

**Ахраменко, Н. А.** Особенности нарастания давления в ресивере поршневого компрессора / Н. А. Ахраменко // Механика. Исследования и инновации. – 2025. – Вып. 18. – С. 5–12.

*Н. А. АХРАМЕНКО*

*Белорусский государственный университет транспорта, Гомель, Беларусь*

## **ОСОБЕННОСТИ НАРАСТАНИЯ ДАВЛЕНИЯ В РЕСИВЕРЕ ПОРШНЕВОГО КОМПРЕССОРА**

Рассматриваются процессы, происходящие в поршневом компрессоре с ресивером. Исследуются закономерности нарастания давления в ресивере в случае постоянной температуры сжимаемого газа. Получено выражение, позволяющее провести оценку величины давления в ресивере в зависимости от числа циклов возвратно-поступательного движения поршня в компрессоре. Определено число циклов движения поршня, необходимое для достижения половины максимально возможного давления.

**Ключевые слова:** сжатие, поршневой компрессор, давление, ресивер.

*N. A. AKHRAMENKO*

*Belarusian State University of Transport, Gomel, Belarus*

## **FEATURES OF PRESSURE INCREASE IN THE PISTON COMPRESSOR RECEIVER**

The article investigates the processes occurring in a piston compressor with a receiver. The patterns of pressure increase in the receiver during processes occurring at a constant temperature are investigated. There is obtained the expression for estimating the receiver pressure depending on the number of piston reciprocating cycles in the compressor. The number of piston motion cycles required to reach half the maximum possible pressure is estimated.

**Keywords:** compression, piston compressor, pressure, receiver.

**Будникова, Д. А.** Колебания пятислойного стержня под действием мгновенно приложенной равномерно распределенной нагрузки / Д. А. Будникова // Механика. Исследования и инновации. – 2025. – Вып. 18. – С. 13–18.

*Д. А. БУДНИКОВА*

*Белорусский государственный университет транспорта, Гомель, Беларусь*

## **КОЛЕБАНИЯ ПЯТИСЛОЙНОГО СТЕРЖНЯ ПОД ДЕЙСТВИЕМ МГНОВЕННО ПРИЛОЖЕННОЙ РАВНОМЕРНО РАСПРЕДЕЛЕННОЙ НАГРУЗКИ**

Рассматривается задача о колебаниях пятислойного симметричного по толщине стержня, который включает три несущих слоя (центральный и два внешних) и два относительно толстых легких заполнителя. Получено аналитическое решение для случая мгновенного приложения равномерно распределенной нагрузки. Использован метод разложения искомых перемещений в ряд по построенной системе собственных ортонормированных функций. Приведены графики изменения прогиба и относительного сдвига по длине стержня для различных материалов слоев.

**Ключевые слова:** пятислойный симметричный стержень, равномерно распределенная нагрузка, колебания, прогиб, относительный сдвиг.

*D. A. BUDNIKOVA*

*Belarusian State University of Transport, Gomel, Belarus*

## **OSCILLATIONS OF A FIVE-LAYER ROD UNDER AN INSTANTLY APPLIED UNIFORMLY DISTRIBUTED LOAD**

This paper considers the vibrations of a five-layer rod symmetrical by thickness and consisting of three load-bearing layers (a central layer and two outer layers) and two relatively thick lightweight cores. An analytical solution is obtained for the case of instantaneous application of a uniformly distributed load. A method for expanding the sought-for displacements into a series of orthonormal eigenfunctions is used. Graphs of the change in deflection and relative shear along the rod length are presented for the different layer materials.

**Keywords:** five-layer symmetrical rod, uniformly distributed load, vibrations, deflection, relative shear.

**Ворожун, А. В.** Современные подходы к созданию цифровых двойников железнодорожного подвижного состава / А. В. Ворожун // Механика. Исследования и инновации. – 2025. – Вып. 18. – С. 19–27.

*А. В. ВОРОЖУН*

*Белорусский государственный университет транспорта, Гомель, Беларусь*

### **СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К СОЗДАНИЮ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА**

Представлен обзор работ, связанных с практическим использованием цифровых двойников железнодорожных вагонов и локомотивов. Рассмотрены особенности цифровых моделей, теней и двойников. Приведены конкретные технические решения, которые применяются при анализе различных процессов, встречающихся при эксплуатации железнодорожного подвижного состава. Определены актуальные тенденции интеграции цифровых технологий в транспортную инфраструктуру.

*А. U. VARAZHUN*

*Belarusian State University of Transport, Gomel, Belarus*

### **MODERN APPROACHES TO CREATING DIGITAL TWINS OF RAILROAD ROLLING STOCK**

The paper presents a review of investigations related to the practical use of digital twins of railcars and locomotives. The characteristics of digital models, shadows, and twins are discussed. Specific technical solutions applied in the analysis of various processes encountered during the operation of railcars are presented. Current trends in the integration of digital technologies into transport infrastructure are identified.

**Keywords:** rail transport, freight car, digital twin, digital shadow, modeling.

**Ворожун, И. А.** Сравнение способов размещения длинномерного груза на сцепках платформ / И. А. Ворожун, А. В. Ворожун, М. Г. Гегедеш // Механика. Исследования и инновации. – 2025. – Вып. 18. – С. 28–33.

*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*

## **СРАВНЕНИЕ СПОСОБОВ РАЗМЕЩЕНИЯ ДЛИННОМЕРНОГО ГРУЗА НА СЦЕПАХ ПЛАТФОРМ**

Рассмотрены варианты размещения и крепления длинномерного груза на сцепках из двух или трех железнодорожных платформ. В результате математического моделирования определены силы в элементах продольного крепления груза к платформам, а также в междувагонных связях при соударении вагонов. Показано, что значения сил в элементах крепления и междувагонных связях при использовании двух и трех платформ различаются незначительно.

**Ключевые слова:** длинномерный груз, сцеп платформ, соударение вагонов, продольные силы.

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

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

<sup>2</sup>*Sukhoi State Technical University of Gomel, Gomel, Belarus*

## **A COMPARISON OF METHODS FOR THE LONG CARGO PLACING ON FLATCAR COUPLINGS**

The variants for arranging and securing long cargo on couplings consisting of two or three railway flatcars are considered. Mathematical modeling is used to determine the forces in the longitudinal cargo-flatcar fixing elements, as well as in the inter-car connections during car collisions. It is shown that the forces in the fixing elements and in the inter-car connections differ slightly when two and three flatcars are coupled.

**Keywords:** long cargo, platform coupling, car collision, longitudinal forces.

**Гегедеш, М. Г.** Моделирование напряженно-деформированного состояния боковой рамы тележки грузового вагона / М. Г. Гегедеш, Н. В. Комаровский, Р. В. Раимов, П. М. Афанаськов // *Механика. Исследования и инновации.* – 2025. – Вып. 18. – С. 34–38.

*М. Г. ГЕГЕДЕШ*<sup>1,2</sup>, *Н. В. КОМАРОВСКИЙ*<sup>1</sup>, *Р. В. РАХИМОВ*<sup>3</sup>,  
*П. М. АФАНАСЬКОВ*<sup>1</sup>

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

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

<sup>3</sup>*Ташкентский государственный транспортный университет, Ташкент, Узбекистан*

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ БОКОВОЙ РАМЫ ТЕЛЕЖКИ ГРУЗОВОГО ВАГОНА**

Представлено сравнение данных, которые получены в ходе натурных испытаний боковой рамы тележки грузового вагона, с результатами расчета напряженно-деформированного состояния, проведенного средствами программных пакетов инженерного анализа SolidWorks и ANSYS Workbench (Static Structural). На основе анализа рассчитанных в среде ANSYS значений напряжений в боковой раме тележки определены зоны первичного разрушения при циклических нагрузках, а также коэффициенты запаса прочности для исследуемого конструктивного элемента железнодорожного подвижного состава.

**Ключевые слова:** железнодорожный подвижной состав, прочность несущих элементов, напряженно-деформированное состояние, компьютерное моделирование, коэффициент запаса прочности.

*M. G. GEGEDESH*<sup>1,2</sup>, *M. U. KAMAROUSKY*<sup>1</sup>, *R. V. RAKHIMOV*<sup>3</sup>, *P. M. AFANASKOV*<sup>1</sup>

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

<sup>2</sup>*Sukhoi State Technical University of Gomel, Gomel, Belarus*

<sup>3</sup>*Tashkent State Transport University, Tashkent, Uzbekistan*

## **STRESS-STRAIN STATE MODELING FOR A FREIGHT CAR BODY SIDE FRAME**

The data obtained during full-scale tests of a freight car bogie side frame is compared with the results of stress-strain state calculations performed using SolidWorks and ANSYS Workbench (Static Structural) engineering analysis software. Based on the analysis of ANSYS-calculated bogie side frame stress values, the primary failure zones under cyclic loads are determined, as well as the safety factors for this structural component of the rolling stock.

**Keywords:** rolling stock, load-bearing element strength, stress-strain state, computer modeling, safety factor.

**Гегедеш, М. Г.** Повышение безопасности движения железнодорожного подвижного состава в кривых малого радиуса / М. Г. Гегедеш, Т. С. Якимчик, Р. В. Шило // Механика. Исследования и инновации. – 2025. – Вып. 18. – С. 39–44.

*М. Г. ГЕГЕДЕШ<sup>1,2</sup>, Т. С. ЯКИМЧИК<sup>2</sup>, Р. В. ШИЛО<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>*Гомельский государственный технический университет им. П. О. Сухого, Гомель, Беларусь*

<sup>2</sup>*Белорусский государственный университет транспорта, Гомель, Беларусь*

<sup>3</sup>*Могилевское отделение Белорусской железной дороги, Могилев, Беларусь*

## **ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА В КРИВЫХ МАЛОГО РАДИУСА**

Предложена конструкция соединительного упорного элемента контррельса, изготовленного из старогодных рельсов, с установкой на путевой рельс через специально изготавливаемое крепление. В среде ANSYS Workbench разработана конечно-элементная модель предлагаемого соединительного элемента. На основе анализа напряженно-деформированного состояния конструкции сделаны выводы о ее прочности и долговечности при эксплуатации в кривых малого радиуса.

**Ключевые слова:** кривые малого радиуса, контррельс, соединительный элемент, компьютерное моделирование, напряженно-деформированное состояние.

*. G. GEGEDES<sup>1,2</sup>, T. S. YAKIMCHIK<sup>2</sup>, R. V. SHILO<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>*Sukhoi State Technical University of Gomel, Gomel, Belarus*

<sup>2</sup>*Belarusian State University of Transport, Gomel, Belarus*

<sup>3</sup>*Mogilev Division of the Belarusian Railway, Mogilev, Belarus*

## **IMPROVING RAILROAD ROLLING STOCK SAFETY IN SMALL-RADIUS CURVES**

A design for a connecting stop element for a check rail made from scrap rails is proposed. It is mounted on the track rail via a custom-made fastener. A finite element model of the proposed connecting element is developed in ANSYS Workbench. Based on the structure stress-strain state analysis, there are formulated the conclusions regarding its strength and durability at operating in small-radius curves.

**Keywords:** small-radius curves, check rail, connecting element, computer modeling, stress-strain state.

Демьянчук, О. В. Моделирование обтекания воздушным потоком сцепа вагонов-хопперов / О. В. Демьянчук // Механика. Исследования и инновации. – 2025. – Вып. 18. – С. 45–51.

*О. В. ДЕМЬЯНЧУК*

*Белорусский государственный университет транспорта, Гомель, Беларусь*

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБТЕКАНИЯ ВОЗДУШНЫМ ПОТОКОМ СЦЕПА ВАГОНОВ-ХОППЕРОВ**

В программном комплексе ANSYS Fluent выполнено компьютерное моделирование обтекания воздушным потоком отцепы, включающего два вагона-хоппера. Получены картины распределения давлений на лобовой и боковой поверхностях вагонов. Анализ схем распределения скоростей потока показал наличие завихрений в межвагонном пространстве, непосредственно за хвостовым вагоном, также у боковых поверхностей первого вагона отцепы. Определены аэродинамические силы и значения коэффициентов аэродинамического сопротивления вагонов.

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

*V. U. DZEMYANCHUK*

*Belarusian State University of Transport, Gomel, Belarus*

## **SIMULATION OF AN AIR FLOW AROUND A COUPLE OF HOPPER CARS**

Computer simulation of an air flow around two hopper railway cars is performed in the ANSYS Fluent software package. Pressure distribution diagrams are obtained on the frontal and side surfaces of the cars. Analysis of the flow velocity distribution diagrams shows the presence of vortex in the intercar space, directly behind the rear-end car. Vortexes are also observed near the side surfaces of the first car. The aerodynamic drag coefficients of the cars are determined based on the established aerodynamic forces.

**Keywords:** aerodynamics, finite element modeling, streamline by airflow, aerodynamic coefficient.

**Zheltkovich, A.** Determination of thermal and shrinkage stresses in monolithic reinforced concrete slabs based on a sliding foundation using deep learning neural networks / A. Zheltkovich, V. Molosh, A. Verameichyk, D. Marmysh, Y. Lyu, J. Yang, Y. Ren, N. Mou, K. Parchotz // *Mechanics. Researches and Innovations.* – 2025. – Vol. 18. – P. 52–63.

*A. ZHELTKOVICH<sup>1</sup>, V. MOLOSH<sup>1</sup>, A. VERAMEICHYK<sup>1</sup>, D. MARMYSH<sup>2</sup>, Y. LYU<sup>3</sup>, J. YANG<sup>3</sup>, Y. REN<sup>4,5</sup>, N. MOU<sup>1,6</sup>, K. PARCHOTZ<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>*Brest State Technical University, Brest, Belarus*

<sup>2</sup>*Belarusian State University, Minsk, Belarus*

<sup>3</sup>*Dalian University of Technology, Dalian, China*

<sup>4</sup>*Nanchang Hangkong University, Nanchang, China*

<sup>5</sup>*Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus*

<sup>6</sup>*Shandong Huayu University of Technology, Dezhou, China*

## **DETERMINATION OF THERMAL AND SHRINKAGE STRESSES IN MONOLITHIC REINFORCED CONCRETE SLABS BASED ON A SLIDING FOUNDATION USING DEEP LEARNING NEURAL NETWORKS**

In certain situations, the design step requires the creation of technological openings of various shapes, while the slab surface may have complex geometry. Determining the stress-strain state in such cases can be very labor-intensive or even impossible. This article presents an alternative method based on the use of 3D convolutional neural networks (CNNs) with a U-Net architecture and 3D Deep Convolutional Generative Adversarial Nets (DC-GAN), which allows for fairly accurate predictions of shrinkage and temperature stresses and displacements in reinforced concrete slabs on a sliding base, in a simpler way compared to finite element methods (FEM). The article highlights the promising potential of using neural networks in the area of construction design.

**Keywords:** thermal stresses, shrinkage stresses, concrete slabs, neural networks, deep learning.

*A. E. ЖЕЛТКОВИЧ<sup>1</sup>, В. В. МОЛОШ<sup>1</sup>, А. И. ВЕРЕМЕЙЧИК<sup>1</sup>, Д. Е. МАРМЫШ<sup>2</sup>,  
Е. ЛЬЮ<sup>3</sup>, Дж. ЯНГ<sup>3</sup>, Ю. РЕН<sup>4,5</sup>, Н. МОУ<sup>1,6</sup>, К. Г. ПАРХОЦ<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>*Брестский государственный технический университет, Брест, Беларусь*

<sup>2</sup>*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь*

<sup>3</sup>*Даляньский политехнический университет, Далянь, Китай*

<sup>4</sup>*Наньчанский авиационный университет, Наньчан, Китай*

<sup>5</sup>*Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь*

<sup>6</sup>*Шаньдунский технологический университет Хуаюй, Дэчжоу, Китай*

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ И УСАДОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В МОНОЛИТНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЛИТАХ НА СКОЛЬЗЯЩЕМ ОСНОВАНИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ**

В некоторых случаях на этапе проектирования требуются технологические проемы различной формы, а поверхность плиты может иметь сложную геометрическую

форму. Определение напряженно-деформированного состояния в замкнутом виде в таких случаях весьма трудоемко или даже невозможно. В данной статье представлен альтернативный подход, основанный на использовании 3D сверточных нейронных сетей (CNN) с архитектурой U-Net и 3D глубоких сверточных генеративно-состязательных сетей (DC-GAN), который позволяет достаточно точно прогнозировать усадочные и температурные напряжения и перемещения в железобетонных плитах на скользящем основании, причем более простым способом по сравнению с методом конечных элементов (МКЭ). В статье подчеркивается перспективность использования нейронных сетей в строительном проектировании.

**Ключевые слова:** температурные напряжения, усадочные напряжения, бетонные плиты, нейронные сети, глубокое обучение.

**Иванов, А. С.** Анализ работы шарниров равных угловых скоростей / А. С. Иванов, Д. П. Рейфшнейдер, Е. В. Фалькова // Механика. Исследования и инновации. – 2025. – Вып. 18. – С. 64–68.

*А. С. ИВАНОВ, Д. П. РЕЙФСНЕЙДЕР, Е. В. ФАЛЬКОВА*  
*Сибирский государственный университет науки и технологий*  
*им. акад. М. Ф. Решетнева, Красноярск, Россия*

## **АНАЛИЗ РАБОТЫ ШАРНИРОВ РАВНЫХ УГЛОВЫХ СКОРОСТЕЙ**

Рассматривается кинематика шарниров равных угловых скоростей (ШРУС). Анализируются особенности синхронизации углов поворота, аксиальные перемещения валов, а также влияние смещения крестовин и геометрических параметров шарнира на неравномерность передачи момента. На основе расчетных зависимостей показано, что оптимальный угол синхронного вращения  $32\text{--}35^\circ$ , а смещение центра шарнира позволяет минимизировать динамические нагрузки и колебания. Результаты исследования важны для проектирования надежных приводных систем с учетом компенсации осевых смещений и вибраций в условиях переменных крутящих нагрузок.

**Ключевые слова:** ШРУС, кинематическая схема, аксиальное перемещение, синхронизация вращения.

*A. S. IVANOV, D. P. REIFSCHNEIDER, E. V. FALKOVA*  
*Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk, Russia*

## **ANALYSIS OF A CONSTANT VELOCITY JOINT OPERATION**

The kinematics of constant velocity joints (CV joints) is considered. The synchronization of rotation angles, axial shaft displacements, and the influence of crosspiece offsets and joint geometric parameters on torque transfer unevenness are analyzed. Based on calculated dependencies, it is shown that the optimal synchronous rotation angle ( $32\text{--}35^\circ$ ) and offset of the joint center minimize dynamic loads and vibrations. The results of this study are important for the design of reliable drive systems that compensate for axial displacements and vibrations under variable angular loads.

**Keywords:** CV joint, kinematic diagram, axial displacement, rotation synchronization.

**Коднянко, Е. В.** Анализ установившегося качения жесткого колеса с гиперупругим ободом / Е. В. Коднянко // *Механика. Исследования и инновации.* – 2025. – Вып. 18. – С. 69–80.

*Е. В. КОДНЯНКО*

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

## **АНАЛИЗ УСТАНОВИВШЕГОСЯ КАЧЕНИЯ ЖЕСТКОГО КОЛЕСА С ГИПЕРУПРУГИМ ОБОДОМ**

Разработана методика расчетного определения параметров контактного взаимодействия жесткого цилиндра, имеющего тонкий гиперупругий обод, с опорной поверхностью в процессе установившегося качения цилиндра. Методика основана на использовании упрощенной модели винклерова основания. Результаты использования разработанной методики сопоставлены с расчетными оценками, полученными для качения цилиндра с линейно вязкоупругим ободом.

**Ключевые слова:** установившееся качение, контактные напряжения, модель Винклерова основания, упругий потенциал.

*Е. V. KADNIANKA*

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

## **STEADY-STATE ROLLING ANALYSIS FOR A RIGID WHEEL WITH A HYPERELASTIC RIM**

There is developed a method for calculating the parameters of the contact interaction of a rigid cylinder with a thin hyperelastic rim with a supporting surface at a steady-state rolling of the cylinder. The technique is based on the use of a simplified Winkler foundation model. The results the developed technique application are compared with the calculated estimates obtained for the rolling of the cylinder with a linearly viscoelastic rim.

**Keywords:** steady rolling, contact stresses, Winkler foundation model, elastic potential.

**Котов, А. В.** Оценка возможности применения метода деформируемого многогранника к задаче оптимизационного кинематического синтеза плоского рычажного механизма / В. Котов, Д. Г. Кроль // Механика. Исследования и инновации. – 2025. – Вып. 18. – С. 81–89.

*А. В. КОТОВ<sup>1,2</sup>, Д. Г. КРОЛЬ<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*ОАО «Сейсмотехника», Гомель, Беларусь*

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

## **ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДА ДЕФОРМИРУЕМОГО МНОГОГРАННИКА К ЗАДАЧЕ ОПТИМИЗАЦИОННОГО КИНЕМАТИЧЕСКОГО СИНТЕЗА ПЛОСКОГО РЫЧАЖНОГО МЕХАНИЗМА**

Представлены математическая постановка и результаты решения задачи оптимизационного кинематического синтеза плоского рычажного механизма, воспроизводящего заданную траекторию точки движения выходного звена, с помощью метода деформируемого многогранника. Дана качественная оценка эффективности использования данного метода при проведении многопараметрического оптимизационного кинематического синтеза механизмов с учетом и без учета возможности наложения дополнительных ограничений.

**Ключевые слова:** лямбда-механизм, оптимизационный синтез, деформируемый многогранник, симплекс, ограничения.

*A. V. KOTOV<sup>1,2</sup>, D. G. KROL<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*JSC Seismotekhnika, Gomel, Belarus*

<sup>2</sup>*Sukhoi State Technical University of Gomel, Gomel, Belarus*

## **EVALUATION OF THE POSSIBILITY OF APPLYING THE DEFORMABLE POLYHEDRON METHOD TO THE PROBLEM OF KINEMATIC SYNTHESIS OPTIMIZATION FOR A FLAT LEVER MECHANISM**

The paper presents a mathematical formulation and solution results for the problem of optimization kinematic synthesis of a flat lever mechanism, reproducing a given trajectory of the output link's motion point, using the deformable polyhedron method. A qualitative assessment of the method effectiveness in performing multiparameter optimization kinematic synthesis of mechanisms, with and without the possibility of imposing additional constraints, is provided.

**Keywords:** lambda mechanism, optimization synthesis, deformable polyhedron, simplex, constraints.

**Лачугина, Е. А.** Колебания пятислойной круговой пластины при мгновенном приложении нагрузки / Е. А. Лачугина // *Механика. Исследования и инновации.* – 2025. – Вып. 18. – С. 90–96.

*Е. А. ЛАЧУГИНА*

*Белорусский государственный университет транспорта, Гомель, Беларусь*

## **КОЛЕБАНИЯ ПЯТИСЛОЙНОЙ КРУГОВОЙ ПЛАСТИНЫ ПРИ МГНОВЕННОМ ПРИЛОЖЕНИИ НАГРУЗКИ**

Рассматривается задача о вынужденных колебаниях пятислойной несимметричной по толщине круговой пластины. Построено аналитическое решение методом разложения перемещений в ряд по системе собственных ортонормированных функций. В качестве примера использования найденного решения проведен численный анализ колебаний пластины, возникающих вследствие мгновенного приложения равномерно распределенной нагрузки.

**Ключевые слова:** круглая пятислойная пластина, несимметричная по толщине пластина, вынужденные колебания, равномерно распределенная нагрузка.

*Е. А. LACHUGINA*

*Belarusian State University of Transport, Gomel, Belarus*

## **OSCILLATIONS OF A FIVE-LAYER CIRCULAR PLATE UNDER INSTANTANEOUS LOAD APPLICATION**

The problem of forced oscillations of a five-layer circular plate, asymmetric in thickness, is considered. An analytical solution is obtained by expanding the displacements in the series of orthonormal eigenfunctions. As an example of the resulting solution application a numerical analysis of the plate vibrations arising from the instantaneous application of a uniformly distributed load is performed.

**Keywords:** five-layer circular plate, thickness-asymmetric plate, forced vibrations, uniformly distributed load.

Леоненко, Д. В. Резонансные колебания сэндвич-стержня с легким наполнителем / Д. В. Леоненко // Механика. Исследования и инновации. – 2025. – Вып. 18. – С. 97–103.

*Д. В. ЛЕОНЕНКО*

*Белорусский государственный университет транспорта, Гомель, Беларусь*

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

Рассмотрены вынужденные колебания сэндвич-стержня с защемленными торцами. С помощью вариационного принципа Гамильтона – Остроградского получена система дифференциальных уравнений движения для случая, при котором деформирование внешних слоев описывается моделью Бернулли, а внутреннего – моделью Тимошенко. Решение системы получено разложением в ряды. Проведен численный анализ для случая действия равномерно распределенной гармонической резонансной нагрузки.

**Ключевые слова:** сэндвич-стержень, резонанс, легкий наполнитель.

*D. V. LEONENKO*

*Belarusian State University of Transport, Gomel, Belarus*

## **RESONANT VIBRATIONS OF A SANDWICH ROD WITH A LIGHTWEIGHT CORE**

Forced vibrations of a sandwich rod with clamped ends are considered. Using the Hamilton – Ostrogradsky variational principle, a system of differential equations of motion is derived for the case in which the deformation of the outer layers is described by the Bernoulli model, and that of the inner layer by the Timoshenko model. The solution to the system is obtained by series expansion. A numerical analysis is performed for the case of a uniformly distributed harmonic resonant load.

**Keywords:** sandwich rod, resonance, lightweight core.

**Маркавцов, А. А.** Подходы к анализу динамики систем транспортировки жидких грузов в жестких и эластичных емкостях / А. А. Маркавцов // Механика. Исследования и инновации. – 2025. – Вып. 18. – С. 104–112.

*А. А. МАРКАВЦОВ*<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>*Конструкторско-технический центр Белорусской железной дороги, Минск, Беларусь*

<sup>2</sup>*Белорусский государственный университет транспорта, Гомель, Беларусь*

## **ПОДХОДЫ К АНАЛИЗУ ДИНАМИКИ СИСТЕМ ТРАНСПОРТИРОВКИ ЖИДКИХ ГРУЗОВ В ЖЕСТКИХ И ЭЛАСТИЧНЫХ ЕМКОСТЯХ**

Рассмотрены особенности подходов, применяемых при анализе динамики жидкостей, транспортируемых в жестких конструкциях (железнодорожные и автомобильные цистерны, танк-контейнеры) и эластичных емкостях (флекситанках). Обоснована целесообразность применения численных методов для моделирования системы «жидкость – мягкая оболочка – жесткий контейнер».

**Ключевые слова:** динамика жидких грузов, флекситанк, колебания жидкости, численное моделирование, прочность контейнера.

*А. А. MARKAVTSOV*<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>*Design and Technical Center of the Belarusian Railway, Minsk, Belarus*

<sup>2</sup>*Belarusian State University of Transport, Gomel, Belarus*

## **APPROACHES TO ANALYZING THE DYNAMICS OF TRANSPORT SYSTEMS FOR LIQUID CARGO IN RIGID AND FLEXIBLE CONTAINERS**

The approaches used to analyze the dynamics of liquids transported in rigid structures (railway and road tankers, tank containers) and flexible containers (flexitanks) are considered. The feasibility of using numerical methods to model the "liquid – soft shell – rigid container" system is substantiated.

**Keywords:** liquid cargo dynamics, flexitank, liquid oscillations, numerical modeling, container strength.

**Мармыш, Д. Е.** Гранично-элементное моделирование напряжений в телах с неоднородной геометрией / Д. Е. Мармыш, А. С. Шелег // Механика. Исследования и инновации. – 2025. – Вып. 18. – С. 113–120.

*Д. Е. МАРМЫШ, А. С. ШЕЛЕГ*

*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь*

## **ГРАНИЧНО-ЭЛЕМЕНТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ В ТЕЛАХ С НЕОДНОРОДНОЙ ГЕОМЕТРИЕЙ**

Рассматривается задача об определении напряженного состояния тела с использованием аналитического граничного элемента, получаемого для случая действия распределенной нагрузки интегрированием фундаментального решения, в качестве которого берется решение Кельвина для сосредоточенной силы, приложенной в произвольной точке упругого пространства. Численно решаются задачи о напряженном состоянии многосвязной области (плоскости с круговым отверстием) и тела с выпукло-вогнутой геометрией (сечение железнодорожного рельса).

**Ключевые слова:** метод граничных элементов, фундаментальное решение теории упругости, напряженное состояние, численное моделирование, неоднородная геометрия.

*D. E. MARMYSH, A. S. SHELEG*

*Belarusian State University, Minsk, Belarus*

## **BOUNDARY ELEMENT MODELING OF STRESSES IN BODIES WITH INHOMOGENEOUS GEOMETRY**

The problems of analyzing the body state using an analytical boundary element obtained for the case of a distributed load complex action are solved by a fundamental solution, where the Kelvin solution for a complex force applied in a stable elastic space is adopted. The stressed state problem for the multiply connected domain (a plane with a circular hole) and a body with convex-concave geometry (a railroad rail cross-section) is solved numerically.

**Keywords:** boundary element method, fundamental solution of elasticity theory, stress state, numerical simulation, non-homogeneous geometry.

**Остриков, О. М.** Влияние прилегающих микроразмерных зерен на напряженно-деформированное состояние зерна поликристалла с остаточным клиновидным двойником / О. М. Остриков // Механика. Исследования и инновации. – 2025. – Вып. 18. – С. 121–126.

*О. М. ОСТРИКОВ*

*Белорусский государственный университет транспорта, Гомель, Беларусь*

### **ВЛИЯНИЕ ПРИЛЕГАЮЩИХ МИКРОРАЗМЕРНЫХ ЗЕРЕН НА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ ЗЕРНА ПОЛИКРИСТАЛЛА С ОСТАТОЧНЫМ КЛИНОВИДНЫМ ДВОЙНИКОМ**

Разработана методика расчета полей напряжений в группе зерен поликристалла, одно из которых содержит единичный остаточный клиновидный двойник. В результате расчета с учетом влияния соседних зерен установлено, что максимальные значения напряжений локализуются на границах зерен и двойников.

**Ключевые слова:** напряженно-деформированное состояние, остаточный клиновидный двойник, зерно поликристалла.

*О. М. OSTRIKOV*

*Belarusian State University of Transport, Gomel, Belarus*

### **INFLUENCE OF ADJACENT MICROGRAINS ON THE STRESS-STRAIN STATE OF A POLYCRYSTAL GRAIN WITH A RESIDUAL WEDGE TWIN**

A method for calculating stress fields in a group of polycrystal grains is developed for the case when one of grain contains a single residual wedge-shaped twin. The calculations took into account the influence of adjacent grains; it is estimated that the maximum stress values are localized at the grain and twin boundaries.

**Keywords:** stress-strain state, residual wedge-shaped twin, polycrystal grain.

**Отока, А. Г.** Обнаружение трещин в железнодорожных колесах с использованием конечно-элементного моделирования их намагничивания / А. Г. Отока, О. В. Холодилов // Механика. Исследования И Инновации. – 2025. – Вып. 18. – С. 127–142.

*А. Г. ОТОКА, О. В. ХОЛОДИЛОВ*

*Белорусский государственный университет транспорта, Гомель, Беларусь*

## **ОБНАРУЖЕНИЕ ТРЕЩИН В ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ КОЛЕСАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ИХ НАМАГНИЧИВАНИЯ**

Представлены результаты анализа картин распределения тангенциальной составляющей напряженности магнитного поля на поверхности цельнокатаных колес колесных пар, полученные путем моделирования с помощью программы ANSYS Maxwell 3D с учетом магнитной проницаемости сталей и формы кривизны дисков. Получены номограммы по выбору тока намагничивания при магнитопорошковом контроле в зависимости от относительной  $\mu$  (в интервале от 50 до 300) и абсолютной  $\mu_a$  (в интервале от 62,85 до 377,10 мкГн/м) магнитной проницаемости применяемых колесных сталей.

**Ключевые слова:** цельнокатаное колесо, магнитопорошковый контроль, расчетный ток намагничивания, напряженность магнитного поля, соленоид, магнитная индукция.

*A. G. OTOKA, O. V. KHOLODILOV*

*Belarusian State University of Transport, Gomel, Belarus*

## **RAILWAY WHEELS CRACK DETECTION ON THE BASE OF FINITE ELEMENT MODELING OF THEIR MAGNETIZATION**

The paper presents the analysis results for the distribution patterns of the magnetic field strength tangential component on the surface of solid-rolled wheelsets. The results are obtained by modeling using ANSYS Maxwell 3D, taking into account the magnetic permeability of the steels and the wheels curvature. There are obtained the nomograms for selecting the magnetization current for magnetic particle testing depending on the relative  $\mu$  (in the range from 50 to 300) and absolute  $\mu_a$  (in the range from  $6,285 \cdot 10^{-5}$  to  $3,771 \cdot 10^{-4}$  H/m) magnetic permeability of the wheel steels used.

**Keywords:** solid-rolled wheel, magnetic particle inspection, estimated magnetization current, tangential component of magnetic field strength, solenoid, magnetic induction.

**Салицкий, В. С.** Деформирование несимметричной по толщине круглой пяти-слойной пластины / Е. С. Салицкий // Механика. Исследования и инновации. – 2025. – Вып. 18. – С. 143–150.

*В. С. САЛИЦКИЙ*

*Белорусский государственный университет транспорта, Гомель, Беларусь*

## **ДЕФОРМИРОВАНИЕ НЕСИММЕТРИЧНОЙ ПО ТОЛЩИНЕ КРУГЛОЙ ПЯТИСЛОЙНОЙ ПЛАСТИНЫ**

Представлена постановка краевой задачи об изгибе несимметричной по толщине упругой круглой пятислойной пластины с двумя заполнителями. Деформирование несущих слоев удовлетворяет гипотезам Кирхгофа, сравнительно толстых заполнителей – гипотезе Тимошенко. Вариационным методом Лагранжа получены уравнения равновесия с учетом работы касательных напряжений в заполнителях. Из системы выделено дифференциальное неоднородное уравнение четвертого порядка относительно сдвига в одном из заполнителей. Решение соответствующего однородного уравнения сведено к решению двух модифицированных уравнений Бесселя второго порядка. Общее решение неоднородного уравнения выписано в конечном виде. Приведен пример численного расчета.

**Ключевые слова:** круглая пятислойная пластина, асимметрия по толщине, аналитическое решение, численные результаты.

*V. S. SALITSKY*

*Belarusian State University of Transport, Gomel, Belarus*

## **DEFORMATION OF A CIRCULAR FIVE-LAYER PLATE ASYMMETRICAL IN THICKNESS**

The boundary value problem is presented for the bending of an elastic circular five-layer plate, asymmetric in thickness, with two fillers. The deformation of the load-bearing layers satisfies Kirchhoff's hypotheses, while that of relatively thick cores satisfies the Timoshenko's hypothesis. Using the Lagrange variational method, the equilibrium equations are obtained, taking into account the work of shear stresses in the cores. A fourth-order inhomogeneous differential equation with respect to shear in one of the cores is extracted from the system. The solution to the corresponding homogeneous equation is reduced to solving two modified second-order Bessel equations. The general solution to the inhomogeneous equation is written out in its final form. An example of numerical calculation is provided.

**Keywords:** circular five-layer plate, thickness asymmetry, analytical solution, numerical results.

**Старовойтов, Э. И.** Деформирование круговой пятислойной пластины с упругими и упругопластическими слоями / Э. И. Старовойтов, В. С. Салицкий // Механика. Исследования и инновации. – 2025. – Вып. 18. – С. 151–159.

*Э. И. СТАРОВОЙТОВ, В. С. САЛИЦКИЙ*

*Белорусский государственный университет транспорта, Гомель, Беларусь*

## **ДЕФОРМИРОВАНИЕ КРУГОВОЙ ПЯТИСЛОЙНОЙ ПЛАСТИНЫ С УПРУГИМИ И УПРУГОПЛАСТИЧЕСКИМИ СЛОЯМИ**

Предлагается модель несимметричной по толщине пятислойной круговой пластины, в которой одни слои деформируются упруго, другие проявляют пластические свойства. Для описания неупругого поведения используются уравнения теории малых упругопластических деформаций. Гипотезы Кирхгофа описывают деформирование несущих слоев, гипотеза Тимошенко – заполнителей. Для решения краевой задачи использован метод упругих решений Ильюшина. Приведены результаты численных расчетов на основе полученного в итерационном виде решения.

**Ключевые слова:** пятислойная несимметричная пластина, изгиб, упругость, пластичность, аналитическое решение.

*E. I. STAROVOITOV, V. S. SALICKY*

*Belarusian State University of Transport, Gomel, Belarus*

## **DEFORMATION OF A CIRCULAR FIVE-LAYER PLATE WITH ELASTIC AND ELASTOPLASTIC LAYERS**

A model of a five-layer circular plate, asymmetric in thickness, is proposed; some layers are deformed elastically, while others exhibit plastic properties. The inelastic behavior is described by the equations of small elastoplastic deformation theory. The Kirchhoff's hypotheses describes the deformation of the load-bearing layers, while the Timoshenko's hypothesis describes the deformation of the cores. The Ilyushin's method of elastic solutions is used to solve the boundary-value problem. The results of numerical calculations based on the iterative solution are presented.

**Keywords:** five-layer asymmetric plate, bending, elasticity, plasticity, analytical solution.

**Старовойтов, Э. И.** Напряженно-деформированное состояние при изгибе пяти-слойного стержня с двумя заполнителями / Э. И. Старовойтов, К. В. Суслов // Механика. Исследования и инновации. – 2025. – Вып. 18. – С. 160–166.

*Э. И. СТАРОВОЙТОВ, К. В. СУСЛОВ*

*Белорусский государственный университет транспорта, Гомель, Беларусь*

## **НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРИ ИЗГИБЕ ПЯТИСЛОЙНОГО СТЕРЖНЯ С ДВУМЯ ЗАПОЛНИТЕЛЯМИ**

Представлено аналитическое решение краевой задачи об изгибе пятислойного симметричного по толщине стержня, в котором несущими являются тонкие внешние и центральный слои, а относительно толстые жесткие заполнители обеспечивают перераспределение нагрузок между несущими слоями. На основе решения системы дифференциальных уравнений равновесия получены расчетные формулы для перемещений в случаях жесткой заделки и шарнирного опирания торцов стержня. Приведены результаты расчета напряжений и деформаций для нагрузки, равномерно распределенной по поверхности верхнего слоя.

**Ключевые слова:** пятислойный стержень, упругая деформация, гипотеза Бернулли, гипотеза Тимошенко.

*E. I. STAROVOITOV, K. V. SUSLOV*

*Belarusian State University of Transport, Gomel, Belarus*

## **STRESS-STRAIN STATE IN BENDING A FIVE-LAYER ROD WITH TWO FILLERS**

An analytical solution is presented for the boundary value problem of bending of a five-layer rod symmetrical in thickness with the thin outer and central load-bearing layers for the case when relatively thick rigid cores provide load redistribution between the load-bearing layers. Based on the solution of a system of differential equilibrium equations, calculation formulas are obtained for displacements in cases of rigid restraint and pinned support of the rod ends. The results of stress and strain calculations are presented for a load uniformly distributed over the upper layer surface.

**Keywords:** five-layer rod, elastic deformation, Bernoulli hypothesis, Timoshenko hypothesis.

**Холодарь, Б. Г.** Описание поведения упруго-пластических материалов с помощью уравнений Максвелла с нелинейной вязкостью / Б. Г. Холодарь // Механика. Исследования и инновации. – 2025. – Вып. 18. – С. 167–177.

*Б. Г. ХОЛОДАРЬ*

*Брестский государственный технический университет, Брест, Беларусь*

## **ОПИСАНИЕ ПОВЕДЕНИЯ УПРУГО-ПЛАСТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ С ПОМОЩЬЮ УРАВНЕНИЙ МАКСВЕЛЛА С НЕЛИНЕЙНОЙ ВЯЗКОСТЬЮ**

Рассмотрены структурные модели, состоящие из упругих и вязких элементов и отражающие известные из экспериментов эффекты поведения материалов, с выделением упругих, остаточных и запаздывающих компонент деформации. Показано, что для учета особенностей трансформации структуры материалов целесообразно применение модели с нелинейной вязкостью, отражающей изменение энергии активации процессов структурных превращений под действием внешних нагрузок. Рассмотрены основные режимы изотермического одноосного нагружения упруго-пластического материала (деформирование с постоянной скоростью, разгрузка, циклические деформации, ползучесть, релаксация напряжений), вязкость которого определяется с использованием диаграммы растяжения. Связь напряжений и деформаций дается дифференциальным уравнением Максвелла первого порядка. Приведены результаты численных расчетов деформирования материалов при их динамическом нагружении.

**Ключевые слова:** реономные материалы, структурные механические модели, тело Максвелла, трансформация структуры, нелинейная вязкость, режимы нагружения.

*B. G. KHOLODAR*

*Brest State Technical University, Brest, Belarus*

## **DESCRIPTION OF ELASTIC-PLASTIC MATERIALS BEHAVIOR BY THE MAXWELL'S EQUATIONS WITH NONLINEAR VISCOSITY**

The structural models consisting of elastic and viscous elements are considered and reflect the experimentally known material behavior effects, taking into account elastic, residual, and retarded strain components. It is shown that to consider the structural transformation features of materials, it is advisable to use a model with nonlinear viscosity, that reflects the change in the activation energy of structural transformation processes under the external loads. The main modes of isothermal uniaxial loading of an elastic-plastic material (constant-rate deformation, unloading, cyclic deformation, creep and stress relaxation) are considered. The viscosity of the material is determined by a stress-strain diagram. The relationship between stresses and strains is given by the first-order Maxwell differential equation. The numerical calculations results of material deformation under dynamic loading are presented.

**Keywords:** rheonomic materials, structural mechanical models, Maxwell solid, structural transformation, nonlinear viscosity, loading modes.

**Черноус, Д. А.** Метод и результаты прочностного расчета композитной трубы для водоснабжения / Д. А. Черноус, С. В. Шилько, Е. В. Бессчетнов // Механика. Исследования и инновации. – 2025. – Вып. 18. – С. 178–184.

*Д. А. ЧЕРНОУС<sup>1,2</sup>, С. В. ШИЛЬКО<sup>2</sup>, Е. В. БЕССЧЕТНОВ<sup>3</sup>*

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

*<sup>2</sup>Институт механики металлополимерных систем им. В. А. Белого*

*НАН Беларуси, Гомель, Беларусь*

*<sup>3</sup>ООО «Изоком», г. Дятлово, Беларусь*

## **МЕТОД И РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОЧНОСТНОГО РАСЧЕТА КОМПОЗИТНОЙ ТРУБЫ ДЛЯ ВОДОСНАБЖЕНИЯ**

Разработана механико-математическая модель двухслойной трубы со слоями из перекрестно-армированного ортотропного полимерного композита. На основе модели предложен аналитический метод определения максимально допустимого внутреннего давления, при котором происходит разрушение трубы. Получены расчетные зависимости разрушающего давления от угла армирования и толщины композитного слоя, позволяющие оптимизировать конструкцию напорных труб для холодного и горячего водоснабжения.

**Ключевые слова:** двухслойная труба, направленно-армированный полимерный композит, гидростатическое давление, осесимметричная задача теории упругости, ортотропия, интенсивность тензора напряжений.

*D. A. CHERNOUS<sup>1,2</sup>, S. V. SHILKO<sup>2</sup>, E. V. BESSCHETNOV<sup>3</sup>*

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

*<sup>2</sup>V. A. Bely Metal Polymer Research Institute, Gomel, Belarus*

*<sup>3</sup>LLC "Izokom", Dyatlovo, Belarus*

## **METHOD AND RESULTS OF STRENGTH ANALYSIS OF WATER-SUPPLY COMPOSITE PIPE**

A mechanical and mathematical model of a two-layer pipe with layers of cross-reinforced orthotropic polymer composite is developed. Based on this model, an analytical method for determining the maximum allowable internal pressure for the case of the pipe fail is proposed. The calculated dependences of the failure pressure on the reinforcement angle and composite layer thickness are obtained and allow to optimize the design of pressure pipes for cold and hot water supply.

**Keywords:** two-layer pipe, directionally reinforced polymer composite, hydrostatic pressure, axisymmetric elasticity problem, orthotropy, stress tensor intensity.

**Шимановский, А. О.** Конечно-элементное моделирование напряженно-деформированного состояния резино-кордной муфты локомотива / А. О. Шимановский, Ю. Д. Карацуба // Механика. Исследования и инновации. – 2025. – Вып. 18. – С. 185–190.

*А. О. ШИМАНОВСКИЙ, Ю. Д. КАРАЦЮБА*

*Белорусский государственный университет транспорта, Гомель, Беларусь*

## **КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ РЕЗИНОКОРДНОЙ МУФТЫ ЛОКОМОТИВА**

Разработана объемная конечно-элементная модель резинокордной муфты в среде программного комплекса ANSYS Workbench. Выполнены расчеты ее напряженно-деформированного состояния под действием крутящего момента, приложенного к месту контакта с одним из металлических фланцев. Показано, что полученные области с высокими напряжениями с высокой степенью точности соответствуют местам наблюдаемых на практике повреждений, что подтверждает достоверность результатов, получаемых на основе применения разработанной модели.

**Ключевые слова:** резинокордная муфта, напряжения, деформации, конечно-элементное моделирование.

*A. O. SHIMANOVSKY, Yu. D. KARATSUBA*

*Belarusian State University of Transport, Gomel, Belarus*

## **FINITE ELEMENT MODELING OF A LOCOMOTIVE RUBBER-CORD COUPLING STRESS-STRAIN STATE**

A 3D finite element model of a rubber-cord coupling is developed using the ANSYS Workbench software package. There are performed the calculations of the coupling stress-strain state under the action of a torque applied to the contact point with one of the metal flanges. It is shown that the resulting high-stress areas accurately correspond to the locations of damage observed in a practice, confirming the reliability of the results obtained using the developed model.

**Keywords:** rubber-cord coupling, stress, strain, finite element modeling.

**Асланов, Э. А.** Условия эквивалентности и основные теоремы динамики системы материальных точек / Э. А. Асланов, Г. Г. Сафаров // Механика. Исследования и инновации. – 2025. – Вып. 18. – С. 191–197.

*Э. А. АСЛАНОВ, Г. Г. САФАРОВ*

*Азербайджанский технический университет, Баку, Азербайджан*

## **УСЛОВИЯ ЭКВИВАЛЕНТНОСТИ И ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕМЫ ДИНАМИКИ СИСТЕМЫ МАТЕРИАЛЬНЫХ ТОЧЕК**

Приводится доказательство теоремы об условии эквивалентности двух систем связанных векторов. Она является исходной для доказательства соответствующих теорем о количестве движения, о моменте количества движения и о кинетической энергии системы.

**Ключевые слова:** механическая система, динамика, эквивалентность связанных векторов, вириал.

*E. A. ASLANOV, G. G. SAFAROV*

*Azerbaijan Technical University, Baku, Azerbaijan*

## **EQUIVALENCE CONDITIONS AND BASIC THEOREMS OF A MATERIAL POINTS SYSTEM DYNAMICS**

The proof of the theorem on the equivalence condition of two systems of coupled vectors is presented in the paper. It serves as the starting point for proving the corresponding theorems on the momentum, angular momentum, and kinetic energy of the system.

**Keywords:** mechanical system, dynamics, equivalence of coupled vectors, virial.

**Иванов, А. С.** Анализ напряжений и собственных частот колебаний стержней с различной конфигурацией сечений / А. С. Иванов, Д. П. Рейфшнейдер, Е. В. Фалькова // Механика. Исследования и инновации. – 2025. – Вып. 18. – С. 198–200.

*А. С. ИВАНОВ, Д. П. РЕЙФСШНЕЙДЕР, Е. В. ФАЛЬКОВА*  
*Сибирский государственный университет науки и технологий*  
*им. академика М. Ф. Решетнева, Красноярск, Россия*

## **АНАЛИЗ НАПРЯЖЕНИЙ И СОБСТВЕННЫХ ЧАСТОТ КОЛЕБАНИЙ СТЕРЖНЕЙ С РАЗЛИЧНОЙ КОНФИГУРАЦИЕЙ СЕЧЕНИЙ**

На основе анализа напряжений при изгибе и растяжении, а также расчета собственных частот колебаний балки сравниваются характеристики сечений: круглых, кольцевых и квадратных. Установлено, что тонкостенные сечения (например, кольцевое) обеспечивают снижение массы конструкции без ухудшения прочности в отличие от сплошных сечений с высокой инертностью. Результаты работы могут быть применены для оптимизации инженерных решений в аэрокосмической отрасли.

**Ключевые слова:** ракетно-космическая техника, прочность, изгиб, растяжение, собственные частоты, композитные материалы, тонкостенное сечение.

*A. S. IVANOV, D. P. REIFSCHNEIDER, E. V. FALKOVA*  
*Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk, Russia*

## **STRESS AND NATURAL FREQUENCIES ANALYSIS FOR RODS WITH VARIOUS CROSS-SECTION CONFIGURATIONS**

Based on the analysis of bending and tensile stresses, as well as the calculation of beam oscillation natural frequencies, the characteristics of circular, ring-shaped, and square cross-sections are compared. It is established that the thin-walled cross-sections (e. g., ring-shaped) reduce structural weight without compromising strength, unlike solid cross-sections with high inertia. The results of this investigation can be applied to the optimization of engineering solutions in the aerospace industry.

**Keywords:** rocket and space technology, strength, bending, tension, natural frequencies, composite materials, thin-walled section.

**Иванов, А. С.** Неравномерность вращения ведомого вала шарнира Гука / А. С. Иванов, Д. П. Рейфшнейдер, Е. В. Фалькова // *Механика. Исследования и инновации.* – 2025. – Вып. 18. – С. 201–203.

*А. С. ИВАНОВ, Д. П. РЕЙФСНЕЙДЕР, Е. В. ФАЛЬКОВА*  
*Сибирский государственный университет науки и технологий*  
*им. академика М. Ф. Решетнева, Красноярск, Россия*

## **НЕРАВНОМЕРНОСТЬ ВРАЩЕНИЯ ВЕДОМОГО ВАЛА ШАРНИРА ГУКА**

Анализируется работа шарнирных соединений, где передача вращения между валами зависит от угла их взаимного расположения и положения ведущей вилки. Показано, что передаточное отношение достигает максимума при совпадении плоскостей вилки и осей валов и минимума – при их перпендикулярности, вызывая неравномерность вращения. Рост угла усиливает эту неравномерность, а при критических значениях передача движения становится невозможной. Результаты подчеркивают важность учета геометрических параметров при проектировании шарнирных систем для предотвращения неустойчивости и поломок.

**Ключевые слова:** шарнирное соединение, направляющие косинусы, передаточное отношение, коэффициент неравномерности.

*A. S. IVANOV, D. P. REIFSCHNEIDER, E. V. FALKOVA*  
*Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk, Russia*

## **ROTATIONAL UNEVENNESS OF A HOOKE'S JOINT DRIVEN SHAFT**

This paper analyzes the operation of articulated joints where the transmission of rotation between the shafts depends on the angle of their relative positions and the position of the drive yoke. It is shown that the gear ratio reaches a maximum when the yoke planes and shaft axes coincide, and a minimum when they are perpendicular, causing rotational unevenness. Increasing the angle intensifies this unevenness, and at critical values, motion transmission becomes impossible. The results highlight the importance of considering geometric parameters when designing articulated systems to prevent instability and failure.

**Keywords:** articulated joint, direction cosines, gear ratio, unevenness coefficient.

**Комнатный, Д. В.** Краткий анализ трактата по теоретической механике «Форономия» Я. Германа / Д. В. Комнатный // Механика. Исследования и инновации. – 2025. – Вып. 18. – С. 204–212.

*Д. В. КОМНАТНЫЙ*

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

### **КРАТКИЙ АНАЛИЗ ТРАКТАТА ПО ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ МЕХАНИКЕ «ФОРОНОМИЯ» Я. ГЕРМАНА**

Выполнены краткое описание и анализ трактата по теоретической механике «Форономия» Якоба Германа. Выявлено влияние этого труда на дальнейшее развитие теоретической механики в трудах Л. Эйлера и Д. Бернулли. Проанализированы поставленные в трактате задачи и полученные результаты, являющиеся вкладом Я. Германа в создание современной теоретической механики. Указаны возможности использования материалов «Форономии» в учебном процессе современных вузов.

**Ключевые слова:** история теоретической механики, принцип Германа – Даламбера, Петербургская академия наук, преподавание теоретической механики.

*D. V. KOMNATNY*

*Sukhoi State Technical University of Gomel, Gomel, Belarus*

### **A BRIEF ANALYSIS OF JAKOB HERMANN'S TREATISE ON THEORETICAL MECHANICS, "PHORONOMIA"**

A brief description and analysis of Jacob Hermann's treatise on theoretical mechanics, "Phoronomia" is implemented. The influence of this work on the subsequent development of theoretical mechanics in the works of L. Euler and D. Bernoulli is revealed. The problems posed in the treatise and the obtained results are analyzed, representing Hermann's contribution to the creation of modern engineering mechanics. The possibilities of using the materials of "Phoronomia" in the educational process at modern universities are discussed.

**Keywords:** history of theoretical mechanics, Hermann – d'Alembert principle, St. Petersburg Academy of Sciences, teaching theoretical mechanics.

**Тюрин, А. А.** К 90-летию профессора Л. А. Сосновского / А. А. Тюрин, В. В. Комиссаров // *Механика. Исследования и инновации.* – 2025. – Вып. 18. – С. 213–219.

*С. А. ТЮРИН<sup>1</sup>, В. В. КОМИССАРОВ<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Гомельский государственный технический университет им. П. О. Сухого, Гомель, Беларусь*

<sup>2</sup>*Белорусский государственный университет транспорта, Гомель, Беларусь*

## **К 90-ЛЕТИЮ ПРОФЕССОРА Л. А. СОСНОВСКОГО**

Статья посвящена жизни и научному наследию выдающегося ученого, профессора Леонида Адамовича Сосновского (1935 г. р.), основателя новой технической науки – трибофатики. Рассматриваются ключевые направления его научной деятельности: разработка методологических основ трибофатики и ее практическое применение в промышленности, создание механотермодинамики как синтеза механики и термодинамики, а также формулировка обобщенной теории эволюции систем, включая системы с элементами разума. Подчеркивается международное признание трибофатики, ее институционализация в виде межведомственной лаборатории и координационного совета, а также значительный экономический эффект от внедрения разработок. Отмечается многогранность личности Л. А. Сосновского – не только ученого, но и поэта, философа и патриота. Статья подготовлена к юбилею ученого и отражает его вклад в развитие науки, техники и образования в Беларуси и за ее пределами.

**Ключевые слова:** Леонид Сосновский, трибофатика, механотермодинамика, обобщенная теория эволюции, научное наследие, практическое применение, Беларусь.

*S. A. TYURIN<sup>1</sup>, V. V. KOMISSAROV<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Sukhoi Gomel State Technical University, Gomel, Belarus*

<sup>2</sup>*Belarusian State University of Transport, Gomel, Belarus*

## **ON THE PROFESSOR L. A. SOSNOVSKY 90<sup>th</sup> ANNIVERSARY**

The article is dedicated to the life and scientific legacy of the outstanding scientist, professor Leonid Adamovich Sosnovsky (born 1935), the founder of a new technical science – tribo-fatigue. The key areas of his scientific work are considered: the development of the methodological foundations of tribo-fatigue and its practical application in the industry, the creation of mechano-thermo-dynamics as a synthesis of mechanics and thermodynamics, and the formulation of a generalized theory of system evolution, including systems with elements of intelligence. The article emphasizes the international recognition of the tribo-fatigue, its institutionalization in the form of an interdepartmental laboratory and coordinating council, and the significant economic impact of implementing his developments. The article also highlights Sosnovsky's multifaceted personality – not only as a scientist but also as the poet, the philosopher, and the patriot. This article was prepared for the scientist's anniversary and reflects his contribution to the development of science, technology, and education in Belarus and abroad.

**Keywords:** Leonid Sosnovsky, tribo-fatigue, mechano-thermo-dynamics, generalized theory of evolution, scientific legacy, practical application, Belarus.