

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

Кафедра «Техническая физика и теоретическая механика»

МЕХАНИКА. ИССЛЕДОВАНИЯ И ИННОВАЦИИ

Международный сборник научных трудов

Выпуск 10

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

Гомель 2017

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.

Редакционная коллегия:

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

Путьто А. В. (зам. главного редактора), доктор технических наук, доцент
(Гомель, БелГУТ);

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

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

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

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

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

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

Сенько В. И., доктор технических наук, профессор (Гомель, БелГУТ);

Сосновский Л. А., доктор технических наук, профессор (Гомель, БелГУТ);

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. Сухого)

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	5
Научные публикации	
<i>Абдулкадер М. Х.</i> Анализ точности результатов конечноэлементного моделирования взаимодействия упругого тела с грунтом	6
<i>Батманов Д., Джораев А.</i> Экспериментальное исследование работы магнитожидкостного уплотнения	12
<i>Близнец Д. А., Богданович П. Н., Якубович О. И.</i> Конечноэлементное моделирование процесса распиловки твердых и сверхтвердых материалов	17
<i>Босаков С. В., Скач�к П. Д.</i> Статический расчет треугольных пластинок с шарнирно-опертыми гранями	24
<i>Воробьев С. А.</i> Кинематическая реакция круговой цилиндрической сэндвич-оболочки на импульсное воздействие при учете внутреннего трения в материалах слоев.....	29
<i>Врублевская В. И., Анисеева М. В., Дробышевский П. С.</i> Исследование свойств сталей для изготовления внутренних колец подшипников скольжения	39
<i>Гурский Е. П.</i> Совершенствование технического обслуживания грузовых вагонов на основе вероятностного анализа их отказов.....	48
<i>Захарчук Ю. В.</i> Перемещения в круговой трехслойной пластине со сжимаемым наполнителем .	55
<i>Зеленая А. С.</i> Напряженно-деформированное состояние упругой трехслойной прямоугольной пластины со сжимаемым наполнителем.....	67
<i>Карасев А. А., Ламоткин А. Е.</i> Об устойчивости по части переменных в критическом случае 2л нулевых корней с 2л групп решений.....	75
<i>Козел А. Г.</i> Перемещения круговой трехслойной пластины на двухпараметрическом основании...	80
<i>Козунова О. В., Васильев А. А.</i> Анализ напряженно-деформированного состояния энергоэффективного стенового блока с гибкими связями вариационно-разностным методом..	87
<i>Козунова О. В., Васильев А. А., Кумашов С. В.</i> Постановка задачи и алгоритм нелинейного расчета балки с трещинами как эквивалентного элемента	93
<i>Коробов В. И., Ревина Т. В., Моисеева Е. А.</i> Решение задачи синтеза для одной робастной колебательной системы.....	99
<i>Кузнецова М. Г., Кракова И. Е., Милодовский И. Г.</i> Анализ прочности и устойчивости элементов подвески контактной сети под действием сосредоточенных и распределенных нагрузок	106
<i>Ламоткин А. Е., Прончатов Д. А.</i> Анализ возможности улучшения некоторых тормозных систем	111
<i>Леоненко Д. В.</i> Упругопластический изгиб трехслойного стержня на упругом основании....	116
<i>Ловейкин В. С., Почка К. И.</i> Определение граничных условий оптимального режима реверсирования роликовой формовочной установки по ускорению четвертого порядка....	125
<i>Мандрик Е. С.</i> Повышение точности и информативности анализа параметров вибрации погружной телеметрической системой.....	141
<i>Марченко Д. М.</i> Создание компьютерной модели вагона для динамического моделирования в MSC.ADAMS.....	148

<i>Парфенова В. С.</i> Деформирование круглой упругой трехслойной пластины со ступенчато-переменной границей	157
<i>Пигунов А. В., Пигунов В. В., Буйленков П. М.</i> Конструктивные решения для кузова полувагона повышенной грузоподъемности в соответствии с современными требованиями к прочности.....	164
<i>Сирош К. А., Козунова О. В., Васильев А. А.</i> Вариационно-разностное исследование деформирования пластины как закладной детали опорного узла в нелинейной постановке	171
<i>Смирнов Ю. П., Тарасов В. К.</i> О различии законов вертикального и горизонтального движения линии цели при отслеживании перемещения точечной цели	177
<i>Старовойтов Э. И., Тарлаковский Д. В.</i> Перемещения в трехслойном стержне со сжимаемым заполнителем в нейтронном потоке	182
<i>Суханова О. А.</i> Моделирование работы дисковых тормозов методом конечных элементов..	192
<i>Чернин И. Л., Путьято А. В., Застольский М. С., Путьято О. В.</i> Оценка прочности соединений элементов колесных пар с гарантированным натягом	197
<i>Шилько С. В., Черноус Д. А.</i> Уточненное описание управляемого движения верхней конечности при активации скелетной мышцы.....	205
<i>Шимановский А. О., Каплюк И. И.</i> Моделирование взаимодействия токоприемника с контактным проводом	213
<i>Шимановский А. О., Черноус Д. А., Абдулкадер М. Х.</i> Аналитический расчет вдавливания полусферы в материал, описываемый моделью Друкера – Прагера.....	219
<i>Яровая А. В.</i> Перемещения в трехслойной ортотропной пластине с усиливающей накладкой..	224
Учебно-методические публикации	
<i>Дмитриев Д. В.</i> Об усовершенствованиях типовых расчетов при проектировании тормозов железнодорожного подвижного состава.....	233
<i>Климовский Д. А., Назарова Л. П., Орлин П. А., Руденко М. С., Скрыбин В. В., Смирнов Н. А., Фалькова Е. В.</i> Задача о прямолинейном движении точки механизма параллельной структуры с двумя кулисами	238
<i>Локтионов А. В.</i> Решение уравнения малых колебаний эллиптического маятника	242
<i>Лукиенко Л. В., Ермолов А. В.</i> Повышение уровня механической подготовки студентов агроинженеров ТГПУ им. Л. Н. Толстого в условиях дефицита аудиторной нагрузки	248
<i>Попов А. И.</i> Проблемы формирования готовности студентов к исследованию механических процессов	252
Краткие сообщения	
<i>Климовский Д. А., Назарова Л. П., Скрыбин В. В., Фалькова Е. В., Савченко А. М.</i> Применение знаний по теоретической механике в ракетно-космической технике	259
<i>Комнатный Д. В.</i> Преподавание динамики и основ автоматического управления при подготовке специалистов по железнодорожной автоматике и телемеханике.....	262
<i>Назарова Л. П., Фалькова Е. В., Климовский Д. А.</i> Развитие творческих способностей и формирование профессиональных компетенций студентов при олимпиадах по теоретической механике.....	265
<i>Тарасов В. К., Смирнов Ю. П.</i> Об устойчивости движения твердого тела вокруг неподвижной точки	268
<i>Шестаков И. Я., Фисенко Е. Н.</i> Линейные электродинамические двигатели для приводов вибростендов.....	272
Международная олимпиада по теоретической механике	
<i>Шимановский А. О., Кракова И. Е.</i> О международных олимпиадах по теоретической механике 2016 и 2017 гг.	275
Правила оформления статей	322

Абдулкадер М. Х. Анализ точности результатов конечноэлементного моделирования взаимодействия упругого тела с грунтом / М. Х. Абдулкадер // Механика. Исследования и инновации. – 2017. – Вып. 10. – С. 6–11.

В работе представлены результаты конечноэлементного моделирования взаимодействия отвала бульдозера с грунтом в среде программного комплекса ABAQUS. Выполнено сравнение результатов расчетов и экспериментов по определению сил сопротивления копанью отвалом бульдозера, которые проводились в Белорусско-Российском университете.

Ключевые слова: бульдозер, конечный элемент, резание, ABAQUS, отвал, сила сопротивления, грунт.

M. H. ABDULKADER

ANALYSIS OF THE RESULTS ACCURACY FOR FINITE-ELEMENT MODELING OF THE ELASTIC BODY-GROUND INTERACTION

The paper presents the results of finite element modeling of the bulldozer blade-soil interaction using the ABAQUS software environment. There was made the comparison of the computational and experimental results of determining the resistance forces for digging with a bulldozer dump, which were carried out at the Belarusian-Russian University.

Батманов, Д. Экспериментальное исследование работы магнито-жидкостного уплотнения / Д. Батманов, А. Джораев // Механика. Исследования и инновации. – 2017. – Вып. 10. – С. 12–16.

Приведены результаты экспериментов, в которых анализировалось снижение разности давлений между изолированным объемом и окружающей средой в случае применения магнито-жидкостного уплотнения. Показана перспективность применения такого уплотнения в насосах.

Ключевые слова: вращающийся вал, магнито-жидкостное уплотнение, магнитореологическая жидкость, избыточное давление.

D. BATMANOV, A. DZHORAEV

EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF THE MAGNETIC-LIQUID SEAL WORK

There are given the experimental results for the analysis of the pressure difference between an isolated volume and the environment in the case of a magneto-liquid seal. The prospects of using such a seal in pumps are shown.

Близнец, Д. А. Конечноэлементное моделирование процесса распиловки твердых и сверхтвердых материалов / Д. А. Близнец, П. Н. Богданович, О. И. Якубович // Механика. Исследования и инновации. – 2017. – Вып. 10. – С. 17–23.

Рассматриваются явления, которые могут приводить к появлению трещин при распиливании заготовок тонким бронзовым диском. Определены частоты собственных колебаний инструмента и критическая сила, соответствующая потере устойчивости плоской формы диска. На основе анализа результатов экспериментов предложен способ, позволяющий снизить вероятность образования трещин при распиловке твердых материалов.

Ключевые слова: распиловка, алмаз, собственные частоты, устойчивость, трещины.

D. A. BLIZNETS, P. N. BOGDANOVICH, V. I. YAKUBOVICH
FINITE-ELEMENT MODELING OF THE HARD AND ULTRA-HARD MATERIAL SAWING PROCESS

There are considered the phenomena that can lead to the appearance of cracks at a cutting process of blanks with a thin bronze disc. The eigenfrequencies of the instrument and the critical force corresponding to the stability loss of the disk flat shape are determined. Based on the analysis of the experimental results, there was proposed a method allowing to reduce the probability of crack formation at solid materials cutting.

Босаков, С. В. Статический расчет треугольных пластинок с шарнирно-опертыми гранями / С. В. Босаков, П. Д. Скачек // Механика. Исследования и инновации. – 2017. – Вып. 10. – С. 24–28.

В статье рассматривается статический расчет треугольных пластинок с шарнирно-опертыми гранями методом Ритца. Получены формулы для точного определения коэффициентов при координатных функциях, используемых в выражении функции прогибов. Приведен пример расчета треугольной плиты на действие сосредоточенной силы.

Ключевые слова: треугольная пластина, метод Ритца, функция прогибов.

S. V. BOSAKOV, P. D. SKACHOK

STATIC CALCULATION OF TRIANGULAR PLATES WITH THE HINGE-SUPPORTED FACETS

The paper considers the problem of static calculations of triangular plates with the hinge-supported facets using the Ritz' method. There were obtained the formulas for the accurate determination of coefficients for coordinate functions used in the deflection function expressions. The calculation sample for the triangular plate under the action of single force is given.

Воробьев, С. А. Кинематическая реакция круговой цилиндрической сэндвич-оболочки на импульсное воздействие при учете внутреннего трения в материалах слоев / С. А. Воробьев // Механика. Исследования и инновации. – 2017. – Вып. 10. – С. 29–38.

Предложена постановка начально-краевой задачи о динамическом нагружении круговой цилиндрической трехслойной оболочки с учетом внутреннего трения в материалах слоев. В каждом слое оболочки предполагается выполнение кинематических гипотез Тимошенко, т.е. прямолинейный элемент, первоначально нормальный к срединной поверхности слоя, в процессе деформирования остается прямолинейным, но из-за деформации поперечного сдвига поворачивается на дополнительный угол и перестает быть перпендикулярным к срединной поверхности. Уравнения движения получены вариационным методом. Внутреннее трение учтено на основе концепции комплексных модулей упругости. Получено аналитическое решение модельной задачи о динамическом деформировании прямоугольной в плане цилиндрической сэндвич панели, на основе которого выполнен расчет кинематических параметров ее колебаний.

Ключевые слова: цилиндрическая трехслойная оболочка, колебания, внутреннее трение, комплексный модуль упругости, точечный импульс.

S. A. VOROBYOV

KINEMATIC REACTION OF A CIRCULAR CYLINDRICAL SANDWICH SHELL ON PULSE ACTION CONSIDERING THE INTERNAL FRICTION IN LAYERS' MATERIALS

The formulation of the initial-boundary value problem on the dynamic loading of a circular cylindrical sandwich shell on pulse action considering the internal friction in layers' materials is proposed. The kinematic hypotheses of Timoshenko are supposed to operate in each shell, that is, the rectilinear element, originally normal to the layer middle surface, remains rectilinear during deformation; due to the transverse shear deformation it rotates by an additional angle and becomes non perpendicular to the layer middle surface. The motion equations are obtained by a variational method. The internal friction is taken into account on the basis of the complex elastic moduli concept. An analytical solution is obtained for the model problem of dynamic deformation of a rectangular in plan cylindrical sandwich panel. On its basis the kinematic parameters of the panel oscillations are calculated.

Врублевская, В. И. Исследование свойств сталей для изготовления внутренних колец подшипников скольжения / В. И. Врублевская, М. В. Аникеева, П. С. Дробышевский // Механика. Исследования и инновации. – 2017. – Вып. 10. – С. 39–47.

Рассматриваются подшипники скольжения самосмазывающиеся на основе природного композита, взаимозаменяемые с подшипниками качения. Приведены результаты физико-механических и триботехнических испытаний подшипников с внутренними кольцами из сталей 45Х, 18ХГТ в сравнении с аналогичными кольцами из стали 45. Выявлено, что лучшими свойствами обладает конструкционная низкоуглеродистая легированная сталь 18ХГТ, упрочненная химико-термической обработкой (цементацией).

Ключевые слова: подшипники скольжения, свойства материала внутренних колец, триботехнические испытания, износостойкость.

V. I. VRUBLEVSKAYA, M. V. ANIKEEVA, P. S. DROBYSHEVSKY

RESEARCH OF STEEL PROPERTIES FOR THE PLAIN BEARING INNER RINGS PRODUCTION

There are considered the self-lubricating on the basis of natural composite, interchangeable with rolling bearings plain bearings. The results of physical-mechanical and tribotechnical tests of bearings with inner rings made of 45H and 18HGТ steel in comparison with the inner rings made of steel 45 are presented. It was revealed that the steel 18HGТ after chemical-thermal processing (cementation) has the best properties.

Гурский, Е. П. Совершенствование технического обслуживания грузовых вагонов на основе вероятностного анализа их отказов / Е. П. Гурский // Механика. Исследования и инновации. – 2017. – Вып. 10. – С. 48–54.

Проведен анализ нарушений безопасности движения поездов и отказов подвижного состава на Белорусской железной дороге. На основании статистических данных о работе гарантийных участков определены и исследованы показатели эксплуатационной надежности, а также установлена длина участков по условию обеспечения требуемой надежности. При расчете длины гарантийного участка применен вероятностный подход: выполнен подбор закона распределения случайной величины «наработка на отказ» и получены ее расчетные значения для заданного уровня доверительной вероятности. Предлагаемая методика позволяет классифицировать гарантийные участки полигона железной дороги с учетом возможных экономических потерь от отказов вагонов на них, усовершенствовать территориальную схему размещения пунктов технического обслуживания, усовершенствовать технологические процессы их работы, сократить отказы и повысить эксплуатационную надежность грузовых вагонов.

Ключевые слова: безопасность движения поездов, грузовой вагон, статистика неисправностей, наработка на отказ, гарантийный участок.

E. P. GURSKIY

IMPROVEMENT OF TECHNICAL MAINTENANCE OF FREIGHT CARS ON THE BASIS OF PROBABILISTIC ANALYSIS OF THEIR FAILURES

The analysis of the train movement safety non-fulfillment and rolling stock failures at the Belarusian Railway is performed. Based on the statistical data on the operation of guarantee sectors, there were determined and investigated the operational reliability indicators, the length of the sectors satisfying the conditions of ensuring the required reliability was determined either. To calculate the length of the guarantee section, a probabilistic approach was applied: there was carried out the selection of the distribution law of the "work-out for failure" random value and the calculated values for a given confidence level were obtained. The proposed methodology allows to classify the guarantee sectors of the railway polygon, taking into account possible economic losses from the cars' failures on them; to improve the territorial scheme of the maintenance points location; to improve the technological processes of their operation, to reduce failures and to enhance the operational reliability of freight cars.

Захарчук, Ю. В. Перемещения в круговой трехслойной пластине со сжимаемым наполнителем / Ю. В. Захарчук // Механика. Исследования и инновации. – 2017. – Вып. 10. – С. 55–56.

Рассмотрена задача о симметричном изгибе несимметричной по толщине упругой круговой трехслойной пластины со сжимаемым наполнителем. Для тонких несущих слоев приняты гипотезы Кирхгофа. В относительно толстом наполнителе учтены поперечный сдвиг, радиальные перемещения и прогиб, который изменяется линейно по толщине. Дифференциальные уравнения равновесия в усилиях получены с помощью вариационного метода Лагранжа. Постановка краевой задачи в перемещениях приведена в цилиндрической системе координат r , φ , z . Аналитическое решение получено в итерационном виде.

Ключевые слова: трехслойная круглая пластина, сжимаемый наполнитель, перемещения, упругость.

Yu. V. ZAKHARCHUK

DISPLACEMENTS IN THE CIRCULAR THREE-LAYERED PLATE WITH A COMPRESSIBLE FILLER

The problem of symmetric bending of an asymmetrical in thickness three-layered elastic plate with a compressible filler is investigated. The Kirchhoff's hypotheses are accepted for the thin bearing layers. In a relatively thick filler there were taken into account the transverse shear, radial displacements and deflection variable linearly in thickness. The differential equations of equilibrium in the efforts are obtained using the Lagrange variational method. The setting of the boundary value problem in the displacements is given in the cylindrical coordinate system. The analytical solution was obtained in the iterative form.

Зеленая, А. С. Напряженно-деформированное состояние упругой трехслойной прямоугольной пластины со сжимаемым заполнителем // А. С. Зеленая // Механика. Исследования и инновации. – 2017. – Вып. 10. – С. 67–74.

Исследовано напряженно-деформированное состояние несимметричных по толщине упругих трехслойных пластин со сжимаемым заполнителем. Кинематические гипотезы основаны на гипотезе ломаной линии: для внешних слоев принимаются гипотезы Кирхгофа, в жестком сжимаемом заполнителе деформированная нормаль остается прямолинейной. Равномерно распределенная нагрузка приложена к внешней поверхности первого несущего слоя.

Ключевые слова: трехслойная прямоугольная пластина, сжимаемый заполнитель, упругость, метод Бубнова-Галеркина.

A. S. ZELENAYA

STRESS-DEFORMED STATE OF AN ELASTIC THREE-LAYERED RECTANGULAR PLATE WITH THE COMPRESSED FILLER

The stress-strain state of asymmetric in thickness elastic three-layered plates with a compressible filler is investigated. The kinematic hypotheses are based on the hypothesis of a broken line: the Kirchhoff hypotheses are accepted for the outer layers, the deformed normal remains rectilinear in a rigid compressible filler. A uniformly distributed load is applied to the outer surface of the first bearing layer.

Карасев, А. А. Об устойчивости по части переменных в критическом случае $2n$ нулевых корней с $2n$ групп решений / А. А. Карасев, А. Е. Ламоткин // Механика. Исследования и инновации. – 2017. – Вып. 10. – С. 75–79.

В статье рассматривается задача устойчивости по отношению к части переменных, в случае, когда характеристическое уравнение системы имеет $2n$ нулевых корней с $2n$ группами решений. Предлагается подход к разрешению задачи с рассмотрением ненулевых членов наименьшего порядка в разложениях правых частей. Приводятся условия устойчивости и неустойчивости по отношению к части переменных.

Ключевые слова: устойчивость движения, функция Ляпунова, частичная устойчивость, невозмущенное движение.

A. A. KARASEV, A. E. LAMOTKIN

ON SUSTAINABILITY BY THE PART OF VARIABLES IN THE CRITICAL CASE OF $2n$ ZERO ROOTS WITH $2n$ GROUPS OF DECISIONS

The stability problem with respect to a part of the variables is considered for the case when the characteristic equation of the system has $2n$ zero roots with $2n$ groups of solutions. It is proposed an approach to the solution of the problem with consideration of non-zero terms of least order in expansions of the right-hand sides. The stability and the instability conditions are given with respect to a part of the variables.

Козел А. Г. Перемещения круговой трехслойной пластины на двухпараметрическом основании / А. Г. Козел // *Механика. Исследования и инновации.* – 2017. – Вып. 10. – С. 80–86.

Получены дифференциальные уравнения равновесия в перемещениях, описывающие деформирование несимметричной по толщине упругой трёхслойной круговой пластины на основании Пастернака. Сформулированы граничные условия. Получено общее аналитическое решение. Исследован случай изгиба пластины под действием равномерно распределенной поверхностной нагрузки.

Ключевые слова: трехслойная круглая пластина, основание Пастернака, перемещения, упругость.

A. G. KOZEL

MOVEMENTS IN THE CIRCULAR THREE-LAYERED PLATE ON THE TWO-PARAMETRICAL FOUNDATION

There were obtained the differential equations of equilibrium in displacements describing the deformation of an asymmetric three-layered circular plate on the Pasternak foundation. The boundary conditions are formulated. A general analytical solution of the boundary value problem is given. The bending of the plate under the action of uniformly distributed surface load is investigated.

Козунова, О. В. Анализ напряженно-деформированного состояния энергоэффективного стенового блока с гибкими связями вариационно-разностным методом / О. В. Козунова, А. А. Васильев // Механика. Исследования и инновации. – 2017. – Вып. 10. – С. 87–92.

В работе выполнен расчет на прочность энергоэффективного стенового блока на гибких связях с применением вариационно-разностного метода (ВРМ), который представляет собой энергетический метод в конечно-разностной постановке. Расчетная модель блока представлена совокупностью вертикальных упругих слоев конечных размеров с постоянными параметрами упругости. Численная реализация ВРМ осуществлена в линейной постановке с помощью системы Mathematica 8.0.

Ключевые слова: стеновой блок, вариационно-разностный метод, упругие слои, напряженно-деформированное состояние, параметры упругости.

O. V. KOZUNOVA, A. A. VASILYEV

ANALYSIS OF THE STRESS-DEFORMED STATE OF THE ENERGY EFFICIENT WALL UNIT WITH FLEXIBLE RELATIONSHIP BY THE VARIATION-DIFFERENCE METHOD

In this work, the strength of an energy efficient wall block on flexible couplings is calculated using the variational difference method (VDM), which is an energy method in a finite-difference formulation. The design model of the block is represented by a set of vertical elastic layers of finite dimensions with constant elastic parameters. The numerical realization of the VDM is carried out in a linear formulation using the Mathematica 8.0 system.

Козунова, О. В. Постановка задачи и алгоритм нелинейного расчета балки с трещинами, как эквивалентного элемента / О. В. Козунова, А. А. Васильев, С. В. Кумашов // Механика. Исследования и инновации. – 2017. – Вып. 10. – С. 93–98.

Рассматривается фундаментная балка с трещинами на линейно-упругом основании. Получено дифференциальное уравнение ее изгиба. Приведены зависимости между возникающими в балке моментами, ее изгибной жесткостью и кривизной. Сформулирован алгоритм расчета фундаментной балки с трещинами в нелинейной постановке. Для решения дифференциального уравнения изгиба балки используется метод упругих решений в форме переменных параметров упругости.

Ключевые слова: фундаментная балка, трещина, железобетон, нелинейность, переменная кривизна, дифференциальное уравнение изгиба, метод упругих решений.

O. V. KOZUNOVA, A. A. VASILIEV, S. V. KUMASHOV

STATEMENT OF THE PROBLEM AND THE ALGORITHM OF NON-LINEAR CALCULATION OF A BEAM WITH CRACKS AS AN EQUIVALENT ELEMENT

A foundation beam with cracks on a linear elastic foundation is considered. The differential equation of the beam bending is obtained. There are presented the dependences between the torques in the beam, its flexural rigidity and curvature. It is formulated an algorithm for calculating a foundation beam with cracks in a nonlinear formulation. To solve the differential equation of the beam bending, the method of elastic solutions in the form of variable elastic parameters is used.

Коробов, В. И. Решение задачи синтеза для одной робастной колебательной системы / В. И. Коробов, Т. В. Ревина, Е. А. Моисеева // Механика. Исследования и инновации. – 2017. – Вып. 10. – С. 99–105.

Рассматривается задача синтеза для робастной колебательной системы четвертого порядка с неизвестным параметром (возмущением). Решение основано на методе функции управляемости В. И. Коробова. В качестве возмущения рассматривается коэффициент жесткости пружины, который неизвестен точно, но лежит в пределах некоторого отрезка. Предложено управление, которое не зависит от возмущения и за конечное время переводит произвольную начальную точку некоторой окрестности начала координат в начало координат для любого значения возмущения из заданного отрезка. Границы изменения возмущения находятся из условия, что полная производная функции управляемости в силу возмущенной системы является отрицательной. Получена оценка сверху времени движения. Приведен пример для случая конкретной начальной точки.

Ключевые слова: робастная колебательная система, метод функции управляемости, задача синтеза.

V. I. KOROBOV, T. V. REVINA, O. O. MOISEEVA

SOLUTION OF THE PROBLEM OF SYNTHESIS FOR ONE ROBUST OSCILLATING SYSTEM

The synthesis problem for a fourth-order robust oscillatory system with an unknown parameter (perturbation) is considered. The solution is based on the V. I. Korobov controllability method. As a perturbation, it was considered the spring stiffness coefficient, which is not known exactly, but it lies within a certain interval. It was proposed a control that does not depend on the perturbation and it transforms an arbitrary initial point of some location near the origin to the origin for any value of the perturbation from a given interval in a finite time. The boundaries of the perturbation change are found from the condition that the total derivative of the control function due to the perturbed system is negative. An estimate from the top is obtained for the motion time. It is given an example for the case of a specific initial point.

Кузнецова, М. Г. Анализ прочности и устойчивости элементов подвески контактной сети под действием сосредоточенных и распределенных нагрузок / М. Г. Кузнецова, И. Е. Кракова, И. Г. Милодовский // Механика. Исследования и инновации. – 2017. – Вып. 10. – С. 106–110.

Выполнен анализ прочности и устойчивости консоли опоры электрической сети аналитическим и численным методами. На основе расчета с использованием метода конечных элементов в инженерном пакете ANSYS установлено, что минимальная критическая сила, определенная на основе анализа устойчивости конструкции, соответствует форме, при которой стержни консоли выходят из ее плоскости.

Ключевые слова: контактная сеть, напряженно-деформированное состояние, устойчивость равновесия, компьютерное моделирование.

M. G. KUZNIATSOVA, I. E. KRAKOVA, I. G. MILODOVSKY
**ANALYSIS OF STRENGTH AND STABILITY OF THE
CATENARY SUSPENSION ELEMENTS UNDER THE ACTION OF
CONCENTRATED AND DISTRIBUTED LOADS**

The analysis of strength and stability of the support console of the electrical network by analytical and numerical methods is performed. Based on the calculation using the finite element method in the ANSYS engineering package, it is established that the minimal critical force, obtained from the structural stability analysis, corresponds to the shape considering the console rods out of its plane.

Ламоткин, А. Е. Анализ возможности улучшения некоторых тормозных систем / А. Е. Ламоткин, Д. А. Прончатов // *Механика. Исследования и инновации.* – 2017. – Вып. 10. – С. 111–115.

В работе обсуждается задача об оптимальном торможении абсолютно твердого диска, служащего простой моделью колеса автомобиля, рассматриваются некоторые современные модели тормозных систем и проводится их сравнительный анализ в рамках поставленной задачи.

Ключевые слова: автомобиль, тормозная система, оптимальное торможение, антиблокировочная система.

A. E. LAMOTKIN, D. A. PRONCHATOV

ANALYSIS OF THE POSSIBILITY OF IMPROVING SOME BRAKE SYSTEMS

The problem of optimal braking of an absolutely rigid disk as a simple model of a car wheel is discussed, some modern models of brake systems are considered and their comparative analysis is carried out within the limits of the presented problem.

Леоненко, Д. В. Упругопластический изгиб трехслойного стержня на упругом основании / Д. В. Леоненко // Механика. Исследования и инновации. – 2017. – Вып. 10. – С. 116–124.

Рассмотрен упругопластический изгиб трехслойного стержня со сжимаемым заполнителем на упругом основании. При описании кинематики несимметричного по толщине пакета стержня для несущих слоев приняты гипотезы Бернулли. В заполнителе перемещения по толщине изменяются линейно. Реакция основания описывается моделью Винклера. Получена система уравнений равновесия и ее решение в перемещениях. Приведены численные результаты для трехслойного стержня.

Ключевые слова: упругопластичность, трехслойный стержень, упругое основание, поперечный изгиб, метод упругих решений.

D. V. LEONENKO

ELASTOPLASTIC BENDING OF THE THREE-LAYERED ROD ON AN ELASTIC BASE

Elastoplastic bending of a three-layered rod with compressible filler and on an elastic base is considered. For the description of kinematics of asymmetrical in thickness rod package in the bearing layers there were accepted the Bernoulli hypotheses. The displacements of the filler change linearly along the thickness. The reaction of the foundation is described by the Winkler's model. A system of equilibrium equations and its solution in displacements are obtained. Numerical results for a three-layer rod are presented.

Ловейкин, В. С. Определение граничных условий оптимального режима реверсирования роликовой формовочной установки по ускорению четвертого порядка / В. С. Ловейкин, К. И. Почка // Механика. Исследования и инновации. – 2017. – Вып. 10. – С. 125–140.

С целью повышения надёжности и долговечности роликовой формовочной установки выполнен расчет комбинированного режима возвратно-поступательного движения формовочной тележки с реверсированием по ускорению четвёртого порядка. Определены кинематические характеристики формовочной тележки при реверсировании с оптимальными значениями граничных условий. Предложена конструкция привода установки в виде кулачкового механизма и построен профиль кулачка для обеспечения реверсирования формовочной тележки по ускорению четвёртого порядка с оптимальными значениями граничных условий. Также предложена конструкция роликовой формовочной установки с приводом от высокомоментного шагового двигателя, который вмонтирован в укатывающие ролики формовочной тележки.

Ключевые слова: роликовая формовочная установка, пуско-тормозные режимы движения, ускорение четвертого порядка, оптимизация движения.

V. S. LOVEIKIN, K. I. POCHKA

DEFINITION OF BOUNDARY CONDITIONS OF OPTIMAL MODE FOR THE ROLLER FORMING FACILITY REVERSING FOR ACCELERATION OF THE FOURTH ORDER

In order to increase the reliability and durability of the roller molding machine, it was performed a calculation of the combined mode of reciprocating motion of the forming car with a fourth-order acceleration reversal. The kinematic characteristics of the forming car were determined for the case of reversal with optimal values of the boundary conditions. It was proposed the construction of the facility drive in the form of a cam mechanism, and a cam profile was constructed to ensure the reversal of the forming car by the acceleration of the fourth order with the optimal values of the boundary conditions. A design of a roller molding machine with a drive from a high torque stepper motor mounted in forming car rollers was also proposed.

Мандрик, Е. С. Повышение точности и информативности анализа параметров вибрации погружной телеметрической системой / Е. С. Мандрик // Механика. Исследования и инновации. – 2017. – Вып. 10. – С. 141–147.

Обоснована необходимость калибровки измерительного канала вибрации в погружных телеметрических системах, применяемых в составе скважинных насосных установок для добычи нефти. Представлена методика и основные уравнения, позволяющие учесть и компенсировать параметрический разброс в случае применения первичных измерительных преобразователей, изготовленных по микроэлектромеханической технологии. Доказана эффективность применяемой методики калибровки на стенде вибрационных испытаний.

Ключевые слова: вибрационный стенд, калибровка, установка погружного электронасоса, погружная телеметрия, колебания, вибрация.

Y. S. MANDRYK

A METHOD TO INCREASE ACCURACY AND INFORMATIVITY OF VIBRATION PARAMETERS FOR A SUBMERSIBLE TELEMETRIC SYSTEM

The article shows the need to calibrate the measuring vibration channel of submersible telemetric systems as a part of downhole pump assemblies used for oil production. There are presented a technique and basic equations allowing to take into account and compensate the parametric scatter associated with primary measuring transducers made by microelectromechanical technology. The effectiveness of the calibration technique is proved by vibration stand tests.

Марченко, Д. М. Создание компьютерной модели вагона для динамического моделирования в MSC.ADAMS / Д. М. Марченко // Механика. Исследования и инновации. – 2017. – Вып. 10. – С. 148–156.

Рассматриваются этапы подготовки компьютерной модели полувагона, состоящей из кузова, поводка, водила, надрессорных балок, боковых рам, контактных планок, клиньев, корпусов букс, осей РУ1Ш, колёс цельнокатаных и рельсов, в среде пакета MSC.ADAMS. Описан алгоритм учета поперечной жесткости комплекта пружин рессорного подвешивания в зависимости от действующей на него нагрузки. Приведены результаты тестовых расчетов движения полувагона при заданном законе изменения скорости.

Ключевые слова: компьютерное моделирование, MSC.ADAMS, полувагон, рессорное подвешивание, поперечная жесткость пружин.

D. M. MARCHENKO

CREATION OF A COMPUTER MODEL OF A RAILWAY CAR FOR DYNAMIC MODELING IN MSC.ADAMS

The stages of computer model preparation for the gondola car consisting of a body, a leash, a carrier, bolster beams, side frames, contact strips, wedges, casings, axles RU1SH, wheels and rails, in the MSC.ADAMS package are considered. It is described an algorithm for taking account the transverse stiffness of a spring suspension springs set depending on the load acting on it. The results of test calculations of the gondola car movement at a given velocity law are given.

Парфенова, В. С. Деформирование круглой упругой трехслойной пластины со ступенчато-переменной границей / В. С. Парфенова // Механика. Исследования и инновации. – 2017. – Вып. 10. – С. 157–163.

Рассмотрено деформирование круглой упругой трёхслойной пластины со ступенчато-переменной толщиной несущих слоёв. Уравнения равновесия получены вариационным методом. Сформулированы граничные условия и дополнительные условия сопряжения перемещений в местах изменения толщины пластины. Приведена методика решения краевой задачи для упругой пластины при наличии одной точки нерегулярности границы. Выписано решение данной задачи.

Ключевые слова: трехслойная круглая пластина, ступенчато-переменная граница, перемещения, упругость.

V. S. PARFENAVA

THE DEFORMATION OF THE ELASTIC THREE-LAYERED PLATE WITH A STEP-VARIED BORDER

The deformation of a circular elastic three-layered plate with a step-variable thickness of the bearing layers is considered. The equilibrium equations are obtained by a variational method. The boundary conditions and additional conditions for the conjugation of displacements at the places of plate thickness variation are formulated. There is given a solution method for the boundary-value problem for an elastic plate in the presence of a single irregularity point of the boundary. The solution of this problem is described.

Пигунов, А. В. Конструктивные решения для кузова полувагона повышенной грузоподъемности в соответствии с современными требованиями к прочности / А. В. Пигунов, В. В. Пигунов, П. М. Буйленков // Механика. Исследования и инновации. – 2017. – Вып. 10. – С. 164–170.

Выполнен анализ изменений при определении нагрузок, действующих на кузова грузовых вагонов в соответствии с новой нормативной документацией. Разработана конечно-элементная модель кузова полувагона повышенной грузоподъемности. Проведена серия прочностных расчетов на сочетания нагрузок, возникающих при различных режимах эксплуатации полувагонов. Выявлено несоответствие конструкции торцевой стены требованиям к прочности при ударных взаимодействиях. На основании анализа напряженно-деформированного состояния разработан вариант рационального конструктивного исполнения торцевой стены.

Ключевые слова: несущая способность, напряжения, деформации, торцевая стена, нагрузки, удар.

A. V. PIGUNOV, V. V. PIGUNOV, P. M. BUILENKOV

GONDOLA CAR BODY WITH HIGHER LOAD-CARRYING CAPACITY: CONSTRUCTION SOLUTIONS UNDER MODERN STRENGTH REQUIREMENTS

Change analysis for defining loads acting on the freight car bodies was carried out in accordance with the new regulatory specifications. Finite element model of a gondola car body with higher load-carrying capacity was developed. The set of stress-strain calculations for combinations of loads appeared under various gondola operating regimes was performed. The end wall construction strength requirements inadequacy was revealed for impact interaction. On the basis of the stress-strain condition analysis the rational constructive version of the construction was developed.

Сирош, К. А. Вариационно-разностное исследование деформирования пластины как закладной детали опорного узла в нелинейной постановке / К. А. Сирош, О. В. Козунова, А. А. Васильев // Механика. Исследования и инновации. – 2017. – Вып. 10. – С. 171–176.

Рассматривается закладная деталь опорного узла «ригель – консоль колонны» и исследуется ее напряженно-деформированное состояние в нелинейной постановке. Способом расчета данного элемента опорного соединения строительной конструкции является вариационно-разностный метод (ВРМ). Приведены дифференциальные соотношения полной потенциальной энергии пластинки и действующей на нее нагрузки. Проведен анализ эпюр горизонтальных напряжений на предмет соблюдения принципа Сен-Венана в характерных сечениях: на краю и в середине пластины.

Ключевые слова: закладная деталь, вариационно-разностный метод, принцип Сен-Венана, физическая нелинейность, итерационный алгоритм.

K. A. SIROSH, O. V. KOZUNOVA, A. A. VASILIEV

VARIATIONAL-DIFFERENT INVESTIGATION OF DEFORMING FOR THE PLATE AS A EMBEDDED DETAIL OF A SUPPORT UNIT IN A NONLINEAR SETTING

It was considered the embedded part of the support assembly "bolt-console of the column" and it was analyzed its stress-strained condition in a nonlinear setting. The calculating method for the element of the supporting structure of the building structure was the variational-difference method. Differential ratios of the total potential energy of the plate and the load acting on it are given. The analysis of horizontal stresses diagram was made to determine if the Saint-Venant principle in characteristic sections was fulfilled at the edge and in the middle of the plate.

Смирнов, Ю. П. О различии законов вертикального и горизонтального движения линии цели при отслеживании перемещения точечной цели / Ю. П. Смирнов, В. К. Тарасов // Механика. Исследования и инновации. – 2017. – Вып. 10. – С. 177–181.

Аналитически и графически показано существенное различие законов вертикального и горизонтального вращения линии цели при равномерном и прямолинейном движении цели. Эти законы движения должны обрабатываться соответствующими следящими приводами.

Ключевые слова: линия цели, кинематические уравнения, аналитические зависимости, анализ экстремумов.

Yu. P. SMIRNOV, V. K. TARASOV

**ABOUT THE DIFFERENCES OF VERTICAL AND HORIZONTAL
MOVEMENT LAWS OF THE OBJECT LINE AT THE POINT
OBJECT MOVEMENT TRACKING**

The essential difference between the laws of vertical and horizontal rotation of the target line is analytically and graphically shown for uniform and rectilinear movement of the target. These laws of motion must be practiced by appropriate servo drives.

Старовойтов, Э. И. Перемещения в трехслойном стержне со сжимаемым наполнителем в нейтронном потоке / Э. И. Старовойтов, Д. В. Тарлаковский // Механика. Исследования и инновации. – 2017. – Вып. 10. – С. 182–191.

Рассмотрено деформирование трехслойного упругопластического стержня со сжимаемым наполнителем в нейтронном потоке. Физические соотношения связи напряжений и деформаций соответствуют теории малых упругопластических деформаций. Система дифференциальных уравнений равновесия получена вариационным методом. На границе предполагаются кинематические условия свободного опирания торцов стержня на неподвижные в пространстве жесткие опоры. Аналитическое решение получено методом упругих решений. Проведен его численный анализ в случае равномерно распределенной нагрузки.

Ключевые слова: трехслойный стержень, деформационная пластичность, сжимаемый наполнитель, нейтронный поток.

E. I. STAROVOITOV, D. V. TARLAKOVSKIY

MOVEMENTS IN A THREE-LAYERED ROD WITH THE COMPRESSIBLE FILLER IN THE NEUTRON FLUX

There was considered the deformation of a three-layered elastoplastic rod with a compressible filler in the neutron flux. The physical stress-strain relations correspond to the theory of small elastoplastic deformations. A system of differential equilibrium equations was obtained by the variational method. The kinematic conditions of the free support for the rod end faces on the immovable in space rigid bases were presumed on the boundary. An analytical solution was obtained by the method of elastic solutions. Its numerical analysis was performed for the case of the uniform distribution of the continuous load.

Суханова, О. А. Моделирование работы дисковых тормозов методом конечных элементов / О. А. Суханова // *Механика. Исследования и инновации.* – 2017. – Вып. 10. – С. 192–196.

Выполнено конечноэлементное моделирование работы элементов дисковых тормозов в среде пакета ANSYS/LS-DYNA. Принималось, что материалы диска и колодки обладают упругопластическими свойствами. Установлен характер распределения пластических деформаций в контактирующих телах. Показано, что наибольшие напряжения и деформации наблюдаются вблизи места набегания колодки на диск.

Ключевые слова: дисковый тормоз, компьютерное моделирование, колодка, диск, контактное взаимодействие.

O. A. SUKHANOVA

MODELING OF THE DISK BRAKES OPERATION BY THE FINITE ELEMENTS METHOD

Finite element modeling of the disk brake elements in the ANSYS / LS-DYNA package was performed. It was assumed that the materials of the disc and the shoe had elastoplastic properties. The character of plastic deformations distribution in contacting bodies is established. It is shown that the greatest stresses and deformations are observed near the place where the pad hits the disk.

Чернин, И. Л. Оценка прочности соединений элементов колесных пар с гарантированным натягом / И. Л. Чернин, А. В. Пустьято, М. С. Застольский, О. В. Пустьято // Механика. Исследования и инновации. – 2017. – Вып. 10. – С. 197–204.

Разработаны конечно-элементные модели для оценки прочности соединений с гарантированным натягом элементов колесной пары вагона. Выполнены расчеты напряженно-деформированного состояния, а также определены контактные напряжения и силы сдвига соединений внутренних колец буксовых подшипников с шейкой оси колесной пары, а также вагонного колеса с подступичной частью. Получены зависимости силы сдвига от величины натяга при различных коэффициентах трения в сопряжении. Полученные зависимости могут быть использованы для определения значения коэффициента трения, достаточного для обеспечения нормативных требований к установленным значениям натягов и конечных сил прессовки элементов.

Ключевые слова: конечноэлементное моделирование, вагон, колесная пара, прессовое соединение, натяг.

I. L. CHARNIN, A. U. PUTSIATA, M. S. ZASTOLSKI, V. V. PUTSIATA
EVALUATION OF DURABILITY OF WHEEL PAIRS ELEMENTS CONNECTIONS WITH THE GARANTEED INTERFERENCE FIT

There were developed the finite-element models for an durability estimation of railway car wheel pair elements connections with the guaranteed interference fit. Calculations of strain-stress condition are executed, contact pressures and shear forces of connections of internal rings bearings and wheel with axis are defined. The dependences of shear forces on the interference fit value are obtained for various values of friction coefficient. The presented dependences can be used for definition of friction coefficient value providing ensuring the normative requirements to interference fit values and final element-pressing forces values.

Шилько, С. В. Уточненное описание управляемого движения верхней конечности при активации скелетной мышцы / С. В. Шилько, Д. А. Черноус // Механика. Исследования и инновации. – 2017. – Вып. 10. – С. 205–212.

Разработана новая, усовершенствованная методика расчетного определения параметров управляемого движения основных элементов опорно-двигательной системы человека в процессе активации скелетных мышц с учетом вязкости и нелинейного характера деформирования соединительных тканей, апробированная на примере верхней конечности человека.

Ключевые слова: управляемое движение, шарнирно-стержневая модель, скелетная мышца, кинематический анализ.

S. V. SHILKO, D. A. CHERNOUS

CLARIFIED DESCRIPTION OF CONTROLLED MOVEMENT OF THE TOP OF THE LIMB AT ACTIVATION OF THE SKELETAL MUSCLE

A new, improved method for calculating the parameters of the controlled movement of the basic elements of the human musculoskeletal system in the process of activation of skeletal muscles was developed, taking into account the viscosity and nonlinear character of the deformation of connective tissues, which was tested on the example of the upper limb of a man.

Шимановский, А. О. Моделирование взаимодействия токоприемника с контактным проводом / А. О. Шимановский, И. И. Каплюк // Механика. Исследования и инновации. – 2017. – Вып. 10. – С. 213–218.

Разработаны конечноэлементные модели взаимодействия токоприемника с контактным проводом в среде программного комплекса ANSYS и ANSYS/LS-DYNA. Выполнен анализ напряженно-деформированного состояния токосъемной вставки и контактного провода. Также проведен анализ распределения температур в контактирующих телах, обусловленного нагревом токосъемной вставки.

Ключевые слова: токоприемник, контактный провод, контактное взаимодействие, конечноэлементное моделирование, тепловые процессы.

A. O. SHIMANOVSKY, I. I. KAPLIUK

SIMULATION OF A CONTACT INTERACTION OF A PANTOGRAPH WITH A CONTACT WIRE

The finite element models of a pantograph-contact wire interaction were created in the environment of the software complex ANSYS and ANSYS / LS-DYNA. The stress-strain state of the current collector insert and the contact wire is analyzed. The temperature distribution in the contacting bodies caused by the heating of the current collector insert was also analyzed.

Шимановский, А. О. Аналитический расчет вдавливания полусферы в материал, описываемый моделью Друкера-Прагера / А. О. Шимановский, Д. А. Черноус, М. Х. Абдулкадер // Механика. Исследования и инновации. – 2017. – Вып. 10. – С. 219–223.

Получена аналитическая зависимость «сила – внедрение» при контактном взаимодействии сферического индентора с упругопластическим полупространством, пластическое деформирование которого определяется критерием Друкера – Прагера. Приведен расчетный пример использования разработанной математической модели.

Ключевые слова: контактная задача, сферический индентор, упругопластическое деформирование, критерий Друкера – Прагера.

A. O. SHIMANOVSKY, D. A. CHERNOUS, M. H. ABDULKADER
**ANALYTICAL CALCULATION OF THE SEMI-SPHERE
DEMOLITION IN THE MATERIAL DESCRIBED BY THE
DRUKER-PRAGER MODEL**

The "force – bursting" analytical dependence is obtained for the contact interaction of a spherical indenter with an elastoplastic half-space using the the Drucker – Prager criterion for modeling its plastic deformation. A computational example of using the developed mathematical model is given.

Яровая, А. В. Перемещения в трехслойной ортотропной пластине с усиливающей накладкой / А. В. Яровая // Механика. Исследования и инновации. – 2017. – Вып. 10. – С. 224–232.

Рассмотрен цилиндрический изгиб упругой трехслойной ортотропной пластины с деформируемой накладкой. Для описания кинематики несимметричного по толщине пакета пластины принята гипотеза ломаной нормали. С помощью вариационного принципа Лагранжа получена система дифференциальных уравнений равновесия в перемещениях в случае цилиндрического изгиба. Выписано ее аналитическое решение при различных граничных условиях с учетом разрывности границы. Проведен численный параметрический анализ перемещений в пластине.

Ключевые слова: трехслойная ортотропная пластина, деформируемая накладка, цилиндрический изгиб, напряженно-деформированное состояние.

A. V. YAROVAYA

DISPLACEMENTS IN A THREE-LAYERED ORTHOTROPIC PLATE WITH A REINFORCING PATCH

The cylindrical bending of an elastic three-layered orthotropic plate with strengthening patch is considered. To describe the kinematics of an asymmetric plate-thickness plate, the hypothesis of a broken normal is adopted. It was obtained the equilibrium differential equations in the displacements for the case of cylindrical bending using the Lagrange variation principle. Its analytic solution is written for various boundary conditions, taking into account the boundary discontinuity. The numerical parametric analysis of displacements in a plate is carried out.

Дмитриев, Д. В. Об усовершенствовании типовых расчетов при проектировании тормозов железнодорожного подвижного состава / Д. В. Дмитриев // *Механика. Исследования и инновации.* – 2017. – Вып. 10. – С. 233–238.

Указаны некоторые способы математического усовершенствования типовой методики проектирования механической части тормоза единицы подвижного состава железных дорог колеи 1520 мм и даны соответствующие расчетные формулы. Материал статьи адресован заинтересованным лицам и организациям, в том числе производственного профиля.

Ключевые слова: автотормоза, тормозная сила, методика расчета, условное тормозное нажатие.

D. V. DMITRIEV

ABOUT THE IMPROVEMENT OF TYPICAL CALCULATIONS AT DESIGNING RAIL ROLLING STOCK BRAKES

Some methods of mathematical improvement of the standard method for designing the mechanical part of a railway rolling stock brake unit for a 1520 mm track are presented and the corresponding calculation formulas are given. The article's material is addressed to interested individuals and organizations, including the production organizations.

Задача о прямолинейном движении точки механизма параллельной структуры с двумя кулисами / Д. А. Климовский, Л. П. Назарова, П. А. Орлин, М. С. Руденко, В. В. Скрябин, Н. А. Смирнов, Е. В. Фалькова // Механика. Исследования и инновации. – 2017. – Вып. 10. – С. 238–242.

В работе решается задача об обеспечении прямолинейного движения выходного звена механизма параллельной структуры с двумя степенями свободы на основе двух кулис. Получены выражения для определения основных кинематических параметров движения управляющих звеньев.

Ключевые слова: механизм прямолинейной структуры, кулиса, прямолинейное движение, граничные условия, управляющее движение.

D. A. KLIMOVSKIY, L. P. NAZAROVA, P. A. ORLIN, M. S. RUDENKO, N. A. SMIRNOV, E. V. FALKOVA

A NONLINEAR MOVEMENT PROBLEM FOR THE POINT OF A PARALLEL KINEMATIC MACHINE BASED ON TWO ROCKERS

In the paper it is solved the nonlinear movement problem for the point of a parallel kinematic machine with two degrees of freedom based on two rockers. There were defined the main kinematic parameters for control elements.

Локтионов, А. В. Решение уравнения малых колебаний эллиптического маятника / А. В. Локтионов // Механика. Исследования и инновации. – 2017. – Вып. 10. – С. 242–247.

Рассмотрен расчет малых колебаний эллиптического маятника с учетом сил тяжести ползуна и шарика. Составлены и решены дифференциальные уравнения, описывающие движения тел системы. В работе принято, что в начальный момент угол отклонения стрелы маятника от вертикали и скорость ползуна равны нулю, угловая скорость вращения стрелы не равна нулю. С учетом принятых начальных условий получены уравнения малых колебаний ползуна и маятника.

Ключевые слова: эллиптический маятник, малые колебания, уравнения Лагранжа II рода, уравнения движения.

A. V. LOKTIONOV

SOLUTION OF THE ELLIPTIC PENDULUM SMALL OSCILLATIONS EQUATIONS

There is considered the calculation of the equation of an elliptical pendulum oscillation taking into account the gravity of the slide and the ball. The differential equations describing the system motion are written and solved. In the work it was assumed that at the initial moment of the deflection angle of the pendulum boom from the vertical position and the slider velocity are equal to zero, the angular velocity of the boom rotation is not equal to zero. Taking into account the adopted initial conditions the equations of the slide and the pendulum small oscillations are obtained.

Лукиенко, Л. В. Повышение уровня механической подготовки студентов агроинженеров ТГПУ им. Л. Н. Толстого в условиях дефицита аудиторной нагрузки / Л. В. Лукиенко, А. В. Ермолов // Механика. Исследования и инновации. – 2017. – Вып. 10. – С. 248–252.

В статье рассматриваются аспекты, позволяющие повысить уровень подготовки студентов-агроинженеров по теоретической механике, сопротивлению материалов, теории механизмов и машин и деталям машин в современных условиях.

Ключевые слова: механическая подготовка, информационные технологии, лабораторные работы, практические занятия.

L. V. LUKIENKO, A. V. YERMOLOV

**IMPROVEMENT OF TSPU STUDENTS-AGROINTERERS'
MECHANICAL EDUCATION LEVEL IN THE CONDITIONS OF
AUDITOR STUDIES DEFICIT**

The article considers variants that allow to increase the level of training of students-agroengineers in theoretical mechanics, material resistance, the theory of mechanisms and machines, and details of machines in modern conditions.

Попов А. И. Проблемы формирования готовности студентов к исследованию механических процессов / А. И. Попов // Механика. Исследования и инновации. – 2017. – Вып. 10. – С. 252–258.

Обоснована актуальность усиления творческой подготовки и расширения олимпиадного движения студентов технических вузов. Выявлены проблемы олимпиадного движения по теоретической механике и предложены способы их разрешения. Показана возможность использования олимпиадных задач для стимулирования деятельности обучающихся по исследованию механических процессов.

Ключевые слова: инженерная деятельность, творческие способности, теоретическая механика, олимпиада.

A. I. POPOV

PROBLEMS OF STUDENTS READINESS FORMATION TO THE MECHANICAL PROCESSES INVESTIGATION

The urgency of creative training strengthening and Olympiad movement widening of students of technical universities is substantiated. There are identified the problems of Olympiad movement in theoretical mechanics and the ways of their solution are proposed. The possibility of using the Olympiad tasks to stimulate students' activity on the mechanical processes study is demonstrated.

Применение знаний по теоретической механике в ракетно-космической технике // Д. А. Климовский, Л. П. Назарова, В. В. Скрыбин, Е. В. Фалькова, А. М. Савченко // Механика. Исследования и инновации. – 2017. – Вып. 10. – С. 259–262.

Приводятся примеры применения знаний теоретической механики при разработке ракетно-космической техники. Рассмотрено уравнение движения тела переменной массы, которым можно описать движение ракеты-носителя на активном участке траектории, а также анализируется расчет конструкций ферм.

Ключевые слова: ракета-носитель, точка переменной массы, уравнение Циолковского, космодром, ферма.

D. A. KLIMOVSKIY, L. P. NAZAROVA, V. V. SKRYABIN, E. V. FALKOVA

ANALYSIS OF THE THEORETICAL MECHANICS KNOWLEDGE APPLICATION IN ROCKET AND SPACE TECHNOLOGY

In this article there presented the examples of application of knowledge in theoretical mechanics for the rocket and space technology development. The equation of the variable weight body movement describing the movement of the carrier rocket on an active area of a trajectory is considered. An analysis of calculation of the trusses designs is performed.

Комнатный, Д. В. Преподавание динамики и основ автоматического управления при подготовке специалистов по железнодорожной автоматике и телемеханике / Д. В. Комнатный // *Механика. Исследования и инновации.* – 2017. – Вып. 10. – С. 262–264.

Предлагаются темы для изучения в курсах динамики и основ автоматического управления для студентов специальности железнодорожная автоматика и телемеханика. Целью их изучения является повышение практической направленности и теоретического уровня подготовки студентов.

Ключевые слова: теоретическая механика, динамика, автоматические регуляторы, методика преподавания.

KOMNATNY D. V.

**TEACHING OF DYNAMICS AND AUTOMATIC CONTROL
FUNDAMENTALS DURING RAILWAY AUTOMATICS
AND TELEMCHANICS SPECIALISTS TRAINING**

Topics for dynamics and automatic control fundamentals studying for students of railway automatics and telemechanics specialty are proposed. The aim of its studying is to increase the practical orientation and theoretical training level of students.

Назарова, Л. П. Развитие творческих способностей и формирование профессиональных компетенций студентов при олимпиадах по теоретической механике / Л. П. Назарова, Е. В. Фалькова, Д. А. Климовский // Механика. Исследования и инновации. – 2017. – Вып. 10. – С. 265–268.

В работе показано, что проведение олимпиад по фундаментальным и общепрофессиональным дисциплинам, в частности по теоретической механике, способствует развитию творческих способностей и профессиональных компетенций студентов. Авторы делятся опытом проведения таких олимпиад в Сибирском государственном аэрокосмическом университете имени академика М. Ф. Решетнева.

Ключевые слова: теоретическая механика, олимпиада, компетенции, профессиональные навыки.

L. P. NAZAROVA, E. V. FALKOVA, D. A. KLIMOVSKIY

DEVELOPMENT OF CREATIVE ABILITIES AND FORMATION OF PROFESSIONAL COMPETENCIES OF STUDENTS BY HOLDING OLYMPIAD ON THEORETICAL MECHANICS

In this article it is demonstrated that holding olympiads in fundamental and general professional disciplines, in particular in theoretical mechanics, contributes to the development of the creative abilities and professional competencies of students. The experience of holding such Olympiads in Reshetnev Siberian State Aerospace University is presented.

Тарасов, В. К. Об устойчивости движения твердого тела вокруг неподвижной точки / В. К. Тарасов, Ю. П. Смирнов // Механика. Исследования и инновации. – 2017. – Вып. 10. – С. 268–271.

Рассматривается случай движения твердого тела вокруг неподвижной точки в случае Эйлера – Пуансо. При этом предполагается специальный выбор осевых моментов инерции, при которых получается решение в гиперболических функциях. Полученное решение, асимптотически устойчивое по отношению к начальным условиям движения, оказывается неустойчивым по отношению к моментам инерции.

Ключевые слова: уравнения Эйлера, переходной процесс, характеристический показатель, колебания.

V. K. TARASOV, Y. P. SMIRNOV

ON STABILITY OF SOLID BODY MOTION ROUND IMMOBILE POINT

The motion of solid body round an immobile point is examined in case of Euler-Poinsot. It is supposed the special choice of axial moments of inertia to obtain the decision in hyperbolic functions. The decision is asymptotically steady in relation to the motion initial conditions, but it is unsteady in relation to the moments of inertia.

Шестаков, И. Я. Линейные электродинамические двигатели для приводов вибростендов / И. Я. Шестаков, Е. Н. Фисенко // Механика. Исследования и инновации. – 2017. – Вып. 10. – С. 272–274.

Рассматривается применение линейных электродинамических двигателей для приводов вибростендов. Показаны преимущества электродинамического способа по сравнению с иными методами возбуждения вибраций.

Ключевые слова: линейный электродинамический двигатель, вибростенд, частота, амплитуда.

I. Y. SHESTAKOV, E. N. FISENKO

LINEAR ELECTRODYNAMIC MOTORS FOR VIBRATION TABLES ACTUATORS

The application of the linear electrodynamic motors for vibrotables drives is considered. There are shown the advantages of the electrodynamic way compared to linear electromagnetic actuators.

Шимановский, А. О. О международных олимпиадах по теоретической механике 2016 и 2017 гг. / А. О. Шимановский, И. Е. Кракова // Механика. Исследования и инновации. – 2017. – Вып. 10. – С. 275–321.

Представлена информация о XII и XIII Международных олимпиадах по теоретической механике, которые проводились в Белорусском государственном университете транспорта. Приведены условия и решения задач, сведения о результатах олимпиад.

A. O. SHIMANOVSKY, I. E. KRAKAVA

**ABOUT INTERNATIONAL ENGINEERING MECHANICS
CONTESTS 2016 AND 2017**

There is presented the information about 12th and 13th International Engineering Mechanics Contest in Belarusian State University of Transport: problem situations and solutions, some Contest results.