

**Акулова, Е. М.** Анализ подходов к исследованию характеристик контактного взаимодействия в системе «колесо – рельс» / Е. М. Акулова // *Механика. Исследования и инновации.* – 2024. – Вып. 17. – С. 4–19.

*Е. М. АКУЛОВА*

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

### **АНАЛИЗ ПОДХОДОВ К ИССЛЕДОВАНИЮ ХАРАКТЕРИСТИК КОНТАКТНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В СИСТЕМЕ «КОЛЕСО – РЕЛЬС»**

Рассмотрены основные подходы к исследованию характеристик контактного взаимодействия в системе «колесо – рельс», проанализированы проблемы, возникающие при решении контактных задач. Представлена информация о современных исследованиях взаимодействия колеса и рельса с использованием аналитических и численных методов и возможных путях использования их результатов.

**Ключевые слова:** система «колесо – рельс», контактное взаимодействие, напряженно-деформированное состояние, компьютерное моделирование.

*Е. М. AKULOVA*

*Gomel State Technical University named after P. O. Sukhoi, Gomel, Belarus*

### **ANALYSIS OF APPROACHES TO INVESTIGATION OF THE WHEEL-RAIL SYSTEM CONTACT INTERACTION CHARACTERISTICS**

The main approaches to the wheel-rail system contact interaction characteristics investigation are considered, and problems of the contact problems solving are analyzed. There is presented the information on modern studies of wheel-rail interaction using analytical and numerical methods and possible ways of using their results.

**Keywords:** wheel-rail system, contact interaction, stress-strain state, computer modeling.

**Аникеева, М. В.** Повышение долговечности подшипниковых узлов щебнеочистительной машины Plasser & Theurer / М. В. Аникеева, Ю. В. Савельев // Механика. Исследования и инновации. – 2024. – Вып. 17. – С. 20–26.

*М. В. АНИКЕЕВА<sup>1</sup>, Ю. В. САВЕЛЬЕВ<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Белорусский государственный университет транспорта, Гомель, Беларусь*

<sup>2</sup>*Унитарное предприятие «Гомельвторчермет», Гомель, Беларусь*

## **ПОВЫШЕНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ПОДШИПНИКОВЫХ УЗЛОВ ЩЕБНЕОЧИСТИТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ PLASSER & THEURER**

Рассматривается самоходная щебнеочистительная машина серии RM-80. В результате анализа отказов ее узлов трения установлено, что наличие большого числа абразивных частиц в засоренном балласте ведет к заклиниванию подшипников качения направляющих роликов и последующему интенсивному износу дорогостоящей скребковой цепи. Предложена конструкция ролика, в которой вместо двух подшипников качения применяется один подшипник скольжения самосмазывающийся с вкладышем торцово-прессового деформирования древесной карточки, и приведено обоснование его высокой износостойкости и экономичности.

**Ключевые слова:** щебнеочистительная машина, направляющий ролик, баровая цепь, подшипник скольжения самосмазывающийся, износ, тепловизионная съемка.

*M. V. ANIKEYEVA<sup>1</sup>, Y. V. SAVELIEV<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Belarusian State University of Transport, Gomel, Belarus*

<sup>2</sup>*Unitary enterprise "Gomeltorchermet", Gomel, Belarus*

## **IMPROVING THE DURABILITY OF BEARING UNITS OF THE PLASSER & THEURER GRAVEL CLEANING MACHINE**

The self-propelled ballast cleaning machine of the RM-80 series is considered. As a result of the analysis of its friction units failures, it was found that the presence of a large number of abrasive particles in the clogged ballast leads to the guide roller rolling bearings jamming and to the subsequent intensive wear of the scraper chain parts. There is proposed a roller design with one self-lubricating friction bearing with a wood board end-press deformation insert instead of two rolling bearings, that justifies its high durability and cost-effectiveness.

**Keywords:** gravel cleaning machine, guide roller, bar chain, self-lubricating sliding bearing, wear, thermal imaging.

**Akhramenko, N. A.** Determination of the ring-shaped mass distribution gravitational field strength / N. A. Akhramenko // *Mechanics. Researches and Innovations.* – 2024. – Vol. 17. – P. 27–32.

*N. A. AKHRAMENKO*

*Belarusian State University of Transport, Gomel, Belarus*

## **DETERMINATION OF THE RING-SHAPED MASS DISTRIBUTION GRAVITATIONAL FIELD STRENGTH**

The case of a ring-shaped mass distribution is considered. A method for estimating the gravitational field strength magnitude at points localized on the ring is investigated, taking into account the finiteness of the volumetric mass density. There is obtained the expression that allows us to estimate the gravitational field strength magnitude at the points localized on the ring.

**Keywords:** gravitational field strength, ring radius, ring mass.

*Н. А. АХРАМЕНКО*

*Белорусский государственный университет транспорта, Гомель, Беларусь*

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРЯЖЕННОСТИ ГРАВИТАЦИОННОГО ПОЛЯ КОЛЬЦЕОБРАЗНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МАССЫ**

Рассматривается случай кольцеобразного распределения массы. Исследуется способ оценки величины напряженности гравитационного поля в точках, локализованных на самом кольце, с учетом конечности объемной плотности массы. Получено выражение, позволяющее провести оценку величины напряженности гравитационного поля в точках, локализованных на самом кольце.

**Ключевые слова:** напряженность гравитационного поля, радиус кольца, масса кольца.

**Будникова, Д. А.** Анализ собственных колебаний пятислойного стержня / Д. А. Будникова // *Механика. Исследования и инновации.* – 2024. – Вып. 17. – С. 33–39.

*Д. А. БУДНИКОВА*

*Белорусский государственный университет транспорта, Гомель, Беларусь*

## **АНАЛИЗ СОБСТВЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ ПЯТИСЛОЙНОГО СТЕРЖНЯ**

Рассматривается задача о собственных колебаниях симметричного по толщине пятислойного стержня. Несущие слои предполагаются тонкими, высокопрочными. В соответствии с гипотезой Бернулли после приложения нагрузки их поперечные сечения остаются плоскими и перпендикулярными деформированной осевой линии. Для относительно толстых легких заполнителей выполняется гипотеза Тимошенко. Дифференциальные уравнения колебаний получены с использованием вариационного принципа Даламбера – Лагранжа. Выполнен численный анализ полученного решения системы дифференциальных уравнений движения.

**Ключевые слова:** стержень осесимметричный пятислойный, два слоя заполнителя, собственные колебания.

*D. A. BUDNIKOVA*

*Belarusian State University of Transport, Gomel, Belarus*

## **ANALYSIS OF A FIVE-LAYER ROD NATURAL OSCILLATIONS**

The problem of natural oscillations of a symmetrical in thickness five-layer rod is considered. The load-bearing layers are assumed to be thin and highly durable. According to the Bernoulli hypothesis, after applying the load, their cross-sections remain flat and perpendicular to the deformed axial line. For the relatively thick lightweight fillers, the Timoshenko hypothesis is satisfied. Differential equations of oscillations are obtained using the d'Alembert-Lagrange variational principle. A numerical analysis of the obtained solution of the motion differential equations system is performed.

**Keywords:** axisymmetric five-layer rod, two fillers, natural oscillations.

**Ворожун, И. А.** Анализ продольных сил при различных способах размещения длинномерного груза на платформах / И. А. Ворожун, А. В. Ворожун, М. Г. Гегедеш // Механика. Исследования и инновации. – 2024. – Вып. 17. – С. 40–48.

*И. А. ВОРОЖУН<sup>1</sup>, А. В. ВОРОЖУН<sup>1</sup>, М. Г. ГЕГЕДЕШ<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup>*Белорусский государственный университет транспорта, Гомель, Беларусь*

<sup>2</sup>*Гомельский государственный технический университет им. П. О. Сухого, Гомель, Беларусь*

### **АНАЛИЗ ПРОДОЛЬНЫХ СИЛ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБАХ РАЗМЕЩЕНИЯ ДЛИННОМЕРНОГО ГРУЗА НА ПЛАТФОРМАХ**

Представлены математические модели механических систем, включающие в себя груз, закрепленный на сцепе двух платформ и на одной платформе с вагонами прикрытия при торможении поезда. Получены зависимости продольных сил в межвагонных связях от способа крепления длинномерного груза.

**Ключевые слова:** длинномерный груз, железнодорожная платформа, торможение поезда, математическое моделирование, компьютерное моделирование.

*I. A. VARAZHUN<sup>1</sup>, A. U. VARAZHUN<sup>1</sup>, M. G. GEGEDESH<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup>*Belarusian State University of Transport, Gomel, Belarus*

<sup>2</sup>*Gomel State Technical University named after P. O. Sukhoi, Gomel, Belarus*

### **ANALYSIS OF LONGITUDINAL FORCES FOR THE VARIOUS WAYS OF LONG LOADS PLACING ON FLATCARS**

The paper presents mathematical models of mechanical systems that include cargo fastened to the coupling of the two flatcars and to the one flatcar with the covering cars at train braking. The dependences of longitudinal forces in inter-car couplings on the method of long cargo fastening are obtained.

**Keywords:** long cargo, railway flatcar, train braking, mathematical modeling, computer modeling.

Демьянчук, О. В. Моделирование обтекания вагона-хоппера потоком воздуха / О. В. Демьянчук // Механика. Исследования и инновации. – 2024. – Вып. 17. – С. 49–56.

*О. В. ДЕМЬЯНЧУК*

*Белорусский государственный университет транспорта, Гомель, Беларусь*

### **МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБТЕКАНИЯ ВАГОНА-ХОППЕРА ПОТОКОМ ВОЗДУХА**

Выполнено компьютерное моделирование обтекания воздушным потоком вагона-хоппера в программном комплексе ANSYS CFX. Получены картины распределения давлений на лобовой и боковой поверхностях вагона. Определены значения коэффициентов аэродинамического сопротивления. Установлено, что изменение угла наклона торцевых стенок не оказывает существенного влияния на аэродинамические характеристики вагона-хоппера.

**Ключевые слова:** конечно-элементное моделирование, аэродинамика, аэродинамический коэффициент.

*V. U. DZEMYANCHUK*

*Belarusian State University of Transport, Gomel, Belarus*

### **SIMULATION OF AN AIR FLOW MOVEMENT AROUND A HOPPER CAR**

Computer simulation of an air flow around a hopper car was performed using the ANSYS CFX software package. Patterns of pressure distribution on the car front and side surfaces were obtained. The values of the aerodynamic drag coefficients were determined. It was found that changing the inclination angle of the end walls does not have a significant effect on the hopper car aerodynamic characteristics.

**Keywords:** finite element modeling, aerodynamics, aerodynamic coefficient.

**Коднянко, Е. В.** Решение задачи о качении жесткого цилиндра с упруго-пластичным ободом / Е. В. Коднянко // Механика. Исследования и инновации. – 2024. – Вып. 17. – С. 57–64.

## **РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ О КАЧЕНИИ ЖЕСТКОГО ЦИЛИНДРА С УПРУГО-ПЛАСТИЧНЫМ ОБОДОМ**

Разработана методика решения контактной задачи о качении жесткого цилиндра, имеющего упруго-пластичный обод, по недеформируемой поверхности. Предлагаемая методика основана на теории малых упругопластических деформаций и модели винклерова основания для тонкого слоя. Получены расчетные диаграммы «сила – смещение» и эпюры контактного давления. Определен момент сопротивления, обусловленный пластическим деформированием материала обода при качении.

**Ключевые слова:** контактная задача, модель винклерова основания, малые упруго-пластические деформации, интенсивность тензора деформаций, контактное давление.

*E. V. KADNIANKA*

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

## **THE PROBLEM SOLUTION FOR ROLLING OF A RIGID CYLINDER WITH AN ELASTIC-PLASTIC RIM**

A contact problem solving method for the rolling of a rigid cylinder with an elastic-plastic rim on a non-deformable surface is developed. The proposed method is based on the theory of small elastic-plastic deformations and the Winkler foundation model for a thin layer. The calculated force-displacement diagrams and contact pressure diagrams are obtained. The resistance moment at rolling caused by plastic deformation of the rim material is determined.

**Keywords:** contact problem, Winkler foundation model, small elastic-plastic deformations, strain tensor intensity, contact pressure.

**Козел, А. Г.** Изгиб трёхслойной круговой пластины на упругом основании при наличии отверстия / А. Г. Козел // *Механика. Исследования и инновации.* – 2024. – Вып. 17. – С. 65–76.

*А. Г. КОЗЕЛ*

*Белорусский государственный университет транспорта, Гомель*

### **ИЗГИБ ТРЁХСЛОЙНОЙ КРУГОВОЙ ПЛАСТИНЫ НА УПРУГОМ ОСНОВАНИИ ПРИ НАЛИЧИИ ОТВЕРСТИЯ**

Решена задача об осесимметричном изгибе круговой трёхслойной пластины с центральным отверстием. Реакция основания определяется двумя коэффициентами постели. Аналитическое решение получено в функциях Бесселя и Ханкеля. Рассмотрен случай равномерного распределения нагрузки. Определены константы интегрирования, соответствующие жесткому закреплению контуров пластины. Численно исследовано влияние на перемещения пластины радиуса отверстия и характеристик основания.

**Ключевые слова:** круговая трехслойная пластина, упругость, пластина с отверстием, осесимметричный изгиб, модель Пастернака.

*A. G. KOZEL*

*Belarusian State University of Transport, Gomel, Belarus*

### **BENDING OF A THREE-LAYER CIRCULAR PLATE WITH A HOLE ON AN ELASTIC BASE**

The problem of axisymmetric bending of a circular three-layer plate with a central hole is solved. The reaction of the base is determined by two bed factors. The analytical solution is obtained in Bessel and Hankel functions. The case of uniform load distribution is considered. The integration constants corresponding to rigid fixation of the plate contours are determined. The influence of the hole radius and the base characteristics on the plate displacements is numerically investigated.

**Keywords:** circular three-layer plate, elasticity, plate with a hole, axisymmetric bending, Pasternak model.

**Костюкович, Г. А.** Технология термообработки крестовин карданных передач токами высокой частоты / Г. А. Костюкович, А. В. Попрукайло, Е. В. Овчинников, А. И. Веремейчик, В. М. Хвисевич, Д. А. Линник // *Механика. Исследования и инновации.* – 2024. – Вып. 17. – С. 77–84.

*Г. А. КОСТЮКОВИЧ<sup>1</sup>, А. В. ПОПРУКАЙЛО<sup>1</sup>, Е. В. ОВЧИННИКОВ<sup>2</sup>,  
А. И. ВЕРЕМЕЙЧИК<sup>3</sup>, В. М. ХВИСЕВИЧ<sup>3</sup>, Д. А. ЛИННИК<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Открытое акционерное общество «Белкард», Гродно, Беларусь*

<sup>2</sup>*Гродненский государственный университет им. Я. Купалы, Гродно, Беларусь*

<sup>3</sup>*Брестский государственный технический университет, Брест, Беларусь*

## **ТЕХНОЛОГИЯ ТЕРМООБРАБОТКИ КРЕСТОВИН КАРДАНЫХ ПЕРЕДАЧ ТОКАМИ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ**

Представлена технология изготовления крестовин шарниров карданных передач из стали пониженной прокаливаемости 60ПП с использованием поверхностной индукционной закалки при глубинном нагреве. В результате исследований выполнено обоснование технологии термической обработки, позволяющей повысить статические и динамические нагрузки.

**Ключевые слова:** карданная передача, крестовина, износ, разрушение, нагрузка, контактные напряжения, цементация, индукционная закалка, твердость, испытания.

*G. A. KOSTUKOVICH<sup>1</sup>, A. V. POPRYKAILO<sup>1</sup>, Y. V. AUCHYNNIKAU<sup>2</sup>,  
A. I. VERAMEICHYK<sup>3</sup>, V. M. KHVISEVICH<sup>3</sup>, D. A. LINNIK<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Open Joint Stock Company «Belcard», Grodno, Belarus*

<sup>2</sup>*Grodno State University named after Ya. Kupala, Grodno, Belarus)*

<sup>3</sup>*Brest State Technical University, Brest, Belarus)*

## **TECHNOLOGY OF HEAT TREATMENT OF CARDAN TRANSMISSION CROSSES BY HIGH-FREQUENCY CURRENTS**

The technology of manufacturing cardan transmission crosses from low-hardenability steel 60PP using surface induction hardening with deep heating is presented. As a result of the research, the technology of heat treatment is substantiated, it allows to increase its static and dynamic loads.

**Keywords:** cardan transmission, cross, wear, destruction, load, contact stresses, carburization, induction hardening, hardness, testing.

**Курбонов С. З.** Применение щебеночно-мастичного асфальтобетона в условиях дорожно-климатических зон Узбекистана / С. З. Курбонов // Механика. Исследования и инновации. – 2024. – Вып. 17. – С. 85–91.

*С. З. КУРБОНОВ*

*Автомобильно-дорожный научно-исследовательский институт, Ташкент, Узбекистан*

## **ПРИМЕНЕНИЕ ШЕБЕНОЧНО-МАСТИЧНОГО АСФАЛЬБЕТОНА В УСЛОВИЯХ ДОРОЖНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ ЗОН УЗБЕКИСТАНА**

Выполнено сравнение физико-механических характеристик щебеночно-мастичных асфальтобетонов и используемых в настоящее время в Узбекистане горячих мелкозернистых плотных асфальтобетонных смесей. Представлены параметры щебеночно-мастичных асфальтобетонов, которые следует использовать в качестве исходных данных при расчетах дорожных покрытий.

**Ключевые слова:** щебеночно-мастичный асфальтобетон, дорожное покрытие, колея, расчетные параметры.

*S. Z. KURBONOV*

*Automotive Road Research Institute, Tashkent, Uzbekistan*

## **APPLICATION OF STONE-MASTIC ASPHALT CONCRETE IN CONDITIONS OF UZBEKISTAN ROAD-CLIMATIC ZONES**

A comparison of physical and mechanical characteristics of stone-mastic asphalt concrete and hot fine-grained dense asphalt concrete mixtures currently used in Uzbekistan is made. The parameters of the stone-mastic asphalt concrete are presented, they should be used as initial data in road surfaces calculations.

**Keywords:** stone-mastic asphalt concrete, road surface, rut, design parameters.

**Лачугина, Е. А.** Собственные частоты колебаний круговой пятислойной несимметричной по толщине пластины / Е. А. Лачугина // *Механика. Исследования и инновации.* – 2024. – Вып. 17. – С. 92–99.

*Е. А. ЛАЧУГИНА*

*Белорусский государственный университет транспорта, Гомель, Беларусь*

## **СОБСТВЕННЫЕ ЧАСТОТЫ КОЛЕБАНИЙ КРУГОВОЙ ПЯТИ-СЛОЙНОЙ НЕСИММЕТРИЧНОЙ ПО ТОЛЩИНЕ ПЛАСТИНЫ**

Разработана математическая модель для нахождения частот собственных колебаний пятислойной несимметричной по толщине круговой пластины при различных вариантах закрепления контура. Предполагается, что для тонких несущих слоев справедливы гипотезы Кирхгофа, а для менее прочных легких заполнителей – гипотеза Тимошенко. Получены трансцендентные уравнения для исследования собственных чисел в зависимости от граничных условий, приведена формула для нахождения частот колебаний. Выполнен численный анализ влияния толщины внутреннего несущего слоя и упругих характеристик материалов слоев на собственные числа и частоты.

**Ключевые слова:** круглая пятислойная пластина, несимметричная по толщине пластина, собственные числа, собственные частоты.

*Е. А. LACHUGINA*

*Belarusian State University of Transport, Gomel, Belarus*

## **NATURAL OSCILLATION FREQUENCIES OF A CIRCULAR FIVE-LAYER PLATE ASYMMETRICAL IN THICKNESS**

A mathematical model is developed for finding the natural oscillations frequencies of a five-layer circular plate asymmetric in thickness for different variants of contour fastening. It is assumed that the Kirchhoff hypotheses are valid for the thin bearing layers, and the Timoshenko hypothesis is valid for the less durable lightweight fillers. Transcendental equations are obtained for studying the eigenvalues depending on the boundary conditions, and a formula for finding the oscillation frequencies is given. A numerical analysis of the effect of the inner bearing layer thickness and the layer materials elastic characteristics on the eigenvalues and frequencies is performed.

**Keywords:** circular five-layer plate, plate asymmetric in thickness, eigenvalues, eigenfrequencies.

**Леоненко, Д. В.** Свободные колебания сэндвич-стержня с легким наполнителем / Д. В. Леоненко // Механика. Исследования и инновации. – 2024. – Вып. 17. – С. 100–105.

*Д. В. ЛЕОНЕНКО*

*Белорусский государственный университет транспорта, Гомель, Беларусь*

### **СВОБОДНЫЕ КОЛЕБАНИЯ СЭНДВИЧ-СТЕРЖНЯ С ЛЕГКИМ ЗАПОЛНИТЕЛЕМ**

Рассмотрены свободные колебания сэндвич-стержня с жестко защемленными торцами. Деформирование внешних слоев описывается моделью Бернулли, внутреннего слоя – моделью Тимошенко. Материалы слоев несжимаемы. С помощью вариационно-го принципа Гамильтона – Остроградского получена система дифференциальных уравнений движения, решение которой найдено методом разделения переменных. Проведен численный анализ собственных частот.

**Ключевые слова:** сэндвич-стержень, свободные колебания, легкий наполнитель.

*D. V. LEONENKO*

*Belarusian State University of Transport, Gomel, Belarus*

### **FREE VIBRATIONS OF A SANDWICH ROD WITH A LIGHT FILLER**

Free vibrations of a sandwich rod with rigidly clamped ends are considered. The deformation of the outer layers is described by the Bernoulli model, and the inner layer by the Timoshenko model. The materials of the layers are incompressible. Using the Hamilton – Ostrogradsky variational principle, a system of motion differential equations is obtained, the solution of the system is found by the variables separation method. A numerical analysis of natural frequencies is carried out.

**Keywords:** sandwich rod, free vibration, lightweight filler.

**Павленко, А. П.** Алюмооксидная керамика с нанодисперсной составляющей / А. П. Павленко, Н. А. Ахраменко, М. В., Буй М. В. // Механика. Исследования и инновации. – 2024. – Вып. 17. – С. 106–113.

*А. П. ПАВЛЕНКО, Н. А. АХРАМЕНКО, М. В. БУЙ*

*Белорусский государственный университет транспорта, Гомель, Беларусь*

## **АЛЮМООКСИДНАЯ КЕРАМИКА С НАНОДИСПЕРСНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ**

Рассматривается влияние нанодисперсии на спекаемость и некоторые свойства алюмооксидной керамики, получены изображения структуры материалов. Установлено, что материалы, содержащие 30 мас. % нанодисперсной фракции, имеют меньшую на 50 °С температуру спекания и более плотную структуру спека. Абразивный износ спеченных материалов снижается примерно на 25 %.

**Ключевые слова:** керамика, структура, износостойкость, нанодисперсная составляющая, спекание.

*A. PAVLENKO, N. AKHRAMENKO, M. BUI*

*Belarusian State University of Transport, Gomel, Belarus*

## **ALUMINUM OXIDE CERAMICS WITH A NANODISPERSED COMPONENT**

In this article, the effect of the nanofraction content on the sintering ability and some properties of aluminum oxide ceramics is studied, and images of the structure of the materials are obtained. It is established that materials containing 30 wt. % nanodisperse fraction have a sintering temperature that is 50 °C lower and a more dense sinter structure. The abrasive wear of sintered materials is reduced by approximately 25 %.

**Keywords:** ceramics, structure, wear resistance, nanodispersed component, sintering.

**Салицкий, В. С.** Круглая пятислойная пластина под действием осесимметричной кольцевой нагрузки / В. С. Салицкий // Механика. Исследования и инновации. – 2024. – Вып. 17. – С. 114–119.

*В. С. САЛИЦКИЙ*

*Белорусский государственный университет транспорта, Гомель, Беларусь*

### **КРУГЛАЯ ПЯТИСЛОЙНАЯ ПЛАСТИНА ПОД ДЕЙСТВИЕМ ОСЕСИММЕТРИЧНОЙ КОЛЬЦЕВОЙ НАГРУЗКИ**

Осуществлена постановка краевой задачи об изгибе симметричной по толщине упругой круглой пятислойной пластины с двумя заполнителями. Пластина подвергается воздействию равномерно распределенной кольцевой поперечной нагрузки. Деформирование внешних и внутренних тонких несущих слоев подчиняется гипотезам Кирхгофа. Для сравнительно толстых заполнителей выполняется гипотеза Тимошенко. Уравнения равновесия пластины получены вариационным методом Лагранжа с учетом работы касательных напряжений в заполнителях. Приведено точное решение поставленной краевой задачи и выполнена его численная апробация.

**Ключевые слова:** круглая пятислойная пластина, распределенная по кольцу нагрузка, точное решение.

*V. S. SALICKY*

*Belarusian State University of Transport, Gomel, Belarus*

### **ROUND FIVE-LAYER PLATE UNDER AXIALLY SYMMETRIC CIRCULAR LOAD**

A boundary value problem is formulated for a bending of a circular elastic five-layer plate, symmetric in thickness, with two fillers. The plate is subjected to uniformly distributed circular transverse load. Deformation of the outer and inner thin bearing layers obeys the Kirchhoff hypotheses. For relatively thick fillers, the Timoshenko hypothesis is satisfied. Equilibrium equations for the plate are obtained by the Lagrange variational method taking into account the work of the tangential stresses in the fillers. An exact solution to the boundary value problem is given and its numerical testing is performed.

**Keywords:** round five-layer plate, load distributed over a ring, exact solution.

**Самусева Л. В.** Особенности технологии аргонодуговой сварки / Л. В. Самусева, Н. А. Одинцов, М. Ю. Шершнёв // *Механика. Исследования и инновации.* – 2024. – Вып. 17. – С. 120–126.

*Л. В. САМУСЕВА, Н. А. ОДИНЦОВ, М. Ю. ШЕРШНЁВ*

*Белорусский государственный университет транспорта, Гомель, Беларусь*

## **ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ АРГОНОДУГОВОЙ СВАРКИ**

Приведена информация об истории возникновения сварки в среде защитного газа, существующих ее видах и областях применения. Рассмотрен технологический процесс аргонодуговой сварки неплавящимся электродом. Представлены некоторые параметры, характеризующие процесс сварки. Обсуждаются условия, сопровождающие аргонодуговую сварку изделий из алюминия, нержавеющей стали и титана, а также титана со сталью.

**Ключевые слова:** аргонодуговая сварка, неплавящийся электрод, технология сварки, сварное соединение.

*L. V. SAMUSEVA, N. A. ODINTSOV, M. Y. SHERSHNYOV*

*Belarusian State University of Transport, Gomel, Belarus*

## **FEATURES OF AN ARGON-ARC WELDING TECHNOLOGY**

The article provides information on the history of welding in a protective gas environment, its existing types and areas of application. The technological process of an argon-arc welding with a non-consumable electrode is considered. Some parameters characterizing the welding process are presented. The conditions accompanying argon-arc welding of products made of aluminum, stainless steel and titanium, as well as titanium with steel are discussed.

**Keywords:** argon-arc welding, non-consumable electrode, welding technology, welded joint.

**Старовойтов, Э. И.** Колебания сэндвич-пластины в температурном поле под действием резонансной нагрузки / Э. И. Старовойтов // Механика. Исследования и инновации. – 2024. – Вып. 17. – С. 127–133.

*Э. И. СТАРОВОЙТОВ*

*Белорусский государственный университет транспорта, Гомель, Беларусь*

### **КОЛЕБАНИЯ СЭНДВИЧ-ПЛАСТИНЫ В ТЕМПЕРАТУРНОМ ПОЛЕ ПОД ДЕЙСТВИЕМ РЕЗОНАНСНОЙ НАГРУЗКИ**

Исследованы поперечные колебания круговой сэндвич-пластины с учетом температуры окружающей среды. Нагрузка резонансная, гармоническая, равномерно распределенная. Температурное поле в пластине однородное, стационарное. Пластина симметричная по толщине. Несущие слои предполагаются тонкими, высокопрочными. Получено аналитическое решение задачи с помощью разложения искомым функций в ряд по системе собственных ортонормированных функций. Приведены результаты числового параметрического анализа прогиба от времени и температуры.

**Ключевые слова:** круговая трехслойная пластина, температура, резонансная нагрузка.

*E. I. STAROVOITOV*

*Belarusian State University of Transport, Gomel, Belarus*

### **OSCILLATIONS OF A SANDWICH PLATE IN A TEMPERATURE FIELD UNDER A RESONANT LOAD**

The transverse vibrations of a circular sandwich plate are investigated taking into account the ambient temperature. The load is resonant, harmonic, uniformly distributed. The temperature field in the plate is homogeneous, stationary. The plate is symmetrical in thickness. The load-bearing layers are assumed to be thin and highly durable. An analytical solution to the problem is obtained by expanding the sought-for functions in a series according to a system of eigen orthonormal functions. The results of a numerical parametric analysis of deflection versus time and temperature are presented.

**Keywords:** circular three-layer plate, temperature, resonant load.

**Сулов К. В.** Методика решения задачи о равновесии пятислойного симметричного по толщине стержня / К. В. Сулов // Механика. Исследования и инновации. – 2024. – Вып. 17. – С. 134–139.

*К. В. СУСЛОВ*

*Белорусский государственный университет транспорта, Гомель, Беларусь*

## **МЕТОДИКА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ О РАВНОВЕСИИ ПЯТИСЛОЙНОГО СИММЕТРИЧНОГО ПО ТОЛЩИНЕ СТЕРЖНЯ**

Рассматривается задача об изгибе упругого симметричного по толщине пяти-слойного стержня. Несущие слои предполагаются тонкими, высокопрочными. Для них принята гипотеза плоских поперечных сечений Бернулли. В сравнительно толстых легких заполнителях поперечные сечения остаются плоскими, но поворачиваются на некоторый дополнительный угол относительно нормали к деформированной срединной поверхности. Дифференциальные уравнения равновесия получены с помощью принципа возможных перемещений Лагранжа. Численно проанализирована форма представления решения полученной системы уравнений.

**Ключевые слова:** пятислойный стержень, изгиб, упругость, уравнения равновесия.

*K. V. SUSLOV*

*Belarusian State University of Transport, Gomel, Belarus*

## **METHOD OF SOLVING THE PROBLEM OF A FIVE-LAYER SYMMETRICAL THICKNESS ROD EQUILIBRIUM**

There is considered the problem of bending of an elastic five-layer rod symmetrical in thickness. The bearing layers are assumed to be thin and highly durable. The hypothesis of Bernoulli's flat cross-sections is adopted for them. In relatively thick lightweight fillers, the cross-sections remain flat, but rotate by some additional angle relative to the normal to the deformed middle surface. Differential equilibrium equations are obtained using the principle of possible Lagrange displacements. The form of representation of the solution of the obtained system of equations is numerically analyzed.

**Keywords:** five-layer rod, bending, elasticity, equilibrium equations.

Суханова О. А. Решение в ANSYS Workbench задачи о нагреве тел при трении скольжения / О. А. Суханова, А. О. Шимановский // Механика. Исследования и инновации. – 2024. – Вып. 17. – С. 140–145.

*О. А. СУХАНОВА, А. О. ШИМАНОВСКИЙ*

*Белорусский государственный университет транспорта, Гомель, Беларусь*

## **РЕШЕНИЕ В ANSYS WORKBENCH ЗАДАЧИ О НАГРЕВЕ ТЕЛ ПРИ ТРЕНИИ СКОЛЬЖЕНИЯ**

Решается динамическая связанная задача об анализе тепловых процессов в упруго-деформируемых телах, которые находятся в контактном взаимодействии : полуцилиндре, скользящем по шероховатой поверхности неподвижного параллелепипеда. Разработан алгоритм решения термочной задачи в среде пакета ANSYS Workbench. Рассмотрены детали создания конечно-элементной модели. Приведены результаты расчетов эквивалентных по Мизесу напряжений и температуры в контактирующих телах.

**Ключевые слова:** конечно-элементное моделирование, контактное взаимодействие, термочная задача.

*O. A. SUKHANOVA, A. O. SHIMANOVSKY*

*Belarusian State University of Transport, Gomel, Belarus*

## **SOLUTION OF A PROBLEM OF BODIES HEATING AT SLIDING FRICTION IN ANSYS WORKBENCH**

A dynamic coupled problem of analyzing thermal processes in elastically deformable bodies that are in contact interaction is solved: a semi-cylinder sliding along the rough surface of a stationary parallelepiped. An algorithm for solving a thermal strength problem in the ANSYS Workbench package environment is developed. Details of creating a finite element model are considered. The results of calculating the von Mises equivalent stresses and temperature in contacting bodies are presented.

**Keywords:** finite element modeling, contact interaction, thermal strength problem.

**Комнатный, Д. В.** Уравнения колебаний стержня с присоединенным математическим маятником / Д. В. Комнатный // *Механика. Исследования и инновации.* – 2024. – Вып. 17. – С. 146–150.

*Д. В. КОМНАТНЫЙ*

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

### **УРАВНЕНИЯ КОЛЕБАНИЙ СТЕРЖНЯ С ПРИСОЕДИНЕННЫМ МАТЕМАТИЧЕСКИМ МАЯТНИКОМ**

Исследована колебательная система из тяжелого стержня, вращающегося вокруг горизонтальной оси, и прикрепленного к нему математического маятника, которая в некоторых случаях может быть использована для моделирования динамики цистерн с жидким грузом методом механической аналогии. С применением уравнений Лагранжа второго рода получены нелинейные дифференциальные уравнения малых колебаний такой системы. Обсуждаются способы их аналитического решения.

**Ключевые слова:** колебательная система, механическая аналогия, уравнения малых колебаний, метод Галеркина.

*D. V. KOMNATNY*

*Gomel State Technical University named by P. O. Sukhoy, Gomel, Belarus*

### **OSCILLATIONS EQUATIONS OF A ROD WITH AN ATTACHED MATHEMATICAL PENDULUM**

An oscillatory system consisting of a heavy rod rotating around a horizontal axis and a mathematical pendulum attached to it is investigated. In some cases, this system can be used to model the dynamics of tanks with liquid cargo using the mechanical analogy method. Using the Lagrange equations of the second kind, nonlinear differential equations of small oscillations of such a system are obtained. Methods for their analytical solution are discussed.

**Keywords:** oscillatory system, mechanical analogy, equations of small oscillations, Galerkin method.

**Саврасова, Н. Р.** Методика организации учебного процесса в условиях существенной дифференциации целевой аудитории / Н. Р. Саврасова, С. В. Слепова // Механика. Исследования и инновации. – 2024. – Вып. 17. – С. 151–156.

*Н. Р. САВРАСОВА, С. В. СЛЕПОВА*

*Южно-Уральский государственный университет (НИУ), Челябинск, Россия*

### **МЕТОДИКА ОРГАНИЗАЦИИ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА В УСЛОВИЯХ СУЩЕСТВЕННОЙ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ ЦЕЛЕВОЙ АУДИТОРИИ**

Предложена методика организации учебного процесса, учитывающая дифференциацию современной целевой студенческой аудитории. На примере курса теоретической механики описан субъектно-ориентированный подход, позволяющий учесть образовательные возможности различных категорий студентов за счет выстраивания индивидуальных образовательных траекторий.

**Ключевые слова:** организация учебного процесса, субъектно-ориентированный подход, индивидуальная образовательная траектория.

*N. R. SAVRASOVA, S. V. SLEPOVA*

*South Ural State University (National Research University), Chelyabinsk, Russia*

### **METHODOLOGY OF EDUCATIONAL PROCESS ORGANIZING IN CONDITIONS OF SIGNIFICANT DIFFERENTIATION OF THE TARGET AUDIENCE**

The methodology of the educational process organization, which takes into account the differentiation of the modern target student audience, is proposed. On the example of the course of engineering mechanics the subject-oriented approach is described, that allows to take into account educational opportunities of different categories of students by building individual educational trajectories.

**Keywords:** organisation of educational process, subject-oriented approach, individual educational trajectory.