ИЗОГНУТОГО СТЕРЖНЯ ПРИ РЕВЕРСЕ НАГРУЗКИ

Для упруго-пластического материала рассмотрена связь форм диаграмм деформирования при прямом и обратном нагружении. Применительно к чистому изгибу стержня построены эпюры напряжений в сечении для двух случаев: при непрерывном обратном деформировании от точки реверса нагрузки и при наличии промежуточного сброса нагрузки до нуля. Проанализированы особенности реализующихся напряженных состояний стержня в этих режимах.

Ключевые слова: диаграммы деформирования, большие деформации, разгрузка, обратное нагружение, эффект Баушингера, чистый изгиб, остаточные напряжения.

B. G. KHOLODAR

Brest State Technical University, Brest, Belarus

DIAGRAMS OF REVERSE LOADING AND STRESS IN THE SECTION OF A BENT ROD AT THE LOAD REVERSING

For an elastic-plastic material, the relationship between the shapes of deformation diagrams under direct and reverse loading is considered. With regard to the rod pure bending, stress diagrams in the cross section were obtained for two cases: with continuous reverse deformation from the load reversal point and with an intermediate load drop to zero. The features of the realized rod stressed states for these modes are analyzed.

Keywords: deformation diagrams, large deformations, unloading, reverse loading, Bauschinger's effect, pure bending, residual stresses.

Цереня, А. А. Инерционно-пружинный синхронизатор трансмиссии тягово-транспортного средства с тарельчатыми пружинами / А. А. Цереня, Ю. А. Грибков // *Механика. Исследования и инновации.* – 2021. – Вып. 14. – С. 244–252.

А. А. ЦЕРЕНЯ, Ю. А. ГРИБКОВ

Военная академия Республики Беларусь, Минск, Беларусь

ИНЕРЦИОННО-ПРУЖИННЫЙ СИНХРОНИЗАТОР ТРАНСМИССИИ ТЯГОВО-ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА С ТАРЕЛЬЧАТЫМИ ПРУЖИНАМИ

Рассмотрено устройство, предназначенное для выравнивания угловых скоростей вала и шестерни, в котором физическая сущность для фрикционного и инерционно-пружинного синхронизаторов различна. Элементы трения существующего синхронизатора заменены элементами в виде пружин. Поскольку витые пружины не обеспечивают необходимой компактности, энергоемкости и регулирования хода сжатия, то предлагается применить пакеты тарельчатых пружин. Показаны принципы выбора основных параметров синхронизатора. Установлено, что он обладает высоким быстродействием.

Ключевые слова: инерционно-пружинный синхронизатор, тарельчатая пружина, синхронизация, вал, шестерня, коробка передач.

A. A. TSERENYA, Yu. A. GRIBKOV

Military Academy of the Republic of Belarus, Minsk, Belarus

INERTIA-SPRING SYNCHRONIZER OF THE TRACTION VEHICLE TRANSMISSION WITH POPPET SPRINGS

There is considered a device designed to equalize the angular velocities of the shaft and gear, in the device the physical essence for the friction and inertia-spring synchronizers is different. The friction elements of the existing synchronizer are replaced by elements in the form of springs. Since coil springs do not provide the necessary compactness, energy intensity and control of the compression stroke, it is proposed to use cup spring packs. The principles of choosing the main parameters of the synchronizer are shown. It is established that it has a fast action.

Keywords: inertia-spring synchronizer, poppet spring, synchronization, shaft, gear, gearbox.

Шимановский, А. О. Моделирование элементов конструкций привода поручня эскалатора метрополитена / А. О. Шимановский, П. П. Чирта, Д. В. Дьяков // *Механика. Исследования и инновации.* – 2021. – Вып. 14. – С. 253–258.

А. О. ШИМАНОВСКИЙ¹, П. П. ЧИРТА^{1,2}, Д. В. ДЬЯКОВ^{1,2}

¹Белорусский государственный университет транспорта, Гомель, Беларусь

²ЗАО «Солигорский институт проблем ресурсосбережения с Опытным производством», Солигорск, Беларусь

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИЙ ПРИВОДА ПОРУЧНЯ ЭСКАЛАТОРА МЕТРОПОЛИТЕНА

Для оценки динамических характеристик цепной передачи, используемой в приводе поручня эскалатора метрополитена, разработана ее модель в среде программы MSC.ADAMS. Приведены результаты моделирования для случаев разных расположений натяжных звездочек при нескольких силах предварительного натяжения цепи и угловых скоростях вращения ведущего колеса.

Ключевые слова: цепная передача, привод поручня, эскалатор, компьютерное моделирование.

A. O. SHIMANOVSKY¹, P. P. CHIRTA^{1,2}, D. U. DZYAKAU^{1,2}

¹Belarusian State University of Transport, Gomel, Belarus

²JSC "Soligorsk Institute of Resources Saving Problems with Pilot Production", Soligorsk, Belarus

SIMULATION OF THE METRO ESCALATOR HANDLE DRIVE STRUCTURAL ELEMENTS

To evaluate the dynamic characteristics of the chain transmission used in the subway escalator handrail drive, its model was developed in the MSC.ADAMS software environment. The simulation results for cases of different arrangements of tension sprockets with several chain pretensioning forces and drive wheel angular rotation speeds are presented.

Keywords: chain transmission, handrail drive, escalator, computer simulation.

Зуев, А. А. Определение потерь на дисковое трение при расчетах турбо-насосных агрегатов / А. А. Зуев, Л. П. Назарова, Е. В. Фалькова, Н. А. Данилов // *Механика. Исследования и инновации.* – 2021. – Вып. 14. – С. 259–261.

А. А. ЗУЕВ, Л. П. НАЗАРОВА, Е. В. ФАЛЬКОВА, Н. А. ДАНИЛОВ
Сибирский государственный университет науки и технологий
им. акад. М. Ф. Решетнева, Красноярск, Россия

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТЕРЬ НА ДИСКОВОЕ ТРЕНИЕ ПРИ РАСЧЕТАХ ТУРБОНАСОСНЫХ АГРЕГАТОВ

Приведены результаты исследования потерь в высокоскоростных центробежных насосах турбонасосных агрегатов жидкостных ракетных двигателей, обусловленных дисковым трением. Показано влияние степени турбулизации динамического пространственного пограничного слоя на профиль скорости в нем. Получены аналитические выражения напряжений трения, момента сопротивления и мощности сил дискового трения.

Ключевые слова: дисковое трение, потери энергии, турбонасосный агрегат, жидкостный ракетный двигатель, мощность.

A. A. ZUEV, L. P. NAZAROVA, E. V. FALKOVA, N. A. DANILOV
Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk, Russia

DETERMINATION OF DISK FRICTION LOSSES AT CALCULATIONS OF TURBO-PUMP AGGREGATES

The results of losses investigation in high-speed centrifugal pumps of turbopump aggregates of liquid-propellant rocket engines due to disk friction are presented. The influence of the turbulence value of the dynamic spatial boundary layer on the velocity profile in it is shown. Analytical expressions for friction stresses, moment of resistance and power of disk friction forces are obtained.

Keywords: disk friction, energy losses, turbopump aggregate, liquid rocket engine, power.

Зуев, А. А. Динамически нестабилизированные течения в проточных частях турбонасосных агрегатов / А. А. Зуев, Л. П. Назарова, Е. В. Фалькова, Н. А. Данилов // *Механика. Исследования и инновации.* – 2021. – Вып. 14. – С. 262–264.

А. А. ЗУЕВ, Л. П. НАЗАРОВА, Е. В. ФАЛЬКОВА, Н. А. ДАНИЛОВ
Сибирский государственный университет науки и технологий
им. акад. М. Ф. Решетнева, Красноярск, Россия

ДИНАМИЧЕСКИ НЕСТАБИЛИЗИРОВАННЫЕ ТЕЧЕНИЯ В ПРОТОЧНЫХ ЧАСТЯХ ТУРБОНАСОСНЫХ АГРЕГАТОВ

Рассматриваются динамически нестабилизированные течения, характерные для элементов проточных частей турбонасосных агрегатов жидкостных ракетных двигателей. С учетом различных степеней профиля распределения скорости в ламинарном и турбулентном потоках жидкости получены выражения для толщины пограничного слоя и скорости ядра потока при течении жидкости в сужающихся и расширяющихся каналах цилиндрического и прямоугольного поперечного сечения, а также в каналах полостей вращения переменной сечения.

Ключевые слова: участок динамически нестабилизированного течения, скорость, потери по длине, пространственный пограничный слой.

A. A. ZUEV, L. P. NAZAROVA, E. V. FALKOVA, N. A. DANILOV
Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk, Russia

DYNAMICALLY UNSTABILIZED FLOWS IN THE FLOW PATH OF TURBO-PUMP AGGREGATES

There are considered the dynamically unstabilized flows, which are typical for elements of the flow parts of turbopump aggregates of liquid-propellant rocket engines. Taking into account different degrees of the velocity distribution profile in laminar and turbulent fluid flows, there are obtained the expressions for the boundary layer thickness and the flow middle part velocity at fluid flow in narrowing and expanding channels of cylindrical and rectangular cross sections, as well as in channels of rotation cavities of variable cross section.

Keywords: section of dynamically unstabilized flow, velocity, losses along length, spatial boundary layer.

Lin, Ji. Reform of teaching mechanical disciplines and exploration for top creative talents in Hohai university / Ji Lin, Dong Lei, Jing Li // Mechanics. Researches and Innovations. – 2021. – Vol. 14. – С. 265–269.

JI LIN, DONG LEI, JING LI

College of Mechanics and Materials, Hohai University, Nanjing, China

REFORM OF TEACHING MECHANICAL DISCIPLINES AND EXPLORATION FOR TOP CREATIVE TALENTS IN HOHAI UNIVERSITY

To meet requirements of top creative talents in economic and social developments, we introduce the reform and exploration of the training model in the national key discipline Engineering Mechanics of Hohai University. The reform can be summarized into the following three categories. At first, interest-oriented, we select outstanding students who are interested in scientific research, and a dynamic selection mechanism for top creative students is proposed. Secondly, to meet the needs of the national strategy, we combine scientific research and teaching together to build a top-creative talent training program that orientates independent learning and innovative practice. Finally, by integrating the competition, creation, and training, a top-creative training platform is obtained. In this way, the students in the discipline of mechanics perform excellent performances in universities and society.

Key words: reform for talents nurturing, Hohai University, mechanics education, innovation, high-level professionals.

Ж. ЛИН, Д. ЛЕЙ, Ж. ЛИ

Университет Хохай, Нанкин, Китай

РЕФОРМА ПРЕПОДАВАНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИН И ВЫЯВЛЕНИЕ ТВОРЧЕСКИХ ЛИЧНОСТЕЙ В УНИВЕРСИТЕТЕ ХОХАЙ

С целью воспитания творческих личностей для обеспечения экономического и социального развития в Университете Хохай внедряется реформа и исследование модели обучения ключевой национальной дисциплины «Инженерная механика». Суть реформы состоит в трех положениях. Во-первых, осуществляется отбор одаренных студентов, интересующихся научными исследованиями, и предложен механизм динамического выбора из них наиболее творческих. Во-вторых, в соответствии с потребностями национальной стратегии мы объединяем научные исследования и преподавание для построения программы обучения, которая ориентирует на самостоятельное обучение и инновационную практику. Наконец, на основе интеграции соревновательности, творчества и тренинга создана перво-классная обучающая платформа. Таким образом, студенты, изучающие механику, показывают отличные результаты как в университете, так и в общественной жизни.

Ключевые слова: реформа воспитания талантов, Университет Хохай, обучение механике, инновации, профессионалы высокого уровня.

Комнатный, Д. В. Использование заданий по анализу простых машин для повышения практической подготовки студентов / Д. В. Комнатный, Д. А. Черноус // Механика. Исследования и инновации. – 2021. – Вып. 14. – С. 270–274.

Д. В. КОМНАТНЫЙ¹, Д. А. ЧЕРНОУС²

¹Гомельский государственный технический университет им. П. О. Сухого, Гомель, Беларусь

²Белорусский государственный университет транспорта, Гомель, Беларусь

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗАДАНИЙ ПО АНАЛИЗУ ПРОСТЫХ МАШИН ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ СТУДЕНТОВ

Рассматривается проблема повышения практической подготовки студентов, привития им навыков анализа механических аппаратов и устройств. Для ее решения предлагается изучение студентами простых машин, известных с античности, и некоторых других объектов техники. Выбор тем для изучения базируется на классических курсах прикладной механики, разработанных Н. Е. Жуковским. Методикой изучения студентами этих тем выбрана самостоятельная управляемая работа студентов. Описаны организация такой работы, способы изложения теоретического материала и управления работой студентов.

Ключевые слова: простые машины, статика, «золотое правило механики», учебно-исследовательская работа, самостоятельная управляемая работа.

D. V. KOMNATNY¹, D. A. CHERNOUS²

¹Sukhoi State Technical University of Gomel, Gomel, Belarus

²Belarusian State University of Transport, Gomel, Belarus

USAGE OF SIMPLE MACHINE ANALYSIS TASKS IN ORDER TO INCREASE THE PRACTICAL TRAINING OF STUDENTS

There is considered the problem of improving the practical training of students, instilling for them the skills of mechanical apparatus and devices analyzing. To solve the mentioned problem it is proposed to teach students the simple machines, known from antiquity, and some other technical objects. The choice of topics for study is based on the classical courses in applied mechanics, developed by N. E. Zhukovsky. The methodology for studying these topics by students is an independent, guided work of students. The organization of such work, methods of presenting theoretical material and managing the work of students are described.

Keywords: simple machines, statics, "golden rule of mechanics", educational research work, independent controlled work.

Локтионов, А. В. Анализ малых колебаний эллиптического маятника с применением теоремы об изменении кинетического момента в относительном движении / А. В. Локтионов, А. А. Сидорович // Механика. Исследования и инновации. – 2021. – Вып. 14. – С. 275–279.

А. В. ЛОКТИОНОВ, А. А. СИДОРОВИЧ

Витебский государственный технологический университет, Витебск, Беларусь

АНАЛИЗ МАЛЫХ КОЛЕБАНИЙ ЭЛЛИПТИЧЕСКОГО МАЯТНИКА С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕОРЕМЫ ОБ ИЗМЕНЕНИИ КИНЕТИЧЕСКОГО МОМЕНТА В ОТНОСИТЕЛЬНОМ ДВИЖЕНИИ

Выполнено решение задачи о малых колебаниях эллиптического маятника для случая заданной начальной угловой скорости его движения. С применением теоремы об изменении кинетического момента в относительном движении получено линейное неоднородное дифференциальное уравнение и установлен закон движения маятника. Получено уравнение движения ползуна в зависимости от времени при заданной начальной угловой скорости вращения маятника и скорости перемещения ползуна в горизонтальном направлении.

Ключевые слова: малые колебания, относительное движение, кинетический момент, эллиптический маятник.

A. V. LOKTIONOV, A. A. SIDOROVICH

Vitebsk State Technological University, Vitebsk, Belarus

ANALYSIS OF SMALL OSCILLATIONS OF AN ELLIPTICAL PENDULUM USING THE THEOREM OF KINETIC MOMENT CHANGE IN RELATIVE MOTION

The problem of small oscillations of an elliptic pendulum is solved for the case of its given initial angular velocity. Using the theorem of the kinetic moment change in relative motion, a linear non-homogeneous differential equation is obtained and the pendulum law motion is established. The slider motion equation as a function of time is obtained for a given initial angular velocity of pendulum rotation and the slider's movement velocity in the horizontal direction.

Keywords: small oscillations, relative motion, angular moment, elliptical pendulum.

Шимановский, А. О. XVII Международная олимпиада по теоретической механике / А. О. Шимановский, М. Г. Кузнецова, И. Е. Кракова// Механика. Исследования и инновации. – 2021. – Вып. 14. – С. 280–294.

А. О. ШИМАНОВСКИЙ, М. Г. КУЗНЕЦОВА, И. Е. КРАКОВА
Белорусский государственный университет транспорта, Гомель, Беларусь

XVII МЕЖДУНАРОДНАЯ ОЛИМПИАДА ПО ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ МЕХАНИКЕ

Представлена информация о XVII Международной олимпиаде по теоретической механике, которая в апреле 2021 г. проведена в дистанционном формате в Белорусском государственном университете транспорта. Приведены условия и решения задач, сведения о результатах олимпиады.

Ключевые слова: теоретическая механика, олимпиада, условия задач, решения.

A. O. SHIMANOVSKY, M. G. KUZNIATSOVA, I. E. KRAKAVA
Belarusian State University of Transport, Gomel, Belarus

XVII INTERNATIONAL ENGINEERING MECHANICS CONTEST

There is presented the information about the 17th International Engineering Mechanics Contest which took place at Belarusian State University of Transport in April 2021. The problem tasks and solutions and the Contest results information are demonstrated.

Keywords: engineering mechanics, contest, problem tasks, solutions.