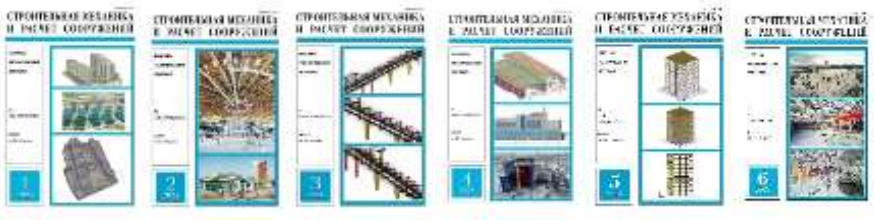
Журнал «Строительная механика и расчет сооружений» 2024 год



N 1 за 2024 год

Динамические расчеты

Dynamic calculations

УДК 539.3:534.1 DOI 10.37538/0039-2383.2024.1.2.9

Е.М. ЗВЕРЯЕВ, д.т.н. ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО НИЦ «Строительство», Российский университет дружбы народов; e-mail: zveriaev@mail.ru

СОБСТВЕННЫЕ ЧАСТОТЫ И ФОРМЫ КОЛЕБАНИЙ ОБОЛОЧЕК ВРАЩЕНИЯ...2

Предлагается метод построения решения задачи о собственных колебаниях оболочек вращения, описанных по поверхностям вращения второго порядка. Исходные уравнения теории оболочек выстроены в последовательности, позволяющей вычислять неизвестные в итерационном процессе. Система из первых двух безмоментных уравнений и первых двух уравнений бесконечно малых изгибаний в предложении, что могут быть построены их обратные операторы, может быть сведена к одному уравнению относительно вектора тангенциальных деформаций. Возможность такого представления обусловлена исследованиями В.З. Власова оболочек вращения, меридианы которых описаны кривыми второго порядка. Показано, что приведенные в известном справочнике по прочности, устойчивости и колебаниям результаты расчета собственных частот колебаний незакрепленных оболочек являются неправильными.

Ключевые слова: оболочка, безмоментные уравнения, бесконечно малые изгибания, метод последовательных приближений, собственные частоты.

UDC 539.3:534.1 DOI 10.37538/0039-2383.2024.1.2.9. **DETERMINATION OF SHELL OF REVOLUTION VIBRATION FREQUENCIES AND MODES**. E.M. Zveryaev, Research Institute of Building Constructions (TSNIISK) named after V.A. Koucherenko JSC Research Center of Construction, Peoples' Friendship University of Russia; e-mail: zveriaev@mail.ru

Abstract. A method is proposed for constructing a solution to the problem of natural oscillations of shells of revolution described by surfaces of rotation of the second order. The initial equations of shell theory are arranged in a sequence that allows one to calculate the unknowns in an iterative process. The system of the first two momentless equations and the first two equations of infinitesimal bending in the proposition that their inverse operators can be constructed, can be reduced to a single equation for the vector of tangential deformations. The possibility of such a representation is due to the research of V.Z. Vlasov shells of revolution, the meridians of which are described by second-order curves. It is shown that the results of calculating the natural frequencies of vibrations of loose shells given in the well-known reference book on strength, stability and vibrations are incorrect.

Key words: shell, momentless equations, infinitesimal bending, method of successive approximations, natural frequencies.

Нелинейные расчеты

Nonlinear calculations

УДК 624.044.3 DOI 10.37538/0039-2383.2024.1.10.19

В.В. МИЩЕНКО АО «Ленгидропроект»; e-mail: MishchenkoVV@lhp.ru

РАСЧЕТ НЕУПРУГОГО УДЛИНЕНИЯ ПРОВОДОВ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ: ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ «ВЫТЯЖКИ» ПРОВОДОВ...10

В действующей нормативной литературе существуют «серые зоны», когда за требованием учета при проектировании известного и подтвержденного практикой явления отсутствует действенная расчетная методика. «Вытяжка» проводов воздушных линий электропередачи – одна из таких зон. В статье сделана попытка обосновать данное явление на основании простых и известных еще в 30-х годах прошлого века фактах, которые оказались отброшены во второй половине XX века в пользу теоретического метода расчета, не получившего должного экспериментального обоснования.

Ключевые слова: воздушная линия электропередачи, механический расчет провода, остаточная деформация.

UDC 624.044.3 DOI 10.37538/0039-2383.2024.1.10.19. **CALCULATION OF INELASTIC EXTENSION OF OVERHEAD POWER LINES WIRES: THEORETICAL JUSTIFICATION OF THE «EXTRACTION» OF WIRES.** V.V. Mishchenko, JSC "Lengidroproekt"; e-mail: MishchenkoVV@lhp.ru.

Abstract. In the current regulatory literature, there are «gray zones» when there is no effective calculation methodology behind the requirement to take into account a well-known and proven phenomenon in the design. The «extraction» of overhead power lines wires is one of such zones. The article attempts to substantiate this phenomenon on the basis of simple facts known back in the 30s of the last century, which were discarded in the second half of the XX century in favor of a theoretical calculation method that did not receive proper experimental justification.

Key words: overhead power line, mechanical wire calculation, residual deformation.

Расчеты на прочность

Strength calculations

УДК 624.072.2 DOI 10.37538/0039-2383.2024.1.20.31

Д.В. КОНДРАШОВ ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство»; e-mail: dkondras@mail.ru

ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ КОМПЛЕКСА «ЯМАЛ СПГ»...20

В статье приведены результаты научно-технического сопровождения строительства комплекса по добыче, подготовке, сжижению газа, отгрузке его и его конденсата, расположенного на Южно-Тамбейском месторождении. В ходе работы выполнены: визуально-инструментальное освидетельствование стальных конструкций технологических модулей и сопутствующих инженерных сооружений; изучение и анализ проектной документации; проверочные расчеты каркасов. Эти работы были проведены с целью оценить напряженно-деформированное и техническое состояние стальных строительных конструкций комплекса и дать рекомендации для дальнейшего развития строительства и безопасной эксплуатации сооружений на месторождении.

Ключевые слова: техническое состояние, освидетельствование, несущие конструкции, каркасы, модули, нагрузки, общая устойчивость, напряжение, прочность, перемещения, прогрессирующее обрушение.

UDC 624.072.2 DOI 10.37538/0039-2383.2024.1.20.31. **ASSESSMENT OF THE TECHNICAL CONDITION OF STEEL STRUCTURES OF THE YAMAL LNG COMPLEX.** D.V. Kondrashov, Research Institute of Building Constructions (TSNIISK) named after V.A. Koucherenko JSC Research Center of Construction; e-mail: dkondras@mail.ru.

Abstract. The article presents the results of scientific and technical support for the construction of a complex for the extraction, preparation, liquefaction of gas, shipment of it and its condensate, located at the Yuzhno-Tambeyskoye field. During the work, the following were performed: visual and instrumental inspection of steel structures of technological modules and related engineering structures; study and analysis of project documentation; verification calculations of frames. These works were carried out in order to assess the stressstrain and technical condition of the steel building structures of the complex and make recommendations for further development of construction and safe operation of structures at the field.

Key words: technical condition, examination, bearing structures, frames, modules, loads, general stability, tension, strength, displacement, progressive collapse.

УДК 69.04 DOI 10.37538/0039-2383.2024.1.32.38

Е.А. ЛАРИОНОВ[2], д.т.н., проф., А.С. МАРКОВИЧ[1,2], к.т.н., доцент, Е.А. ГРИНЬКО[2] [1]НИУ МГСУ, [2]РУДН; e-mail: evgenylarionov39@yandex.ru

РЕЛАКСАЦИЯ НАПРЯЖЕНИЙ В ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТАХ КОНСТРУКЦИЙ..32

В физическом аспекте явление релаксации представляется процессом установления термодинамического равновесия в системе, состоящей из большого числа частиц. С точки зрения физической химии это явление возникает вследствие переориентации внутримолекулярной структуры и межмолекулярных перемещений, проявляя сходность с явлением ползучести. В строительной механике релаксация понимается как снижение напряжения при фиксированной деформации. Расчет длительной безопасности железобетонных конструкций связан с динамикой их напряженного состояния и приводит к задачам релаксации для учета перераспределения напряжений с бетона на арматуру. В работе для их решения предлагается подход, основанный на концепции прочностной структуры конструкционных материалов.

Ключевые слова: релаксация, ползучесть, напряжение, деформация.

UDC 69.04 DOI 10.37538/0039-2383.2024.1.32.38. **STRESS RELAXATION IN REINFORCED CONCRETE STRUCTURE ELEMENTS.** E.A. Larionov[2], A.S. Markovich[1,2], E.A. Grinko[2], [1]National Research Moscow State University of Civil Engineering, [2]Academy of Engineering of RUDN University; e-mail: evgenylarionov39@yandex.ru.

Abstract. In the physical aspect, the relaxation phenomenon is represented by the process of establishing thermodynamic equilibrium in a system consisting of a large number of particles. From the point of view of physical chemistry, this phenomenon arises due to the reorientation of the intramolecular structure and intermolecular movements, showing similarities with the phenomenon of creep. In structural mechanics, relaxation is understood as a reduction in stress at a fixed deformation. The calculation of the long-term safety of reinforced concrete structures is related to the dynamics of their stress state and leads to relaxation problem to account the redistribution of stresses from concrete to reinforcement. In this paper, an approach based on the concept of the strength structure of structural materials is proposed to solve them.

Key words: relaxation, creep, stress, deformation.

УДК 624.13 DOI 10.37538/0039-2383.2024.1.39.44
С.В. БОСАКОВ[1,2], д.т.н., профессор, П.Д. СКАЧОК[1], [1]Белорусский национальный технический университет, [2]Белорусско-Российский университет, Республика Беларусь; E-mail: sevibo@yahoo.com
КОНТАКТНАЯ ЗАДАЧА ДЛЯ НАКЛАДКИ, СЦЕПЛЕННОЙ С УПРУГОЙ ЧЕТВЕРТЬПЛОСКОСТЬЮ...39
В работе рассматривается задача о контакте накладки, прикрепленной к упругой четвертьплоскости, под действием горизонтальной силы. Определяются нормальные и касательные напряжения между накладкой и четвертьплоскостью. Задача решается способом Б.Н. Жемочкина при разбиении области контакта на двадцать участков. Получены результаты для изменения продольной силы в накладке. Показано, что наличие ребра четвертьплоскости вносит возмущения в картину распределения нормальных и касательных напряжений по сравнению с аналогичными результатами для полуплоскости. Отдельно приведены результаты для жесткой накладки. Сделан вывод о необходимости учета изгибающих моментов при расчетах накладок.
Ключевые слова: четвертьплоскость, накладка, контактные напряжения, продольная сила, изгибающий момент.
UDC 624.13 DOI 10.37538/0039-2383.2024.1.39.44. **CONTACT PROBLEM FOR A PAD COUPLED TO AN ELASTIC QUARTER-PLANE.** S.V. Bosakov[1,2], P.D. Skachok[1], [1]Belarusian National Technical University (Minsk), [2]Belarusian-Russian University, The Republic of Belarus; e-mail: sevibo@yahoo.com
Abstract. The paper considers the problem of contact between a pad attached to an elastic quarter-plane under the action of a horizontal force. The normal and shear stresses between the overlay and the quarter plane are determined. The problem is solved by B.N. Zhemochkin's method by dividing the contact area into twenty sections. Results were obtained for changing the longitudinal force in the pad. It is shown that the presence of a quarter-plane edge introduces disturbances into the distribution of normal and tangential stresses in comparison with similar results for a half-plane. The results for the rigid overlay are shown separately. It is concluded that it is necessary to take into account bending moments when calculating linings.
Key words: quarter plane, overlay, contact stresses, longitudinal force, bending moment.

УДК 692.2 DOI 10.37538/0039-2383.2024.1.45.50
Н.С. НОВОЖИЛОВА[1], к.т.н., доцент, Н.М. РУДАКОВ[2], [1]Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, [2]ООО «ПИИ «Парус»; e-mail: nsn01@list.ru
ОСОБЕННОСТИ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ УСИЛЕННОЙ КИРПИЧНОЙ КЛАДКИ МОНОЛИТНЫМ ЖЕЛЕЗОБЕТОНОМ ПРИ МЕСТНОМ КРАЕВОМ СЖАТИИ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИКАХ КЛАДКИ И БЕТОНА...45
В данной статье анализируется напряженное состояние кирпичной кладки, усиленной монолитным железобетоном, при краевом приложении местной сжимающей нагрузки на торец конструкции. Рассматривается влияние различных материалов кирпичной кладки и классов бетона обоймы на несущую способность конструкции с использованием ПК ANSYS. В результате выявлены коэффициенты использования несущей способности кладки при определении несущей способности усиленной конструкции.
Ключевые слова: усиление кирпичных стен, железобетонная обойма, моделирование, местное краевое сжатие, напряженное состояние.
UDC 692.2 DOI 10.37538/0039-2383.2024.1.45.50. **FEATURES OF STRESS STATE OF REINFORCED BRICK MASONRY WITH MONOLITIC REINFORCED CONCRETE WITH LOCAL EDGE COMPRESSION AT DIFFERENT STRENGTH CHARACTERISTICS OF MASONRY AND CONCRETE.** N.S. Novozhilova[1], N.M. Rudakov[2], [1]Saint-Petersburg state university of architecture and civil engineering, [2]LLC "DSI "Parus"; e-mail: nsn01@list.ru
Abstract. This article analyzes the stress state of brickwork reinforced with monolithic reinforced concrete when a local compressive load is applied at the edge to the end of the structure. The influence of various brickwork materials and classes of concrete frame on the load-bearing capacity of the structure is considered using the ANSYS software. As a result, the coefficients for using the load-bearing capacity of masonry when determining the load-bearing capacity of a reinforced structure were identified.
Key words: reinforcement of brick walls, reinforced concrete cage, modeling, local edge compression, stress state.

УДК 624.137.6+624.137.5+624.154.9 DOI 10.37538/0039-2383.2024.1.51.62
А.И. ХАРИЧКИН[1,2], к.т.н., Н.А. АФАНАСЬЕВ[1,2], И.М. ГАЛИМОВ[1,2], к.т.н. [1]НИИОСП им. Н.М. Герсеванова АО «НИЦ Строительство» [2]НИУ МГСУ; e-mail: nik.afanasev.01101998@gmail.com
ПРОЕКТИРОВАНИЕ ГРУНТОВЫХ АНКЕРОВ. УЧЕТ ТОРЦЕВОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ УШИРЕНИЯ ГРУНТОВОГО АНКЕРА ПРИ РАСЧЕТЕ ЕГО НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ПО ГРУНТУ...51
В настоящее время в геотехническом строительстве распространено использование грунтовых анкеров. При проектировании анкерных систем встает вопрос расчета несущей способности грунтового анкера по грунту. На сегодняшний день действующие нормативные документы не имеют четкой методики расчета несущей способности грунтового анкера. В свою очередь, существующие расчетные методики определения несущей способности анкера по грунту (представленные в СП 381.1325800, ВСН 506-88, ТСН-50-302-2004 и др.) не учитывают ряд геометрических параметров и технологических факторов и дают существенно заниженные значения по сравнению с результатами полевых испытаний. Также расчет несущей способности сводится к определению сопротивления анкера выдергиванию только по боковой поверхности цилиндрического тела, не учитывая лобового сопротивления уширения корневой части. В данной статье поднимается вопрос достоверного определения расчетной несущей способности грунтового анкера по грунту с учетом всех геометрических и технологических факторов, а также рассматривается напряженно-деформированное состояние окружающего грунтового массива и механика его разрушения.
Ключевые слова: несущая способность, грунтовый анкер, нагель, противооползневая защита, свая, микросвая, трубчатая винтовая штанга (ТВШ), подпорные сооружения, подпорная стена, проектирование, напряженно-деформированное состояние (НДС), система «сооружение – грунтовый массив».
624.137.6+624.137.5+624.154.9 DOI 10.37538/0039-2383.2024.1.51.62. **GROUND ANCHORS DESIGN. DETERMINATION OF THE ULTIMATE LOAD-HOLDING (BEARING) CAPACITY INCLUDING AN END-BEARING COMPONENT.** A.I. Kharichkin[1,2], N.A. Afanasev[1,2], I.M. Galimov[1,2], 1NIIOSP named after N.M. Gersevanov JSC Research Center of Construction, [2]Moscow State University of Civil Engineering (National Research University); e-mail: nik.afanasev.01101998@gmail.com.
Abstract. Currently, ground grouted anchor systems are widespread in geotechnical construction. One of the stages of anchor system designs is ultimate load-holding (bearing) capacity calculation. To date, a clear methodology for calculation the bearing capacity of a ground anchor is not presented by the current regulatory documents. On the other hand, the existing calculation methods for determining the bearing capacity of the anchor (which are presented in SP 381.1325800, VSN 506-88, TSN-50-302-2004 and others) do not take into account all geometric parameters and technological factors. Therefore, the results of determination bearing capacity are significantly lower than the actual ones. Also, the calculation of the bearing capacity is reduced to determination the lateral surface resistance of the anchor's cylindrical body only. An end-bearing resistance component of the fixed anchor is not taken into account by calculation. This article raises the issue of reliable determination of the ground grouted anchor's calculated bearing capacity, taking into account all geometric and technological factors, and also considers the stress-strain state of soil and the destruction mechanics.
Key words: ultimate load holding capacity, ground anchor, nagel, landslide protection, pile, micro-pile, selfdrilling hollow steel bar, retaining structures, retaining wall, design, stress-strain state, soil-structure system.

В помощь проектировщику
To help the designer
УДК 624.072.2.014 DOI 10.37538/0039-2383.2024.1.63.69
А.С. МАРУТЯН, к.т.н., доцент Пятигорский институт Северо-Кавказского федерального университета; e-mail: al_marut@mail.ru
ОПТИМИЗАЦИЯ ПОЛУПЛОСКООВАЛЬНЫХ ГНУТОСВАРНЫХ ПРОФИЛЕЙ ДЛЯ БАЛОЧНЫХ КОНСТРУКЦИЙ...63
Приведено новое техническое решение полуплоскоовальных гнутосварных профилей, оптимизированное по прочностной характеристике при изгибе, оригинальность которого подтверждена патентной экспертизой. Основой их формообразования послужили прямоугольные профили с отношением размеров ширины и высоты 1/3 по средней линии сечения, что обеспечивает максимальную прочность. В качестве прототипа приняты полуплоскоовальные профили, скомпонованные на базе плоскоовальных с максимальной прочностью за счет отношения размеров ширины и высоты 1/3,064 по средней линии сечения. Представлен расчет оптимальных параметров тонкостенных сечений по приближенной методике с использованием их средних линий, неоднократно апробированной при решении оптимизационных задач для гнутосварных профилей различных форм и очертаний. При сравнительном анализе расчетных параметров выявлен положительный эффект от оптимизированных профилей в ферменных и балочных конструкциях, включающий уменьшение расхода конструкционного материала, снижение концентрации напряжений, сокращение строительной высоты. Обозначена перспективность расширения области их рационального применения с добавлением в нее трубобетонных и сталежелезобетонных конструкций.
Ключевые слова: профильные трубы, гнутосварные профили, оптимизация, расчет оптимальных параметров, решетчатые конструкции, фермы, балки, трубобетонные каркасы.
UDC 624.072.2.014 DOI 10.37538/0039-2383.2024.1.63.69. **OPTIMIZATION OF SEMI-FLAT-OVAL BENT-WELDED PROFILES FOR BEAM STRUCTURES.** A.S. Marutyan, North-Caucasus federal university; e-mail: al_marut@mail.ru
Abstract. A new technical solution for semi-flat bent-welded profiles is presented, optimized for bending strength characteristics, the originality of which has been confirmed by patent examination. Rectangular profiles with a ratio of width and height 1/3 along the middle section line served as the basis for their shaping, which ensures maximum strength. As a prototype, semi-flat profiles are assembled on the basis of flat-oval profiles with maximum strength due to the ratio of width and height 1/3.064 along the middle section line. The calculation of the optimal parameters of thin-walled sections using an approximate technique using their average lines, repeatedly tested in solving optimization problems for bent-welded profiles of various shapes and outlines, is presented. A comparative analysis of the design parameters revealed a positive effect of optimized profiles in truss and girder structures, including a reduction in the consumption of structural material, a decrease in stress concentration, and a reduction in building height. The prospects of expanding the scope of their rational use with the addition of pipe-concrete and steel-reinforced concrete structures are indicated.
Key words: profile pipes, bent-welded profiles, optimization, calculation of optimal parameters, lattice structures, trusses, beams, pipe-concrete frames.

УДК 624.014.9 DOI 10.37538/0039-2383.2024.1.70.77
Д.А. РОМАНЧЕНКО Рязанский институт (филиал ФГАОУ ВО «Московский политехнический университет»); e-mail: 89060627113a@gmail.com
ИЗУЧЕНИЕ ДЕФОРМАЦИЙ В УЗЛОВЫХ СОЕДИНЕНИЯХ ПОЛИМЕРНЫХ СЕТЧАТЫХ ОБОЛОЧЕК ГИПЕРБОЛОИДОВ ВРАЩЕНИЯ...70
Статья посвящена изучению деформаций в узловых соединениях сетчатых оболочек гиперболоидов вращения, исследованию опыта эксплуатации объектов в виде гиперболоидов вращения (на примере башни В.Г. Шухова на Шаболовке в городе Москве), выполненных из полимерных элементов. В рамках лабораторных исследований было проведено моделирование сетчатого гиперболоида вращения из полимерных материалов, изучены деформации такого типа конструкций при нагрузках. Лабораторные исследования проведены с целью изучения физических нагрузок на полимерные элементы, в зависимости от яруса гиперболоида, количества полимерных элементов сетчатой оболочки в диаметре яруса, изучения деформации материала, конструкции гиперболоида в целом. Данные лабораторного эксперимента дают представление о физических особенностях конструкций в виде гиперболоида вращения, представление о возможных изменениях нагрузок в узловых соединениях ярусов башни, в данных типах конструкций, выполненных из полимерных материалов. В статье приведены сформированные результаты исследований по изучению деформаций и изменению нагрузок на узловые крепления в зависимости от яруса конструкции и количества формирующих ярус элементов. Данная статья имеет научную актуальность, дает представление об изменении нагрузки, деформации, сопротивлении элементов конструкции и иных процессах.
Ключевые слова: сетчатые оболочки, гиперболоид вращения, соединения, вертикальные смещения, башни, Шухов, деформация, полимеры.
UDC 624.014.9 DOI 10.37538/0039-2383.2024.1.70.77. **STUDY OF DEFORMATIONS IN NODAL JOINTS OF POLYMER MESH SHELLS OF HYPERBOLOIDS OF ROTATION.** D.A. Romanchenko, Ryazan Institute (branch of the Federal State Educational Institution of Moscow Polytechnic University); e-mail: 89060627113a@gmail.com.
Abstract. The article is devoted to the study of deformations and vertical displacements in the nodal joints of the mesh shells of hyperboloids of rotation, the study of the experience of operating objects in the form of hyperboloids of rotation (using the example of the V.G. Shukhov tower on Shabolovka in Moscow) made of polymer structures. As part of laboratory research, modeling of a mesh hyperboloid of rotation made of polymer materials was carried out, deformations of this type of structures under loads were studied. Laboratory studies were conducted in order to study physical loads on polymer elements, depending on the hyperboloid tier, the number of polymer elements of the mesh shell in the diameter of the tier, the study of material deformation, the construction of the hyperboloid as a whole. The data of the laboratory experiment give an idea of the physical features of structures in the form of a hyperboloid of rotation, an idea of possible load changes in the nodal joints of the tower tiers, in these types of structures made of polymer materials. The article presents the formed results of research on the study of deformations and changes in loads on nodal fasteners depending on the tier of the structure and the number of elements forming the tier. This article has scientific relevance, gives an idea of the change in load, deformation, resistance of structural elements and other processes.
Key words: mesh shells, hyperboloid of rotation, joints, vertical displacements, towers, Shukhov, deformation, polymers.

N 2 за 2024 год

Нелинейные расчеты
Nonlinear calculations

УДК: 69.04 DOI 10.37538/0039-2383.2024.2.2.13
Г.А. СМОЛЯГО[1,2], д.т.н., А.Е. ЖДАНОВ[2], к.т.н., Я.Л. ОБЕРНИХИНА[1], Н.В. ФРОЛОВ[1], к.т.н. [1]БГТУ им.В.Г. Шухова; e-mail: yana.ishuk@yandex.ru, [2]ООО«Строительная экспертиза»
СТАТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ НЕРАЗРЕЗНОЙ БАЛКИ ПЕРЕМЕННОЙ ЖЕСТКОСТИ МЕТОДОМ ЗАДАННЫХ ДЕФОРМАЦИЙ...2
В данной статье представлена методика статического расчета неразрезной двухпролетной балки переменной жесткости, основанная на методе заданных деформаций, при котором в качестве внешнего воздействия используется один из параметров изогнутой оси, например, кривизна в сечении на промежуточной опоре, а решение уравнения изогнутой оси осуществляется относительно величины нагрузки. При решении задач, связанных с физической нелинейностью, потребуется организация итерационного процесса, и использование рассматриваемого метода в сочетании с учетом изменения параметров жесткости сечений на различных этапах работы в дальнейшем позволит организовать устойчивый итерационный процесс, с помощью которого можно решать задачи расчета неразрезных балок на всех стадиях их работы, включая закритические. Кроме этого, предлагаемая методика позволяет учитывать осадки опор балки при определении параметров НДС. На основе представленной методики разработан алгоритм и программа для ЭВМ по статическому расчету неразрезной двухпролетной балки переменной. В качестве воздействующего параметра на балку задается кривизна в сечении на промежуточной опоре. Результатами расчета балки являются величина нагрузки, воспринимаемая балкой, изгибающие моменты, прогибы, кривизны, жесткости в сечениях каждого из пролетов балки. Для апробации разработанной методики был проведен компьютерный расчет неразрезных двухпролетных балок с переменной жесткостью и различными схемами нагружения. Получены аналитические и графические результаты выполненного расчета.
Ключевые слова: неразрезная балка, переменная жесткость, нагрузка, изгибающий момент, прогиб, кривизна.
UDC: 69.04 DOI 10.37538/0039-2383.2024.2.2.13. **STATIC ANALYSIS OF A CONTINUOUS BEAM OF VARIABLE STIFFNESS BY THE METHOD OF GIVEN DEFORMATIONS.** G.A. Smolyago[1,2], A.E. Zhdanov[2], Ya.L. Obernikhina[1], N.V. Frolov[1], [1]Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov,[2] OOO Stroitelnaya ekspertiza; e-mail: yana.ishuk@yandex.ru
Abstract. This article presents a methodology for a static calculation of an uncertain two-span beam of a variable stiffness, based on the method of specified deformations, in which one of the parameters of a curved axis is used as external exposure, for example, curvature in a section on an intermediate support, and the solution of the equated axis is carried out relative to the load size . When solving problems associated with physical non-linearity, the organization of the iteration process is required, and the use of the method under consideration allows you to organize a stable iteration process with which it is possible to solve the problems of calculating uncertain beams at all stages of their work, including crickets. On the basis of the presented methodology, an algorithm and a computer for computers on a static calculation of an uncertain two-span beam variable stiffness have been developed. As the acting parameter, curvature in the section on an intermediate support is set on the beam. The results of calculating the beam are the value of the load perceived by the beam, bending moments, deflection, curvatures, rigidity in the sections in each of the spans of the beam. To test the developed methodology, a computer calculation of unreasonable two-span beams with variable stiffness and various loading schemes was carried out. The analytical and graphic results of the completed calculation are presented.
Keywords: continuous beam, variable stiffness, load, bending moment, deflection, curvature.

УДК: 69.04 DOI 10.37538/0039-2383.2024.2.14.19
П.А. АЛЕКСЕЕВ, В.А. МЕЛЕШКО, к.т.н., доцент, А.В. ТРОФИМОВ, к.т.н., доцент СПбГАСУ; e-mail: p.alekseev00@mail.ru
НЕЛИНЕЙНЫЙ АНАЛИЗ КИРПИЧНЫХ СВОДЧАТЫХ КОНСТРУКЦИЙ ИСТОРИЧЕСКИХ ЗДАНИЙ...14
Сложность в расчете конструкций из кирпичной кладки заключается в учете анизотропных свойств кладки. Данная проблема особо остро ощущается при анализе НДС исторических каменных конструкций при обследовании их технического состояния. В данной статье приводится анализ сводчатого перекрытия особняка, возведенного в первой половине XVIII века. Для численного моделирования кирпичной кладки можно применить билинейную модель материала с изотропным упрочнением. Она является наиболее простой в практическом применении, но в данной модели учитывается только одно предельное сопротивление. Поэтому для расчета каменных конструкций было предложено использовать нелинейную модель материала Ранкина, которая учитывает различное поведение кладки при растяжении и сжатии, в том числе и разупрочнение. В статье представлены результаты численного моделирования кирпичной кладки с разными моделями материалов. Проведено сравнение и оценка прочности конструкции.
Ключевые слова: нелинейный расчет, кирпичный свод, исторические конструкции, численный анализ, образование трещин, модель Ранкина, билинейная диаграмма.
UDC: 69.04 DOI 10.37538/0039-2383.2024.2.14.19. **NONLINEAR ANALYSIS OF BRICK VAULTED STRUCTURES OF HISTORICAL BUILDINGS.** P.A. Alekseev, V.A. Meleshko, A.V. Trofimov, St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering; e-mail: p.alekseev00@mail.ru
Abstract. The difficulty in calculating masonry structures lies in taking into account the anisotropic properties of masonry. This problem is particularly acute when analyzing the VAT of historical stone structures during the examination of their technical condition. This article provides an analysis of the vaulted ceiling of the mansion, built in the first half of the XVIII century. For numerical modeling of brickwork, a bilinear model of the material with isotropic hardening can be applied. It is the simplest in practical application, but only one limiting resistance is taken into account in this model. Therefore, for the calculation of stone structures, it was proposed to use a nonlinear Rankine material model, which takes into account the different behavior of masonry under tension and compression, including softening. The article presents the results of numerical modeling of brickwork with different models of materials. The comparison and evaluation of the structural strength were carried out.
Keywords: nonlinear calculation, brick vault, historical structures, numerical analysis, crack formation, Rankine model, bilinear diagram.

Численные расчеты
Numerical calculations

УДК 691.421:666.72::691:620 DOI 10.37538/0039-2383.2024.2.20.25
В.И. ОБОЗОВ[1], д.т.н., проф., А.Ф. БЕЛЯЕВ[2], ведущий инженер-конструктор [1]ЦНИИСК им.В.А.Кучеренко АО«НИЦ«Строительство»; e-mail: obozov@yandex.ru [2]ООО«Проектное Бюро «Крупный План»; e-mail: ustie2012@gmail.com
К ПРЕДЕЛЬНОМУ РАВНОВЕСИЮ МОНОЛИТНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЛИТ ПЕРЕКРЫТИЙ КАРКАСНЫХ ЗДАНИЙ В АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЯХ, ПРИВОДЯЩИХ К ПРОГРЕССИРУЮЩЕМУ ОБРУШЕНИЮ КОНСТРУКЦИЙ...20
Приведен краткий анализ использования действующих норм в расчетах сопротивляемости каркасных зданий прогрессирующему обрушению конструкций в аварийных ситуациях. Рассмотрены два способа расчета на сопротивляемость прогрессирующему обрушению перекрытий монолитных каркасных зданий при выходе из строя одной из колонн: прямой метод, при котором рассчитывается все здание с измененной расчетной схемой с последующей проверкой прочности конструкций с увеличившимися усилиями, и расчет перекрытия над разрушенной колонной методом предельного равновесия с определением разрушающей перекрытие нагрузки. Показано, что разрушающая перекрытие нагрузка существенно зависит от характера его разрушения. Записано общее уравнение предельного

равновесия перекрытия, включающее не только образование пластических шарниров в плите, но и продавливание плиты расположенной на ней колонной. Возможны три варианта разрушения перекрытия в аварийной ситуации: только от образования в плите пластических шарниров, только при продавливании плиты колонной и при одновременном образовании пластических шарниров и продавливания плиты колонной. Предложен критерий, определяющий вариант разрушения. Приведен пример расчета.

Ключевые слова: каркасные здания, монолитные перекрытия, железобетон, предельное равновесие, разрушение, аварийная ситуация, работа внутренних усилий, работа внешней нагрузки, критерий характера разрушения, пример расчета.

UDC 691.421:666.72::691:620 DOI 10.37538/0039-2383.2024.2.20.25. **TO THE ULTIMATE EQUILIBRIUM OF MONOLITHIC REINFORCED CONCRETE SLABS OF FRAME BUILDINGS IN EMERGENCY SITUATIONS LEADING TO PROGRESSIVE COLLAPSE.** V.I. Obozov[1], A.F. Belyaev[2], [1]Research Institute of Building Construction (TSNIISK) named after V.A. Koucherenko, JSC Research Center of Construction; e-mail: obozov@yandex.ru, [2]LLC KPLN; e-mail: ustie2012@gmail.com

Abstract. A brief analysis of current standards concerning calculations of the resistance to progressive structural collapse of frame buildings in case of an accidental destruction is presented. Two analysis methods concern the resistance to progressive collapse of the slabs of monolithic frame buildings in case of accidental failure of one column are considered: direct method in which the entire building is calculated with a modified analysis scheme followed by checking the strength of structures with increased efforts, and calculating the slab located over the destroyed column by the ultimate equilibrium method with determination the slab destroying load. It is shown that the slab destroying load greatly depends on the model of its destruction. General equation of the ultimate equilibrium of the slab is written down. It includes not only the formation of plastic hinges in the slab, but also taking in account pushing through the slab by the column located on it. There are three possible options for an emergency destruction of the slab: from the formation of plastic hinges in the plate only, the slab pushing through by a column and formation of plastic hinges at the same time and situation when the slab is pushed through by the column. A criterion of the destruction option determination is offered. An example of calculation is given.

Keywords: frame buildings, monolithic slabs, reinforced concrete, ultimate equilibrium, collapse, accidental situation, internal efforts, applied load, criterion of the destruction, example of calculation.

УДК: 624.071.322:531.62 DOI 10.37538/0039-2383.2024.2.26.32
Д.А. ТАРАСОВ, к.т.н. Пензенский государственный университет; e-mail: tda82@list.ru
ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА БУБНОВА - ГАЛЕРКИНА ДЛЯ АНАЛИЗА ПОВЕДЕНИЯ ИЗГИБНО-ЖЕСТКОЙ НИТИ ПРИ ПОПЕРЕЧНОМ УДАРЕ...26

Используя метод Бубнова – Галеркина, решена задача об определении напряженно-деформированного состояния изгибно-жесткой нити, испытывающей поперечный удар телом с заданной массой и скоростью движения. Выполнен сравнительный анализ с данными, полученными другим методом расчета. Установлено незначительное расхождение в предельных значениях критериев, принятых для оценки адекватности результатов.

Ключевые слова: изгибно-жесткая нить, нить конечной жесткости, поперечный удар, динамическое воздействие, напряженно-деформированное состояние, напряжения, деформации.

UDC: 624.071.322:531.62 DOI 10.37538/0039-2383.2024.2.26.32. **APPLICATION OF THE BUBNOV-GALERKIN METHOD TO ANALYZE THE BEHAVIOR OF A FLEXURALLY RIGID THREAD UNDER TRANSVERSE IMPACT.** D.A. Tarasov, Penza State University; e-mail: tda82@list.ru

Abstract. Using the Bubnov – Galerkin method, the problem of determining the stress-strain state of a bending-rigid thread experiencing a transverse impact by a body with a given mass and speed of movement is solved. A comparative analysis was performed with data obtained by another calculation method. A slight discrepancy was found in the limit values of the criteria adopted to assess the adequacy of the results.

Keywords: flexurally rigid thread, thread of finite stiffness, transverse impact, dynamic impact, stress-strain state, stress, deformation.

Динамические расчеты
Dynamic calculations
УДК 624.07 DOI 10.37538/0039-2383.2024.2.33.42
И.И. ИВАНЧЕНКО, д.т.н., профессор Российский университет транспорта (МИИТ); e-mail: ivaii011@mtu-net.ru
К РАСЧЕТУ ПЛИТНЫХ АЭРОДРОМНЫХ ПОКРЫТИЙ ПРИ ИХ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ С ИНЕРЦИОННОЙ НАГРУЗКОЙ ПРИ ДВИЖЕНИИ В РЕЖИМЕ ТОРМОЖЕНИЯ...33

Рассмотрен метод расчета пластин при действии инерционных нагрузок при их движении с переменной скоростью. Решается задача о взаимодействии аэродромного покрытия с авиационной нагрузкой в момент ее движения, в режиме торможения, при приземлении на поверхность в виде протяженной прямоугольной свободно опертой пластины, лежащей на упругом основании. При учете нелинейных контактов колес шасси с пластиной используются кусочно-линейные характеристики контактной жесткости. Вертикальная динамика пространственной модели самолета при пробеге моделируется системой жестких тел с упруговязкими связями. Для построения методики применяются предложенные ранее автором статьи методы: шаговый для решения задач неустановившейся динамики сооружений и метод расчета сооружения на действие инерционной и подвижных силовых нагрузок (метод узловых ускорений).

Ключевые слова: подвижная инерционная нагрузка, пластины на упругом основании, шаговые процедуры, переменная скорость, метод узловых ускорений.

UDC 624.07 DOI 10.37538/0039-2383.2024.2.33.42. **TO THE CALCULATION OF PLATE AIRFIELD COVERINGS IN THEIR INTERACTION WITH THE INERTIAL LOAD WHEN DRIVING IN BRAKING MODE.** I.I. Ivanchenko, Russian University of Transport (MIIT); e-mail: ivaii011@mtu-net.ru

Abstract. The method of calculating plates under the action of inertial loads during their movement with variable velocity is considered. The problem of the interaction of the airfield surface with the aircraft load is solved, at the moment of its movement, in braking mode, when landing on the surface in the form of an extended rectangular freely operable plate lying on an elastic base. When taking into account the nonlinear contacts of the chassis wheels with the plate, piecewise linear characteristics of contact stiffness are used. The vertical dynamics of the spatial model of the aircraft during the run is modeled by a system of rigid bodies with elastic-viscous bonds. To construct the methodology, the methods proposed earlier by the author of the article are used: a step-by-step method for solving problems of the relentless dynamics of structures and a method for calculating structures for the action of inertial and mobile force loads (the method of nodal accelerations).

Keywords: movable inertial load, plates on an elastic base, step procedures, variable velocity, nodal acceleration method.

Нормирование
Standardization
УДК 624.072.2.014 DOI 10.37538/0039-2383.2024.2.43.51
Д.Ю. КОНЯШИН, инж., ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство»; e-mail: dkon10@yandex.ru
ЭКСПЛУАТАЦИЯ СТАЛЬНЫХ ПОКРЫТИЙ УНИКАЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ...43

В настоящее время сотрудниками Лаборатории нормирования, реконструкции и мониторинга уникальных зданий и сооружений Отдела Металлических конструкций ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко готовится к печати стандарт организации СТО 36554501-073-2023 «Техническая эксплуатация стальных конструкций покрытий уникальных зданий и сооружений» в соответствии с Федеральным законом от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации». Настоящий СТО 36554501-073-2023 составлен с учетом требований Федеральных законов: от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании»; от 22 июня 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» и от 30 декабря 2009 г. № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений». СТО 36554501-073-2023 распространяется на стальные конструкции покрытий уникальных, в том числе большепролетных, зданий и сооружений для осуществления технического обслуживания, обеспечивающего безопасное функционирование зданий и сооружений. В стандарте приведено разъяснение понятия «уникальные здания и сооружения»: к ним относятся здания и сооружения с высотой, превышающей 100 м, или с величиной пролета более 100 м, или с вылетом консоли более 20 м, или если заглубление подземной части относительно планировочной отметки земли более чем на 15 м, или сооружения, где используются конструкции и конструктивные схемы с применением нестандартных или специально разработанных методов расчета или требующих проверки на физических моделях, а также спортивно-зрелищные, культовые сооружения, выставочные павильоны, общественные здания, торговые и развлекательные комплексы с расчетным пребыванием внутри более 1000 человек или более 10 000 человек вблизи объекта. В статье представлены материалы, послужившие основанием для создания СТО по эксплуатации стальных конструкций в покрытиях уникальных сооружений.

Ключевые слова: научно-техническое сопровождение, специальные технические условия, мониторинг напряженно-деформированного состояния, обследование, стальные конструкции, покрытия, элементы, узлы.

UDC 624.072.2.014 DOI 10.37538/0039-2383.2024.2.43.51. **OPERATION OF UNIQUE STEEL COATINGS STRUCTURES.** D.Yu. Konyashin, TSNIISK named after V.A. Koucherenko JSC Research Center of Construction; e-mail: dkon10@yandex.ru

Abstract. Currently, employees of the Laboratory for Standardization, Reconstruction and Monitoring of Unique Buildings and Structures of the Department of Metal Structures of the V.A. Kucherenko Central Research Institute are preparing to print the standard of the organization STO 36554501-073-2023 “Technical operation of steel structures for coatings of unique buildings and Structures” in accordance with Federal Law No. 162-FZ dated June 29, 2015 “On Standardization in the Russian Federation Federation”. This SRT 36554501-073-2023 is compiled taking into account the requirements of Federal Laws: dated December 27, 2002 No. 184-FZ “On Technical Regulation”; No. 123-FZ dated June 22, 2008 “Technical Regulations on Fire Safety Requirements” and No. 384-FZ dated December 30, 2009 “Technical Regulations on the Safety of Buildings and Structures”. SRT 36554501-073-2023 applies to steel structures of unique coatings, including including large-span buildings and structures for maintenance, ensuring the safe functioning of buildings and structures. The standard provides an explanation of the concept of “unique buildings and structures”: these include buildings and structures with a height exceeding 100 m, or with a span of more than 100 m, or with a console departure of more than 20 m, or, if the depth of the underground part, relative to the planning mark of the ground, is more than 15 m, or structures where structures and structural schemes are used with the use of non-standard or specially developed calculation methods, or requiring verification on physical models, as well as sports and entertainment, religious buildings, exhibition pavilions, public buildings, shopping and entertainment complexes with an estimated stay of more than 1,000 people inside or more than 10,000 people near the facility. The article presents the materials that served as the basis for the creation of a service station for the operation of steel structures in the coatings of unique structures.

Keywords: scientific and technical support, special technical conditions, stress-strain state monitoring, inspection, steel structures, coatings, elements, assemblies.

Экспериментальные исследования
Experimental studies

УДК 624.13 DOI 10.37538/0039-2383.2024.2.52.62

М.И. ГУКОВА[1], к.т.н., Д.В. КОНДРАШОВ, инж.,[1], М.И. ФАРФЕЛЬ[1,2], к.т.н., доцент [1]ЦНИИСК им.В.А.Кучеренко АО«НИЦ«Строительство» [2]НИУ МГСУ; e-mail: farfelmi@yandex.ru

ОПЫТ УСИЛЕНИЯ КОНСТРУКЦИЙ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ЭКСПЕРТИЗЫ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ДВУХ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ ТРУБОСВАРОЧНОГО ЦЕХА ОАО «ТАГМЕТ»...52

В течение продолжительной работы на металлургическом заводе ОАО «Тагмет» после 1995 г., произошла авария в цеху ТСЦ-3 и дирекция завода озаботилась состоянием других цехов, Центральный научно-исследовательский институт строительных конструкций им. В.А. Кучеренко проводил обследования даже небольших зданий и сооружений, выполнявших серьезные функции в процессе производства завода. Проводилась экспертиза промышленной безопасности с целью выдачи заключений и рекомендаций по ремонту и усилению поврежденных строительных конструкций для возможности их дальнейшей безопасной эксплуатации. В статье приведены результаты обследования зданий двух насосных станций, построенных из смешанных конструкций и обслуживающих трубосварочный цех № 3 завода. Обнаружены недопустимые повреждения конструкций здания и приведен способ усиления этих конструкций, который может служить примером для его использования при аналогичных мероприятиях.

Ключевые слова: стены, перекрытия, стальная конструкция, лестничная клетка, балка, плиты покрытия, ребра жесткости.

UDC 624.13 DOI 10.37538/0039-2383.2024.2.52.62. **THE EXPERIENCE OF STRENGTHENING STRUCTURES BASED ON THE RESULTS OF THE INDUSTRIAL SAFETY EXAMINATION OF TWO PUMPING STATIONS OF THE PIPE WELDING WORKSHOP OF JSC TAGMET.**

M.I. Gukova[1], D.V. Kondrashov[1], M.I. Farfel[1,2], [1]TSNIISK named after V.A.Koucherenko JSC Research Center of Construction, [2]Department of Metal and Wooden Structures of the Moscow State University of Civil Engineering (National Research University); e-mail: farfelmi@yandex.ru

Abstract. During long-term work at the “Tagmet” metallurgical plant after 1995, when there was an accident in the workshop no. 3, and the plant Management took care of the condition of other workshops, the Central Research Institute of Building Structures named after V.A. Koucherenko conducted surveys of even small buildings and structures that performed serious functions in the production process the plant. An industrial safety examination was carried out in order to issue Conclusions and Recommendations on repairing and strengthening damaged building structures for the possibility of further safe operation. The article presents the results of a survey of the buildings of two pumping stations built of mixed structures and serving the pipe welding workshop No. 3 of the plant. Significant damage to the building structures was found and a method of strengthening these structures was given, which can serve as an example for its use in similar events.

Keywords: walls, ceilings, steel structure, stairwell, beam, coating plates, stiffeners.

УДК 624.078.41 DOI 10.37538/0039-2383.2024.2.63.71

Д.В. КОНИН, к.т.н., А.Р. ОЛУРОМБИ, к.т.н., Н.А. ТУВАЕВ, инж., ЦНИИСК им.В.А.Кучеренко АО«НИЦ «Строительство»; e-mail: tuvaev.nikita@mail.ru

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЧЕТЫРЕХСТОРОННИХ УЗЛОВЫХ ПРИМЫКАНИЙ «БАЛКА – КОЛОННА», ВОСПРИНИМАЮЩИХ ДЕЙСТВИЕ ИЗГИБАЮЩЕГО МОМЕНТА В ДВУХ ПЛОСКОСТЯХ...63

В статье рассмотрены четырехсторонние фланцевые узлы примыкания балок к колонне двутаврового сечения. В рассмотренных узлах отсутствуют дополнительные элементы усиления в виде ребер жесткости, обратных фланцев и вутов. Проанализированы численные модели таких «облегченных» фланцевых узлов и представлены результаты экспериментальных исследований. Установлено, что фланцы, примыкающие к стенке колонны, оказывают подкрепляющий эффект, дана оценка деформативности и жесткости четырехсторонних фланцевых соединений, отмечена необходимость учета реальной жесткости таких узлов при расчете каркаса здания.

Ключевые слова: болтовые соединения, четырехсторонние жесткие узлы, фланцевые соединения, несущая способность, деформативность, жесткость.

UDC 624.078.41 DOI 10.37538/0039-2383.2024.2.63.71. **EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF END-PLATE 4-WAY BEAMS TO COLUMN CONNECTION.**

D.V. Konin, A.R. Olurombi, N.A Tuvaev, TSNIISK named after V.A.Koucherenko JSC Research Center of Construction; e-mail: tuvaev.nikita@mail.ru

Abstract. The paper considers the 4-way end-plate I-beams to the I-column connections. Considered joints do not have additional members such as stiffeners and haunches. Numerical models of such «lightweight» end-plate connections are analyzed and the results of experimental studies are presented. It was found that the end-plates adjacent to the column wall have a reinforcing effect, the deformability and stiffness of the 4-way end-plate joints were evaluated, and the need to take into account the real stiffness of such joints in analysis of building frame was noted.

Keywords: bolt connections, 4-way moment connections, end-plate connections, strength, deformability, stiffness.

В помощь проектировщику
To help the designer

УДК 624.012.2 DOI 10.37538/0039-2383.2024.2.72.77

О.И. ПОНОМАРЕВ, к.т.н., А.Ю. ДОЗОРОВА инж., Е.А. ПАВЛОВА, ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство»; e-mail: 1701088@mail.ru

О НЕКОТОРЫХ ОШИБКАХ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ, ОБСЛЕДОВАНИИ И УСИЛЕНИИ КИРПИЧНЫХ ЗДАНИЙ С НЕСУЩИМИ СТЕНАМИ...72

В данной статье приведен анализ некоторых ошибок, которые встречаются при проектировании новых зданий и сооружений, а также при реконструкции существующих объектов. Проведен анализ трех ошибок, включающих неправильную оценку деформативных свойств различных кладочных материалов, неправильное применение метода шлифования при оценке прочности керамического кирпича пластического формования. В статье также указано на необходимость оценки прочности конструкций как на верхних этажах, так и на нижних этажах при проведении перепланировки зданий с демонтажем несущих конструкций.

Ключевые слова: проектирование зданий, обследование зданий, усиление зданий, кирпичная кладка.

UDC 624.012.2 DOI 10.37538/0039-2383.2024.2.72.77. **SOME ERRORS IN THE ENGINEERING, INSPECTION AND REINFORCEMENT OF MASONRY BUILDINGS WITH LOAD-BEARING WALLS.**

O.I. Ponomarev, A.Yu. Dozorova, E.A. Pavlova, Research Institute of Building Constructions named after V.A. Koucherenko JSC Research Center of Construction; e-mail: 1701088@mail.ru

Abstract. This paper analyses some of the errors that are encountered in the design of new buildings and structures, as well as in the renovation of existing facilities. Three errors are analysed, including incorrect assessment of the deformation properties of different masonry materials, incorrect application of the grinding method when assessing the strength of plastic moulded ceramic bricks. The article also points out the need to assess the strength of structures on both upper floors and lower floors when carrying out the redevelopment of buildings with the removal of load-bearing structures.

Keywords: building design, building survey, building reinforcement, masonry.

N 3 за 2024 год

Расчеты на надежность
Reliability calculations

УДК: 69.04 DOI: 10.37538/0039-2383.2024.3.2.12

Е.А. ЛАРИОНОВ, д.т.н., проф., А.С. МАРКОВИЧ, к.т.н., доцент, О.О. АЛЁШИНА, к.т.н. Российский университет дружбы народов им.Патриса Лумумбы; e-mail: evgenylarionov39@yandex.ru

ПРИНЦИП НАЛОЖЕНИЯ ДЕФОРМАЦИЙ В ТЕОРИИ ЖЕЛЕЗОБЕТОНА...2

В работе обосновывается корректность применения принципа наложения деформаций при выводе значимых в теории железобетона уравнений механического состояния бетона в линейной и нелинейной постановках. Этот принцип заключается в суммировании в некоторый момент времени частичных деформаций, отвечающих частичным приращениям неубывающего напряжения в последовательные предыдущие моменты времени. Деформации представляются суммой мгновенных деформаций и запаздывающих деформаций ползучести в момент наложения. Наложение частичных деформаций ползучести реализуется согласно известному в линейной теории ползучести принципу суперпозиции Больцмана: каждое частичное приращение деформации ползучести зависит лишь от величины и длительности порождающего частичного приращения напряжения и не зависит от его остальных приращений. При учете старения постулируемая этим принципом взаимонезависимость частичных приращений деформации ползучести имеет место относительно частичных приращений уровня напряжений. Представление деформации суммой начальной упругой деформации и деформацией ползучести с учитывающей эволюцию модуля упругости мерой приводит к другому виду уравнения состояния, воспринятому как некорректное в некоторых публикациях. Такое восприятие другого вида уравнения состояния вместе с не относящимися к принципу наложения построениями привели этих авторов к заявлению об ошибочности принципа наложения в теории ползучести. В отличие от традиционного подхода материал (бетон, сталь, дерево, пластмасса) рассматривается как объединение фракций (волокон, слоев) со статистически распределенными прочностями. Концепция прочностной структуры позволяет обоснование принципа наложения деформаций в нелинейной постановке. При этом структура нелинейного уравнения состояния оказывается идентичной структуре линейного уравнения. Это обстоятельство существенно в приложениях, например, при решении важных в расчете на долгосрочную безопасность строительных конструкций релаксационных задач.

Ключевые слова: напряжение, наложение деформаций, взаимонезависимость, суперпозиция, уравнение состояния.

UDC: 69.04 DOI: 10.37538/0039-2383.2024.3.2.12. **PRINCIPLE OF THE OVERLAY OF DEFORMATIONS IN THE THEORY OF REINFORCED CONCRETE.**

E.A. Larionov, A.S. Markovich, O.O. Aleshina, Peoples’ Friendship University of Russia; e-mail: evgenylarionov39@yandex.ru.

Abstract. The work substantiates the correctness of applying the principle of the overlay of deformations when deriving equations of the mechanical state of concrete that are significant in the theory of reinforced concrete in linear and nonlinear formulations. This principle consists in the summation at some point in time of partial deformations corresponding to partial increments of non-decreasing stress at successive previous points in time. Strains are represented by the sum of instantaneous strains and delayed creep strains at the moment of application. The superposition of partial creep strains is implemented according to the Boltzmann superposition principle known in the linear theory of creep - each partial increment of creep strain depends only on the magnitude and duration of the generating partial stress increment and does not depend on its other increments. When taking aging into account, postulated by this principle the mutual independence of partial increments of creep strain takes place relative to partial increments of the stress level. Representing the deformation as the sum of the initial elastic deformation and the creep deformation with a measure that takes into account the evolution of the elastic modulus leads to a different type of equation of state, which is perceived as incorrect in some publications. This perception of a different type of equation of state together with constructions, not related to the principle of the overlay of deformations, led these authors to declare that the principle of the overlay of deformations in the theory of creep is erroneous. In contrast to the traditional approach, a material (concrete, steel, wood, plastic) is considered as a combination of fractions (fibers, layers) with statistically distributed strengths. The concept of strength structure makes it possible to substantiate the principle of superimposing deformations in a nonlinear formulation. In this case, the structure of the nonlinear equation of state turns out to be identical to the structure of the linear equation. This circumstance is significant in applications, for example, when solving relaxation problems that are important for the long-term safety of building structures.

Keywords: stress, superposition of deformations, mutual independence, superposition, equation of state.

Нелинейные расчеты
Nonlinear calculations

УДК: 539.374.1. DOI: 10.37538/0039-2383.2024.3.13.30
С.В. БАКУШЕВ, д.т.н., проф. Пензенский государственный университет архитектуры и строительства; e-mail: bakuchsv@mail.ru
УПРУГОПЛАСТИЧЕСКИЙ ИЗГИБ...13

В рамках гипотезы плоских сечений рассматривается построение расчетных формул для определения напряжений и деформаций в поперечных сечениях упругопластического стержня, находящегося в условиях плоского поперечного изгиба. Материал стержня работает в соответствии с билинейной диаграммой растяжения и одинаково сопротивляется как растяжению, так и сжатию. Поперечное сечение стержня, постоянное по его длине, имеет одну вертикальную ось симметрии. Записано условие предельного равновесия упругопластического стержня. Приводятся расчетные формулы для нормальных напряжений на площадках в поперечных сечениях стержня, для касательных напряжений, для нормальных напряжений на горизонтальных площадках при нагружении стержня распределенной нагрузкой. Определяется кривизна изогнутой оси стержня на упругом и упругопластических участках стержня. Приводятся дифференциальные уравнения изогнутой оси стержня на упругом и упругопластических участках стержня. Определяются остаточные нормальные и касательные напряжения после полной разгрузки стержня. Записываются дифференциальные уравнения изогнутой оси стержня после его полной разгрузки. Полученные расчетные соотношения могут найти практическое применение при расчете упругопластического стержня как из условия прочности, так и из условия жесткости.

Ключевые слова: стержень, плоский поперечный изгиб, билинейная диаграмма растяжения, нормальные и касательные напряжения, остаточные напряжения, дифференциальное уравнение изогнутой оси.

UDC: 539.374.1. DOI: 10.37538/0039-2383.2024.3.13.30. **ELASTOPLASTIC BENDING.** S.V. Bakushev, Penza State University of Architecture and Construction; e-mail: bakuchsv@mail.ru.

Abstract. Within the framework of the planar cross-section hypothesis, the construction of calculation formulas for determining stresses and deformations in cross- sections of an elastoplastic member under conditions of planar transverse bending is considered. The rod material works according to a bilinear tensile pattern and resists both tension and compression equally. The cross-section of the member, which is constant along its length, has one vertical spine of symmetry. The condition of ultimate equilibrium of an elastoplastic rod is recorded. Calculation formulas for normal stresses on platforms in the cross-sections of the member, for shear stresses, for normal stresses on horizontal platforms when loading a member with a distributed load are given. curvature of the curved axis of the rod on the elastic and elastoplastic sections of the rod is determined. Differential equations of the curved axis of the rod on the elastic and elastoplastic sections of the rod are given. The residual normal and shear stresses are determined after the member has been completely unloaded. The differential equations of the curved axis of the member after it has been completely unloaded are recorded. The obtained design relations can find practical application in the design of an elastoplastic member from both the strength condition and the stiffness condition..

Keywords: rod, planar transverse bending, biline stretch diagram, normal and shear stresses, residual stresses, differential equation of the curved axis.

Расчеты на прочность
Strength calculations

УДК: 539.3 DOI: 10.37538/0039-2383.2024.3.31.35
С.В. БОСАКОВ[1,2], д.т.н., проф., А.И. МОРДИЧ[3], к.т.н. [1]Белорусский национальный технический университет; e-mail: sevibo@yahoo.com, [2]Белорусско-Российский университет, [3]ООО «БЭСТ инжиниринг»
ОБЩИЙ ПОДХОД К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧИ ИЗГИБА ПРЯМОУГОЛЬНОЙ ПЛАСТИНКИ С ЛЮБЫМИ ГРАНИЧНЫМИ УСЛОВИЯМИ...31

В рассматриваемой работе предложен подход, позволяющий с единых позиций рассчитывать прямоугольные пластинки с любыми непрерывными видами граничных условий. Решение для прогибов пластинки строится в виде произведения двух функций, каждая из которых представляет собственную функцию дифференциального уравнения изгибных колебаний стержня с граничными условиями, соответствующими опиранию прямоугольной пластинки. Задача сводится к бесконечной системе линейных алгебраических уравнений относительно коэффициентов при собственных функциях, которую можно решать способом усечения. Приведены два примера расчета прямоугольных пластинок с жестко защемленной и шарнирно опертой сторонами под действием сосредоточенной силы и с двумя защемленными и двумя шарнирно опертыми сторонами под действием равномерно распределенной нагрузки.

Ключевые слова: прямоугольная пластинка, собственные функции, граничные условия, бесконечная система уравнений, способ усечения.

UDC:539.3. DOI: 10.37538/0039-2383.2024.3.31.35. **GENERAL APPROACH TO SOLVING THE PROBLEM OF BENDING A RECTANGULAR PLATE WITH ANY BOUNDARY CONDITIONS.** S.V. Bosakov[1,2], A.I. Mordich[3], [1]Belarusian National Technical University, [2]Belarusian-Russian University, [3]BEST Engineering LLC; e-mail: sevibo@yahoo.com

Abstract. In the work under consideration, an approach is proposed that makes it possible to calculate rectangular plates with any continuous types of boundary conditions from a unified position. The solution for plate deflections is constructed as a product of two functions, each of which represents its own function of the differential equation of bending vibrations of the rod with boundary conditions corresponding to the support of the rectangular plate. The problem reduces to an infinite system of linear algebraic equations for the coefficients of the eigenfunctions, which can be solved by the truncation method. Two examples of the calculation of rectangular plates with rigidly clamped and hingedly supported sides under the action of a concentrated force and with two clamped and two hingedly supported sides under the action of a uniformly distributed load are given.

Keywords: rectangular plate, eigenfunctions, boundary conditions, infinite system of equations, truncation method.

Нормирование
Standardization

УДК: 69.04 DOI: 10.37538/0039-2383.2024.3.36.50
П.В. ЕРЕМЕЕВ[1, 2], Д.В. ЕРЕМЕЕВ[1,2], В.П. ЕРЕМЕЕВ[1, 3], д.т..н., Г.Н. ШМЕЛЕВ[1], к.т.н. [1]КГАСУ; e-mail: eremeev_dv@inbox.ru, [2]АО «Спецремпроект», [3]ООО «ЛИРМ»
НЕЛИНЕЙНАЯ ДЕФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ СП 63.13330 В СТАДИЙНОЙ ПОСТАНОВКЕ...36

Нормативные документы в области усиления железобетонных конструкций и проектирования сборномонолитных конструкций справедливо предписывают учет начального напряженно-деформированного состояния конструкций до усиления. Расчет допускается производить с применением нормированной нелинейной деформированной модели по СП 63.13330. При этом в явном виде расчет в несколько стадий в ней не предусмотрен. Целью исследования является разработка метода расчета на основе нормированной нелинейной деформационной модели в стадийной постановке с минимальными отличиями от положений СП 63.13330. Для достижения цели поставлены следующие задачи: разработка метода расчета, реализация метода в виде универсальной программы и верификация разработанной программы. В статье представлена универсальная нелинейная деформационная модель в стадийной постановке, позволяющая в рамках одних соотношений выполнять расчеты прочности и трещиностойкости сечений конструкций при неограниченном числе стадий работы с учетом усиления, преднапряжения, начальных напряжений и циклического нагружения (разгрузки и повторного нагружения). Метод реализован в виде программы на языке программирования Python и верифицирован на натурном и численном (метод конечных элементов) экспериментах. Если принять начальные напряжения и деформации нулевыми и вести расчет в одну стадию, то предлагаемая модель сводится к модели СП 63.13330. По этой причине изменение норм по предлагаемому методу не окажет влияния на нынешние алгоритмы расчета конструкций в одну стадию, однако значительно увеличит область применения модели для расчета сборно-монолитных, сталежелезобетонных и усиливаемых конструкций. Кроме того, повысится точность расчетов преднапряженных конструкций, появится возможность расчетов циклического нагружения сечения.

Ключевые слова: усиление под нагрузкой, нелинейная деформационная модель, стадийный расчет, несущая способность, метод конечных элементов, метод переменных параметров упругости.

UDC: 69.04 DOI: 10.37538/0039-2383.2024.3.36.50. **NONLINEAR DEFORMATION MODEL ACCORDING TO RULES 63.13330 IN A STAGED FORMULATION.** P.V. Eremeev[1, 2], D.V. Eremeev[1, 2], V.P. Eremeev[1, 3], G.N. Shmelev[1], [1]Kazan State University of Architecture and Engineering, [2]JSC Spetsremproekt, [3]LLC LIRM; e-mail: eremeev_dv@inbox.ru

Abstract. Normative documents in the field of reinforcement of reinforced concrete structures and the design of prefabricated monolithic structures fairly prescribe consideration of the initial stressstrain state of structures before reinforcement. The calculation can be performed using a normalized nonlinear deformed model according to SP 63.13330. At the same time, it does not explicitly provide for a calculation in several stages. The aim of the study is to develop a calculation method based on a normalized nonlinear deformation model in a staged formulation with minimal differences from the provisions of SP 63.13330. To achieve the goal, the following tasks are set: development of a calculation method, implementation of the method in the form of a universal program and verification of the developed program. The article presents a universal nonlinear deformation model in a staged formulation, which allows, within the framework of certain ratios, to calculate the strength and crack resistance of structural sections at an unlimited number of work stages, taking into account reinforcement, prestressing, initial stresses and cyclic loading (unloading and reloading). The method is implemented as a program in the Python programming language and verified on full-scale and numerical (finite element method) experiments. If we assume the initial stresses and deformations to be zero and calculate in one stage, then the proposed model is reduced to the SP 63.13330 model. For this reason, changing the norms according to the proposed method will not affect the current algorithms for calculating structures in one stage, however, it will significantly increase the scope of the model for calculating prefabricated monolithic, steel-reinforced concrete and reinforced structures. In addition, the accuracy of calculations of prestressed structures will increase, and it will be possible to calculate the cyclic loading of the section.

Keywords: reinforcement under load, nonlinear deformation model, stage calculation, load-bearing capacity, finite element method, method of variable elastic parameters.

Экспериментальные исследования
Experimental studies

УДК: 624.012.1/.2 DOI: 10.37538/0039-2383.2024.3.51.55
О.И. ПОНОМАРЕВ[1], к.т.н., Д.А. МОЗГУНОВ[1], М.А. МУХИН[1, 2], А.В. ЛЕСОВОЙ[3], А.В. МОЗЖУХИН[3] [1]ЦНИИСК им.В.А.Кучеренко АО«НИЦ«Строительство»; e-mail: 1701088@mail.ru, [2]НИУ МГСУ, [3]ООО «РиК»
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТИ И ДЕФОРМАТИВНОСТИ КЛАДКИ ИЗ КРУПНЫХ ЯЧЕИСТОБЕТОННЫХ БЛОКОВ С ЗАПОЛНЕНИЕМ ШВОВ ПОЛИМЕРНОЙ КЛЕЙ-ПАСТОЙ...51

В материале статьи рассматриваются прочностные характеристики кладки с заполнением вертикальных и горизонтальных швов полимерной клей-пастой. Проведенный в данной работе анализ отечественных и зарубежных публикаций и источников, в том числе результатов ранее выполненных экспериментов и натурных исследований, показал необходимость проведения дополнительных исследований кладок на тонких швах, в том числе с применением новых материалов отечественного производства. Основной целью исследований является определение физико-механических и деформационных показателей кладок из крупных изделий с заполнением швов новыми современными видами материалов, выпуск которых освоен на отечественных заводах. Проведение исследований физико-механических и деформационных показателей кладки на тонких швах с заполнением из полимерной клей-пасты имеет важное значение для корректного определения расчетных характеристик таких кладок. Сложившаяся проблема требует проведения комплексных исследований прочностных характеристик кладки на тонких швах, в том числе с учетом адгезии.
Ключевые слова: кладка, испытания, крупное кладочное изделие, бетонные кладочные изделия, предел прочности при сжатии, прочность.
UDC: 624.012.1/.2 DOI: 10.37538/0039-2383.2024.3.51.55. **INVESTIGATION OF THE STRENGTH AND DEFORMABILITY OF MASONRY MADE OF LARGE CELLULAR CONCRETE BLOCKS WITH FILLING SEAMS WITH POLYMER ADHESIVE PASTE.** O.I.Ponomarev[1], D.A.Mozgunov[1], M.A.Mukhin[1, 2], A.V.Lesovoy[3], A.V.Mozzhukhin[3], [1]JSC Research center of Construction, [2]Moscow State University of Civil Engineering , [3]LLC Rick; e-mail: 1701088@mail.ru
Abstract. The article discusses the strength characteristics of masonry with filling vertical and horizontal seams with polymer adhesive paste. The analysis of domestic and foreign publications and sources carried out in this work, including the results of previously performed experiments and field studies, showed the need for additional studies of masonry on thin seams, including using new materials of domestic production. The main purpose of the research is to determine the physical, mechanical and deformation parameters of masonry made of large products with filling seams with new, modern types of materials, the production of which has been mastered at domestic factories. Conducting studies of the physical and mechanical and deformation parameters of masonry on thin seams filled with polymer adhesive paste is important for the correct determination of the design characteristics of such masonry.
The current problem requires comprehensive studies of the strength characteristics of masonry on thin seams, including taking into account adhesion.
Keywords: masonry, tests, large masonry products, concrete masonry products, compressive strength, strength.

В помощь проектировщику
To help the designer

УДК: 624.042.7 DOI: 10.37538/0039-2383.2024.3.56.62
А.С. КОРНИЛОВА НИУ МГСУ; e-mail: zkstasy@gmail.com
СРАВНЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРЯМОГО ДИНАМИЧЕСКОГО И ЛИНЕЙНО-СПЕКТРАЛЬНОГО МЕТОДОВ В РАСЧЕТЕ ЗАЩИЩЕННОГО ПУНКТА УПРАВЛЕНИЯ НА СЕЙСМИЧЕСКОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ УРОВНЯ МРЗ...54
В рамках данного исследования проведен сопоставительный анализ результатов расчетов здания защищенного пункта управления на сейсмическое воздействие уровня МРЗ с применением прямого динамического и линейно-спектрального методов. Цель данного исследования заключается в сравнительном анализе результатов расчетов сейсмической устойчивости здания ЗПУ на основе прямого динамического метода и линейно-спектрального метода. Прямой динамический метод предполагает проведение расчетов с учетом динамической нагрузки, включая все возможные динамические явления, которые могут возникнуть при сейсмическом воздействии. Линейно-спектральный метод, в свою очередь, основан на принципе замены участков здания эквивалентными одномерными системами, что позволяет упростить расчеты и сделать их более эффективными. На основе проведенного исследования можно сделать вывод о том, что здание защищенного пункта управления является надежным в условиях сейсмического воздействия на уровне МРЗ. Однако для повышения его устойчивости рекомендуется провести дополнительные мероприятия по усилению отдельных элементов конструкции. В работе представлены конкретные расчеты для фундаментной плиты здания защищенного пункта управления. Результаты показали, что прямой динамический метод дает более точные результаты, позволяя учесть все динамические особенности здания и его поведение в условиях сейсмической активности. Линейно-спектральный метод также показал свою эффективность, предоставляя быструю оценку устойчивости здания на основе спектра ускорений земли. Полученные результаты подтверждают актуальность и значимость исследования в области проектирования зданий в условиях сейсмической активности. Дальнейшие исследования в данной области позволят улучшить методы расчетов и повысить надежность зданий при сейсмических воздействиях.
Ключевые слова: защищенный пункт управления, сейсмическое воздействие, уровень МРЗ, прямой динамический метод, линейно-спектральный метод, сравнительный анализ.
UDC: 624.042.7 DOI: 10.37538/0039-2383.2024.3.56.62. **COMPARISON OF THE EFFECTIVENESS OF DIRECT DYNAMIC AND LINEAR SPECTRAL METHODS IN CALCULATING A PROTECTED CONTROL POINT ON THE SEISMIC IMPACT OF THE MSE LEVEL.** A.S. Kornilova, Moscow State University of Civil Engineering (National Research University); e-mail:zkstasy@gmail.com
Abstract. As part of the study, a comparative analysis of the results of calculations of the building of a protected control center on the seismic impact of the MSE level was carried out. Two methods were used for the analysis: direct dynamic and linear spectral. The work presented specific calculations for the building of a protected control center. The results showed that the direct dynamic method gives more accurate results, allowing to take into account all the dynamic features of the building and its behavior under seismic conditions. The linear spectral method has also been shown to be effective in providing a quick assessment of the stability of a building based on the spectrum of ground accelerations.
Keywords: protected control point, seismic impact, MSE level, direct dynamic method, linear-spectral method, comparative analysis.

УДК: 624.072.2.014 DOI: 10.37538/0039-2383.2024.3.63.72
А.Н. ВОРОЖБИТОВ[1], А.Е. КУЩЕНКО[1], А.В. ЛЮБАРЦЕВ[1], П.В. КОРСАКОВ[1], М.И. ФАРФЕЛЬ[2,3], к.т.н. [1]ООО «Метрополис», [2]ЦНИИСК им.В.А.Кучеренко АО«НИЦ«Строительство», [3]НИУ МГСУ; e-mail: farfelmi@yandex.ru
ВАРИАНТЫ РЕКОНСТРУКЦИИ БОЛЬШОЙ СПОРТИВНОЙ АРЕНЫ СТАДИОНА «ЛУЖНИКИ» К КУБКУ МИРА ПО ФУТБОЛУ В 2018 ГОДУ...63
В статье приведены результаты сравнения вариантов выбора вида консольной части, которая дополнительно монтируется для увеличения площади покрытия, что необходимо из-за строгих требований Международной федерации футбола (FIFA) для возможности проведения на стадионе матчей открытия и финала Кубка мира по футболу. По результатам сравнения вариантов выбран тип консольной части и материал кровли, приведен процесс определения снеговых нагрузок, полученных с помощью продувки модели каркаса в аэродинамической трубе. В работе приведены основные результаты расчета, а также первые значения собственных форм и частот колебаний. Покрытие было реконструировано к Кубку мира по футболу – 2018 в России, что позволило успешно провести матчи открытия и финала чемпионата и увеличить престиж нашей страны в мире.
Ключевые слова: конструкции покрытия, консольная часть покрытия связи, вылет, фермы, балки, расчет, несущая способность, продольные и поперечные усилия, изгибающий момент, коэффициент условия работы.
UDC: 624.072.2.014 DOI: 10.37538/0039-2383.2024.3.63.72. **RECONSTRUCTION OPTIONS FOR THE LARGE SPORTS ARENA OF THE LUZHNIKI STADIUM FOR THE 2018 FIFA WORLD CUP.** A.N. Vorozhbitov[1], A.E. Kushchenko[1], A.V. Lyubartsev[1], P.V. Korsakov[1], M.I. Farfel[2,3], [1]METROPOLIS LLC, [2]TSNIISK named after V.A. Koucherenko JSC Research Center of Construction, [3]Moscow State University of Civil Engineering; e-mail: farfelmi@yandex.ru.
Abstract. The article presents the results of comparing the options for choosing the type of console part, which is additionally mounted to increase the coverage area, which is necessary to meet the strict requirements of the International Football Federation (FIFA) for the possibility of holding the opening and final matches of the FIFA World Cup at the stadium. Based on the results of comparing the options, the type of cantilever part and the roof material were selected, the process of determining snow loads obtained by blowing the frame model in a wind tunnel is presented. The paper presents the main results of the calculation, as well as the first values of the natural shapes and frequencies of vibrations. The surface was reconstructed for the 2018 FIFA World Cup in Russia, which made it possible to successfully host the opening and final matches of the championship and increase the prestige of our country in the world.
Keywords: coating structures, cantilever part of the connection coating, overhang, trusses, beams, calculation, bearing capacity, longitudinal and transverse forces, bending moment, coefficient of working conditions.

УДК: 624.072.2.014 DOI: 10.37538/0039-2383.2024.3.73.81
А.С. МАРУТЯН, к.т.н., доцент Пятигорский институт Северо-Кавказского федерального университета; e-mail: al_marut@mail.ru
ОПТИМИЗАЦИЯ ПЕРЕПРОФИЛИРОВАНИЯ ВОСЬМИУГОЛЬНЫХ ТРУБ ИЗ КРУГЛЫХ ДЛЯ БАЛОЧНЫХ КОНСТРУКЦИЙ...73
Представлен новый способ перепрофилирования круглых труб в восьмиугольные с отношением габаритов ширины и высоты 1/3,018 по средней линии расчетного сечения, что максимально повышает их несущую способность силового сопротивления изгибу. Его оригинальность подтверждена патентной экспертизой. Приведен расчет оптимальных параметров тонкостенных сечений восьмиугольной формы по приближенной методике, протестированной с использованием профилей из стандартного сортамента. Показана вся диаграмма изменений расчетных параметров восьмиугольных труб при трансформации их поперечных сечений от вертикальных конфигураций к горизонтальным, включая переход через модификацию с равными габаритами ширины и высоты, очертания которой имеют форму равностороннего (правильного) восьмиугольника. Выявлена востребованность восьмиугольных профильных труб не только в металлических, но и в трубобетонных конструкциях. Выполнен сравнительный анализ расчетных параметров оптимизированных сечений профильных труб, перепрофилированных из круглых в овальные, плоскоовальные, полуплоскоовальные, прямоугольные, восьмиугольные. Оптимизированные трубчатые профили с повышенной прочностью на изгиб можно отнести к балочным модификациям.
Ключевые слова: перепрофилирование круглых труб, трубчатые профили, профильные трубы, замкнутые гнутосварные профили, овал, плоскоовал, полуплоскоовал, прямоугольник, восьмиугольник, оптимизация сечений, расчет оптимальных параметров, балочные конструкции, трубобетон.
UDC: 624.072.2.014 DOI: 10.37538/0039-2383.2024.3.73.81. **OPTIMIZATION OF THE CONVERSION OF OCTAGONAL PIPES FROM ROUND PIPES FOR GIRDER STRUCTURES.** A.S. Marutyan, North-Caucasus federal university, e-mail: al_marut@mail.ru
Abstract. A new method for converting round pipes into octagonal ones with a ratio of width and height 1/3.018 along the median line of the design section is presented, which maximizes their bearing capacity of bending strength. Its originality has been confirmed by patent examination. The calculation of the optimal parameters of thin-walled octagonal sections is given according to an approximate method tested using profiles from a standard assortment. The entire diagram of changes in the design parameters of octagonal pipes during the transformation of their cross sections from vertical to horizontal configurations is shown, including the transition through a modification with equal dimensions of width and height, the outlines of which have the shape of an equilateral (regular) octagon. The demand for octagonal profile pipes is revealed not only in metal, but also in pipe-concrete structures. A comparative analysis of the design parameters of optimized sections of profile pipes, repurposed from round to oval, flat-oval, semi-flat, rectangular, octagonal, has been performed. Optimized tubular profiles with increased bending strength can be attributed to beam modifications.
Keywords: reprofiling of round pipes, tubular profiles, profile pipes, closed bent-welded profiles, oval, flat, halfflat, rectangle, octagon, optimization of sections, calculation of optimal parameters, girder structures, pipe concrete.

N 4 за 2024 год

Расчеты на прочность

Strength calculations

УДК 624.04’074.4:539.41:513.73 DOI: 10.37538/0039-2383.2024.4.2.10

С.Н. КРИВОШАПКО, д.т.н., Российский университет дружбы народов, г. Москва; e-mail: sn_krivoshapko@mail.ru

АНАЛИЗ ФОРМ СРЕДИННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ОБОЛОЧЕК С КАРКАСОМ ИЗ ТРЕХ СУПЕРЭЛЛИПСОВ В ГЛАВНЫХ КООРДИНАТНЫХ ПЛОСКОСТЯХ...2

Проектировщики довольно часто применяют для аппроксимации реальных изделий и тел поверхности свободных форм, содержащие заданный заранее главный каркас из нескольких плоских или пространственных кривых. Особое место в техническом проектировании занимают алгебраические поверхности с заданным каркасом из трех плоских кривых, лежащих в главных координатных плоскостях. В качестве трех плоских кривых главного каркаса часто берут суперэллипсы, что позволяет задать и описать тремя алгебраическими уравнениями целый массив троек поверхностей плоскопараллельного переноса суперэллипсов переменной кривизны веларoидального типа. Принимая за образующую кривую переменной кривизны поочередно каждый из трех суперэллипсов каркаса, получают три разные поверхности с одинаковым главным каркасом. Впервые выяснено, что при выбранных показателях степеней в уравнениях суперэллипсов главного каркаса можно построить только одну или две поверхности вместо трех при определенных геометрических условиях. Показано, что в состав тройки поверхностей при определенных условиях могут входить поверхности отрицательной, нулевой и положительной гауссовой кривизны, в частности цилиндроиды, сферы, конусы, цилиндры и поверхности вращения.

Ключевые слова: суперэллипс, главный каркас поверхности, алгебраическая поверхность, плоскопараллельный перенос кривой, цилиндроид, конус, судовая поверхность, строительная оболочка.

UDC 624.04’074.4:539.41:513.73 DOI: 10.37538/0039-2383.2024.4.2.10. **ANALYSIS OF THE SURFACE FORMS WITH A FRAMEWORK FROM THREE SUPERELLIPSES IN THE MAIN COORDINATE PLANES.** S.N. Krivoshapko, the Engineering Academy of the Peoples' Friendship University of Russia; e-mail: sn_krivoshapko@mail.ru

Abstract. Designers used rather often free form surfaces for the approximation of real products and bodies. These free form surfaces contain a given in advance main framework from several plane or space curves. Algebraical surfaces with given in advance main framework from three plane curves lying in the main coordinate planes are concerned with the particular place in technical design. A whole file of threes of surfaces of plane-and-parallel translation of superel-lipses of variable curvature of velaroidal type can be defined and described by the three algebraical equations if superellipses are taken as three plane curves of the main framework. Taking every of three superellipses by turns as a generatrix curve of variable curvature, one can design three different surfaces with the same main framework. First, it was elucidated that only one or two surfaces instead of three surfaces under appointed geometrical conditions one can construct for chosen exponents of powers in the formulae of superellipses of the main framework. It was shown that a three of surfaces contains surfaces of negative, zero, and positive gaussian curvatures in some appointed conditions, in particular, cylindroids, spheres, cones, cylinders, and surfaces of revolution.

Keywords: superellipse, main framework of the surface, algebraical surface, plane-and parallel translation of a curve, cylindroid, ship surface, building surface.

Численные расчеты

Numerical calculations

УДК: 539.3 DOI: 10.37538/0039-2383.2024.3.31.35

А.В. ИГНАТЬЕВ, д.т.н., доцент, И.С. ЗАВЬЯЛОВ, М.И. БОЧКОВ, к.т.н., Волгоградский государственный технический университет; e-mail: is_zavyalov@mail.ru

РАСЧЕТ ИЗГИБАЕМЫХ ПЛАСТИН, ИМЕЮЩИХ ОТВЕРСТИЯ, С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОЛИНОМИАЛЬНОЙ ИНТЕРПОЛЯЦИИ ОСНОВНЫХ СМЕШАННЫХ НЕИЗВЕСТНЫХ...11

Рассматриваются методы решения СЛАУ высоких порядков, получаемых при расчете моделей современных зданий и сооружений с помощью расчетных комплексов, реализующих метод конечных элементов. Впервые предложен алгоритм построения редуцированной системы конечноэлементных уравнений МКЭ, основанный на полиномиальной интерполяции основных смешанных неизвестных, в форме классического смешанного метода. Разработанный алгоритм применен к расчету шарнирно опертой по контуру пластины с квадратным отверстием размером ½ от ее габаритных размеров. Произведено сравнение результатов расчета по данному алгоритму с результатами, полученными по МКЭ в форме классического смешанного метода без редуцирования СЛАУ, и с результатами, полученными с помощью ПК «Лира САПР». Сделан вывод о возможности внедрения данного алгоритма в программные продукты, реализующие МКЭ в форме КСМ.

Ключевые слова: МКЭ в форме классического смешанного метода, изгибаемая тонкая пластина, СЛАУ высоких порядков, редукционный метод, алгоритм построения редуцированной системы уравнений, полиномиальная интерполяция.

UDC 539.3 DOI: 10.37538/0039-2383.2024.3.31.35. **CALCULATION OF BENT PLATES WITH HOLES USING POLYNOMIAL INTERPOLATION OF BASIC MIXED UNKNOWNS.** A.V. Ignatyev, I.S. Zavyalov, M.I. Bochkov, Volgograd State Technical University; e-mail: is_zavyalov@mail.ru

Abstract. The methods for solving high-order systems of linear algebraic equations (SLAE) obtained during the analysis of modern buildings and structures using finite element method (FEM) computational complexes are discussed. For the first time, an algorithm is proposed for constructing a reduced system of finite element equations in the form of a classical mixed method, based on polynomial interpolation of the primary unknowns. This developed algorithm is applied to calculate the stress and deformation of a plate hinged along the contour with a square hole measuring ½ of its overall dimensions. A comparison is made between the results obtained using this algorithm, those obtained using FEM in the form of the classical mixed method without SLAE reduction, and those obtained using the LIRA CAD software package. The conclusion is drawn regarding the potential integration of this algorithm into software products implementing FEM in the form of a classical mixed method.

Keywords: FEM in the form of a classical mixed method, a flexible thin plate, a high-order SLAE, a reduction method, an algorithm for constructing a reduced system of equations, polynomial interpolation.

УДК 624.074.43:69.036:692.44/.47:692.45 DOI: 10.37538/0039-2383.2024.4.20.29

О.О. АЛЁШИНА, к.т.н., В.Н. ИВАНОВ, д.т.н., Ж. ЧЖАН, М.Х.А. НАШЕР, Я. ХАСАН, Российский университет дружбы народов; e-mail: xiaofeng@yandex.ru

ВОЗМОЖНОСТЬ ПРОЕКТИРОВАНИЯ КОНСТРУКЦИИ ХАЙНЦА ИСЛЕРА В ФОРМЕ ЭПИТРОХОИДАЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТИ...20

В статье рассматривается одна из конструкций известного инженера Хайнца Ислера в Дейтингене в Швейцарии, построенной в 1968 году. Учитывая уникальный способ образования формы поверхности покрытия станции автосервиса в Дейтингене и столь долгий срок эксплуатации данной железобетонной конструкции, в статье исследуется возможность проектирования этого сооружения в виде аналитической поверхности в форме эпитрохоидальной оболочки. При сравнении полученных числовых результатов напряженно-деформированного состояния можно говорить о более оптимальной работе эпитрохоидальной оболочки в качестве покрытия для рассматриваемой конструкции с точки зрения условий прочности. В статье показаны возможности программных комплексов SCAD и Midas для решения поставленной задачи.

Ключевые слова: формообразование поверхности, уравнение поверхности, Хайнц Ислер, эпитрохоидальная оболочка, метод конечных элементов.

UDC 624.074.43:69.036:692.44/.47:692.45 DOI: 10.37538/0039-2383.2024.4.20.29. **THE POSSIBILITY OF DESIGNING A HEINZ ISLER STRUCTURE IN THE SHAPE OF AN EPITROCHOIDAL SURFACE.** O.O. Aleshina, V.N. Ivanov, R. Zhang, M.H.A. Nasher, Y. Hasan, Peoples’ Friendship University of Russia (RUDN University); e-mail: xiaofeng@yandex.ru

Abstract. The article considers one of the structures of the famous engineer Heinz Isler in Deutingen in Switzerland, built in 1968. Considering the unique way of forming the shape of the surface of the car service station in Deutingen and such a long service life of this reinforced concrete structure, the article investigates the possibility of designing this structure in the form of an analytical surface in the form of an epitrochoidal surface. When comparing the numerical results of the stress-strain state, it is possible to suggest a more optimal performance of the epitrochoidal shell as a coating for the structure in question in terms of strength conditions. The article shows the possibilities of the SCAD and Midas software complexes for solving this task.

Keywords: surface shaping, equation of the surface, Heinz Isler, epitrochoidal shell, the finite element method.

Динамические расчеты

Dynamic calculations

УДК 624.07 DOI: 10.37538/0039-2383.2024.4.30.40

И.И. ИВАНЧЕНКО, д.т.н., профессор, Российский университет транспорта (МИИТ); e-mail: ivaii011@mtu-net.ru

МЕТОД РАСЧЕТА ПЛИТНЫХ АЭРОДРОМНЫХ ПОКРЫТИЙ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ИНЕРЦИОННОЙ НАГРУЗКИ ПРИ ЕЕ ТОРМОЖЕНИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ АЭРОФИНИШЕРА...30

Предлагается метод расчета пластин при действии силовых и инерционных нагрузок при их движении с переменным ускорением. Рассмотрена задача о взаимодействии авиационной нагрузки в момент ее движения в режиме торможения при использовании аэрофинишера с покрытием в виде прямоугольной пластины удлиненных размеров на упругом основании. Учитываются нелинейные контакты колес шасси при использовании кусочно-линейных характеристик контактной жесткости. Вертикальная динамика пространственной модели самолета при пробеге моделируется системой жестких тел с упруго-вязкими связями. Для построения методики используются предложенные ранее автором статьи шаговый метод для решения задач неустановившейся динамики сооружений и метод расчета сооружения на действие подвижных силовых и инерционных нагрузок (метод узловых ускорений).

Ключевые слова: переменное ускорение, шаговые процедуры, пластина, подвижная инерционная нагрузка, аэрофинишер.

UDC 624.07 DOI: 10.37538/0039-2383.2024.4.30.40. **A METHOD FOR CALCULATING PLATE AIRFIELD COVERINGS UNDER THE ACTION OF AN INERTIAL LOAD DURING ITS BRAKING USING AN AERIAL FINISHER.** I.I. Ivanchenko, Russian University of Transport (MIIT); e-mail: ivaii011@mtu-net.ru

Abstract. A method for calculating plates under the action of force and inertial loads during their movement with variable acceleration is proposed. The problem of the interaction of an aircraft load, at the moment of its movement in braking mode when using an aerial finisher, with a coating in the form of a rectangular plate of elongated dimensions on an elastic base is considered. Nonlinear contacts of the chassis wheels are taken into account when using piecewise linear characteristics of contact stiffness. The vertical dynamics of the spatial model of the aircraft during the run is modeled by a system of rigid bodies with elastic-viscous bonds. To construct the methodology, the step method proposed earlier by the author of the article is used to solve problems of unsteady dynamics of structures and the method of calculating structures for the action of mobile force and inertial loads (the method of nodal accelerations).

Keywords: variable acceleration, step procedures, plate, movable inertial load, aerial finisher.

УДК 624.074.433 DOI: 10.37538/0039-2383.2024.4.41.48
А.В. ДМИТРИЕВ, к.т.н., В.Г. СОКОЛОВ, д.т..н., доцент, Тюменский индустриальный университет; e-mail: dmitrievav@tyuiu.ru
СРАВНЕНИЕ АНАЛИТИЧЕСКОГО ПОДХОДА С МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ЧАСТОТ СОБСТВЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ОБОЛОЧКИ...41

В статье представлены результаты сравнения частот собственных колебаний для цилиндрических оболочек, помещенных в грунтовую среду, полученных при помощи аналитического метода и метода конечных элементов в ПК Lira. При определении частот в ПК Lira установлено, что в данном программном комплексе отсутствует возможность правильным образом учесть внутреннее давление в цилиндрической оболочке, а также продольную силу, поэтому результаты приведены без учета этих параметров. Сравнение результатов показало хорошую сходимость, разница составляет не более 10%. На основании проведенного исследования сделаны выводы о том, что аналитический метод дает более точный результат, так как позволяет учесть множество дополнительных факторов по сравнению с ПК Lira, следовательно, повышает надежность сооружения и может быть рекомендован для выполнения расчетов при проектировании магистральных трубопроводов большого диаметра. Статья подготовлена в рамках реализации государственного задания в сфере науки на выполнение научных проектов, реализуемых коллективами образовательных организаций высшего образования, подведомственных Минобрнауки России по проекту «Компьютерное моделирование механических, температурных и динамических процессов в слабых и многолетнемерзлых грунтах для обеспечения надежности грунтовых оснований инженерных сооружений» (№ FEWN-2024-0006).

Ключевые слова: собственные колебания, метод конечных элементов, полубезмоментная теория цилиндрических оболочек, частота.

UDC 624.074.433 DOI: 10.37538/0039-2383.2024.4.41.48. **COMPARISON OF THE ANALYTICAL APPROACH WITH THE FINITE ELEMENT METHOD FOR DETERMINING THE NATURAL OSCILLATION FREQUENCIES OF A CYLINDRICAL SHELL.** A.V. Dmitriev, V.G. Sokolov, Tyumen Industrial University; e-mail: dmitrievav@tyuiu.ru

Abstract. The article presents the results of comparing the natural oscillation frequencies for cylindrical shells placed in a ground environment obtained using the analytical method and the finite element method in the Lira PC. When determining the frequencies in the Lira PC, it was found that in this software package it is not possible to properly take into account the internal pressure in the cylindrical shell, as well as the longitudinal force, therefore the results are given without taking into account these parameters. The comparison of the results showed good convergence, the difference is no more than 10%. Based on the conducted research, it was concluded that the analytical method gives a more accurate result, since it allows taking into account many additional factors compared to the Lira PC, therefore, increases the reliability of the structure and can be recommended for performing calculations when designing large-diameter trunk pipelines. The article was prepared as part of the implementation of the state assignment in the field of science for the implementation of scientific projects implemented by the teams of educational institutions of higher education subordinate to the Ministry of Education and Science of the Russian Federation under the project “Computer modeling of mechanical, thermal and dynamic processes in weak and permafrost soils to ensure the reliability of the soil foundations of engineering structures” (No. FEWN-2024-0006).

Keywords: natural oscillations, finite element method, semi-instantaneous theory of cylindrical shells, frequency.

Сейсмические расчеты
Seismic calculations

УДК 699.841 DOI: 10.37538/0039-2383.2024.4.49.57
З.К. АБАЕВ, к.т.н., доцент, Владикавказский научный центр Российской академии наук; e-mail: abaich@yandex.ru
ОЦЕНКА СЕЙСМОСТОЙКОСТИ СТАЛЬНОГО ЗДАНИЯ РАМНОГО ТИПА НЕЛИНЕЙНЫМ СТАТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ...49

Представлена методика оценки сейсмостойкости 5-этажного стального каркасного здания. Путем пошаговой нелинейной процедуры в соответствии с первой формой колебаний определен механизм повреждаемости сооружения и построена кривая его несущей способности. Определены спектральные перемещения для воздействия 7, 8 и 9 баллов по шкале MSK-64. Подчеркнута необходимость разработки четких критериев для оценки сейсмостойкости каркасных сооружений рамного типа в нелинейной постановке.

Ключевые слова: стальная рама, оценка сейсмостойкости, нелинейный статический анализ.

UDC 699.841 DOI: 10.37538/0039-2383.2024.4.49.57. **SEISMIC PERFORMANCE EVALUATION OF THE STEEL FRAME BUILDING USING NONLINEAR STATIC ANALYSIS.** Z.K. Abaev, Vladikavkaz Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences; e-mail: abaich@yandex.ru

Abstract. A methodology for seismic performance evaluation of a 5-story steel frame building is presented. By means of a step-by-step nonlinear procedure according to the first mode shape, the failure mechanism of the structure is determined and the capacity curve is obtained. The spectral displacements for the seismic intensity of 7, 8 and 9 degrees of MSK-64 scale are determined. The necessity of developing clear criteria for seismic performance evaluation of frame-type structures is emphasized.

Keywords: steel frame, seismic performance evaluation, nonlinear static analysis.

В помощь проектировщику
To help the designer

УДК 69.07, 624.04 DOI: 10.37538/0039-2383.2024.4.58.67
М.И. ФАРФЕЛЬ, к.т. н., [1]ЦНИИСК им.В.А.Кучеренко АО«НИЦ«Строительство» [2]НИУ МГСУ; e-mail: farfelmi@yandex.ru
ПОКРЫТИЯ ИЗ СТАЛЬНЫХ МЕМБРАН – ЭФФЕКТИВНЫЙ ТИП ВИСЯЧИХ КОНСТРУКЦИЙ...58

Строительная наука всегда стремится к экономии материала, в том числе и при проектировании большепролетных покрытий уникальных зданий. В статье рассматриваются мембранные покрытия как в большепролетных, так и в зданиях массового назначения. Приводятся примеры и существующих, и демонтированных покрытий с применением тонкого стального листа. Приведены исторические факты о применении первых покрытий из мембран, разработанных великим русским инженером В.Г. Шуховым. Проанализированы преимущества использования нержавеющей стали в качестве пролетной конструкции как одного из способов устранения основного недостатка стальных конструкций, способность к коррозии. Приведены механические характеристики нескольких типов нержавеющих сталей для применения в качестве мембранного покрытия. Для решения поставленной цели используется сравнение стоимостей мембранного покрытия из нержавеющей стали со стоимостью аналогичного покрытия, выполненного из малоуглеродистых и низколегированных сталей. В этом сравнении участвует не только стоимость собственно металлического листа, но и стоимость окраски, которая выполняет функцию антикоррозионной защиты. Описаны новые типы нержавеющих сталей, обладающих лучшими прочностными свойствами, включающими ударную вязкость и способность к свариваемости.

Ключевые слова: мембрана, опорный контур, стабилизация, цепные усилия, нержавеющая сталь, мембранное покрытие, большепролетное покрытие, стальной каркас, безмоментная работа опорного контура.

UDC 69.07, 624.04 DOI: 10.37538/0039-2383.2024.4.58.67. **STEEL MEMBRANE COATINGS ARE AN EFFECTIVE TYPE OF HANGING STRUCTURES.** M.I. Farfel[1,2], [1]TSNIISK named after V.A.Koucherenko JSC Research Center of Construction, [2]Moscow State University of Civil Engineering (National Research University); e-mail: farfelmi@yandex.ru

Abstract. Construction science always strives to save material, including when designing large-span coverings of unique buildings. The article discusses membrane coatings, both in large-span and in mass-purpose buildings. Examples of both existing and dismantled coatings with the use of thin steel sheet are given. The historical facts about the use of the first membrane coatings developed by the great Russian engineer V.G. Shukhov are given. The advantages of using stainless steel as a span structure are analyzed, as one of the ways to eliminate the main disadvantage of steel structures, the ability to corrosion, the mechanical characteristics of several types of stainless steels for use as a membrane coating are given. To achieve this goal, a comparison of the cost of a stainless steel membrane coating with the cost of a similar coating made of low-carbon and low-alloy steels is used. This comparison involves not only the cost of the metal sheet itself, but also the cost of painting, which performs the function of anti-corrosion protection and comparison of the coating thicknesses adopted in the design, taking into account the operating conditions. New types of stainless steels with better strength properties, including toughness and weldability, are described.

Keywords: membrane, support circuit, stabilization, chain forces, stainless steel, membrane coating, long span coating, steel frame, instantaneous operation of the support circuit.

УДК 691.421;666.72 DOI: 10.37538/0039-2383.2024.4.68.73
В.И. ОБОЗОВ[1], д.т.н., проф., А.В. ЛОГВИНОВ[2] , [1]ЦНИИСК им.В.А.Кучеренко АО«НИЦ«Строительство»; e-mail: obozov@yandex.ru [2]ООО«ТД«БРАЙЕР»; e-mail: logvinov@braer.ru
ИССЛЕДОВАНИЕ КЛАДКИ ИЗ КРУПНОФОРМАТНЫХ КЕРАМИЧЕСКИХ КАМНЕЙ С ПУСТОТНОСТЬЮ ДО 57% С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПЬЮТЕРНЫХ МОДЕЛЕЙ...68

Рассмотрено моделирование конечными элементами крупноформатного керамического камня со щелевыми пустотами, а также фрагмента стены с кладкой из этих камней. Исследовано напряженно-деформированное состояние фрагмента стены с кладкой из крупноформатных керамических камней со щелевыми пустотами с использованием трехмерных конечно-элементных моделей при местных нагрузках. Рассмотрены случаи приложения местной вертикальной нагрузки на верхней поверхности фрагмента стены в углу, посередине у торца и посередине вблизи центра, а также со смещением из центра на край. Нагрузки одинаковой интенсивности прикладывались в виде штампа. В результате расчетов были получены все компоненты напряженно-деформированного состояния во всех этих случаях. Определялись значения главных растягивающих напряжений в кладке и по теории наибольших касательных напряжений в каждом случае условное значение разрушающей нагрузки.

Ключевые слова: крупноформатный керамический камень, щелевые пустоты, стена, фрагмент, растворные швы, вертикальные швы «паз-гребень», штамп нагрузки, напряженно-деформированное состояние.

UDC 691.421;666.72 DOI: 10.37538/0039-2383.2024.4.68.73. **STUDY OF MASONRY MADE OF LARGE-FORMAT CERAMIC STONES WITH A VOIDNESS OF UP TO 57% USING COMPUTER MODELS.** V.I. Obozov[1], A.V. Logvinov[2], [1]TSNIISK named after V.A. Koucherenko JSC Research Center of Construction; e-mail: obozov@yandex.ru; [2]LLC “TH “BRIER”; e-mail: logvinov@braer.ru.

Abstract. The modeling by finite elements of a large-format ceramic stone with slit voids, as well as a fragment of a wall with masonry made of these stones, is considered. The stress-strain state of a fragment of a wall with masonry made of large-format ceramic stones with slit voids was studied using three-dimensional finite element models under local loads. The cases of application of a local vertical load on the upper surface of a wall fragment in the corner, in the middle at the end and in the middle near the center, as well as with an offset from the center to the edge, are considered. Loads of the same intensity were applied in the form of a stamp. As a result of calculations, all components of the stress-strain state were obtained in all these cases. The values of the main tensile stresses in the masonry were determined, and according to the theory of the greatest tangential stresses, the value of the destructive load was determined in each case.

Keywords: large-format ceramic stone, slit voids, wall, fragment, mortar seams, vertical groove-ridge seams, load stamp, stress-strain state, masonry, main tensile stresses.

N 6 за 2024 год

Расчеты на прочность

Strength calculations

УДК 514.74:539.3’4:624.04’074.4:72 DOI: 10.37538/0039-2383.2024.6.2.18

С.Н. КРИВОШАПКО, д.т.н. , Российский университет дружбы народов; e-mail: sn_krivoshapko@mail.ru

ОБОЛОЧКИ, ОБОЛОЧЕЧНЫЕ СТРУКТУРЫ И КРИВОЛИНЕЙНЫЕ СООРУЖЕНИЯ В ФОРМЕ АЛГЕБРАИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ 2-го ПОРЯДКА...2

Ни одна из действительных поверхностей 2-го порядка не осталась незамеченной геометрами, архитекторами и инженерами. В представленной обзорной статье собраны интересные сведения и результаты исследований, опубликованные за последние двадцать лет, посвященные расчету на прочность, устойчивость и колебания тонких и толстых, одно- и многослойных оболочек из различных конструктивных материалов. Представлены иллюстрации сооружений и изделий последних лет. Доказано, что, хотя действительные поверхности 2-го порядка составляют отдельный класс, их все можно распределить по другим классам поверхностей. Приводимые материалы показывают, что у исследователей интерес к рассматриваемым поверхностям, оболочечным структурам, оболочкам и криволинейным сооружениям, очерченным по поверхностям 2-го порядка, не затухает. В статье используются сведения, содержащиеся в 67 использованных источниках.

Ключевые слова: аналитическая геометрия, алгебраическая поверхность 2-го порядка, тонкостенная оболочка, трехосный эллипсоид, эллиптический параболоид, однополостный гиперболоид, двуполостный гиперболоид, гиперболический параболоид.

UDC 514.74:539.3’4:624.04’074.4:72 DOI: 10.37538/0039-2383.2024.6.2.18. **SHELLS, SHELL STRUCTURES, AND CURVILINEAR ERECTIONS IN THE FORM OF ALGEBRAICAL SURFACES OF THE SECOND ORDER**. S.N. Krivoshapko, the Engineering Academy of the Peoples’ Friendship University of Russia; e-mail: sn_krivoshapko@mail.ru

Abstract. Geometricians, architects, and engineers used the real second order surfaces always. In a presented review paper, interesting information and results of research published at the last 20 years and devoted to strength, stability, and vibration of thin and thick, one-layered and many-layered shells, made of different constructive materials, were collected. Illustrations of erections and products of the last years are presented. The real surfaces of the second order form the separate class but all of them can be distributed between other classes of surfaces. It was proved in a paper. The presented materials show that interest of researchers for considered surfaces, shell structures, shells, and curvilinear erections outlined on the second order surfaces does not go out. In this paper, the information containing in 67 used references is exploited.

Keywords: analytical geometry, algebraical surface of the second order, thin-walled shell, triaxial ellipsoid, elliptic paraboloid, one-sheeted hyperboloid, two-sheeted hyperboloid, hyperbolic paraboloid.

УДК 69.07, 624.014.2 DOI: 10.37538/0039-2383.2024.6.19.26

И.И. ВЕДЯКОВ, д.т.н., проф., Д.В. КОНИН, к.т.н., П.В. НАХВАЛЬНОВ, ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство»; e-mail: konden@inbox.ru

ВЛИЯНИЕ ЗАЗОРОВ НА НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ФЛАНЦЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ...19

В статье рассмотрены типичные дефекты фланцевых соединений. Выполнено моделирование соединений с заданным дефектом и произведен расчет методом конечных элементов полноразмерного соединения и элементарных моделей фланцевых соединений. Была проанализирована работа болтовой группы и фланца с учетом дефектов. Определены особенности поведения болтов с контролируемым натяжением, работающих в составе соединений, характерных для рассмотренных конструктивных решений. Показан количественный характер распределения усилий и напряжений по болтам и телу фланцевых пластин соединения в зависимости от различных сочетаний жесткости (толщины) фланца и диаметра болта. По результатам исследования работы болтов был сделан вывод о том, что на рассмотренном диапазоне толщин, диаметров и дефектов влиянием последних на работу соединения можно пренебречь. В результате исследования работы тела фланца определено, что несущая способность соединения главным образом определяется прочностью болтовой группы и для обеспечения эксплуатационной пригодности необходимо применять фланцы с определенными параметрами.

Ключевые слова: сталь, фланцевое соединение, стальная конструкция, узел, фланец, болт, дефект монтажа, зазор.

UDC 69.07, 624.014.2 DOI: 10.37538/0039-2383.2024.6.19.26. **THE EFFECT OF GAPS ON THE STRESS CONDITION OF END-PLATE CONNECTIONS.** I.I. Vedyakov, D.V. Konin, P.V. Nakhvalnov, TSNIISK named after V.A. Koucherenko, JSC Research Center of Construction; e-mail: konden@inbox.ru

Abstract. The article discusses typical defects of end-plate connections. The modeling of joints with a given defect was performed, and the calculation of the finite element method of a full-size joint and elementary models end-plate connections was performed. The work of the bolt group and the end-plate was analyzed, taking into account defects. The features of the behavior of tension-controlled bolts operating as part of joints characteristic of the considered design solutions are determined. The quantitative nature of the distribution of forces and stresses across the bolts and the body of the end-plates of the joint is shown, depending on various combinations of the stiffness (thickness) of the end-plate and the diameter of the bolt. According to the results of the study of the operation of the bolts, it was concluded that there is no influence of the latter on the operation of the joint in the considered range of thicknesses, diameters and defects. As a result of the study of the end-plate body, it was determined that the bearing capacity of the joint is mainly determined by the strength of the bolt group. To ensure operational suitability, end-plates with certain parameters should be use.

Keywords: steel, end-plate connections, steel structure, node, end-plate, bolt, installation defect, gap.

Численные расчеты

Nonlinear calculations

УДК 624.971:621.315.1-66 DOI: 10.37538/0039-2383.2024.6.27.34

Н.А. СЕНЬКИН, к.т.н., А.С. ФИЛИМОНОВ, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет; e-mail: senkin1952@yandex.ru

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ЛИНЕЙНОЙ ЦЕПИ ВОЗДУШНОЙ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ ПРИ ПАДЕНИИ ОПОРЫ...27

Задача обеспечения живучести конструкций воздушных линий электропередачи (ВЛ) с локализацией аварии представляется актуальной в связи с массовыми аварийными повреждениями ВЛ по разным причинам. Рассмотрены аварийные ситуации с падением опор ВЛ 110 кВ и воздействием на соседние промежуточные опоры посредством проводов и грозозащитных тросов. Полученная ранее математическая модель единой вантово-стержневой системы усовершенствована для решения поставленной задачи и позволяет выполнять расчет усилий в ее элементах при любых положениях падающей опоры с определением координат точек крепления проводов и тросов. Представлены зависимости изменения усилий тяжения в проводах и тросах при их обрыве, при их продергивании, а также при жестком закреплении в поддерживающих зажимах. Для всех рассматриваемых случаев определены усилия тяжения в проводах и грозозащитных тросах как воздействия на соседние. Представлены варианты обеспечения живучести ВЛ с локализацией аварии в одном пролете.

Ключевые слова: воздушные линии электропередачи, единая система опор, проводов и тросов, падение опоры, аварийный режим работы.

UDC 624.971:621.315.1-66 DOI: 10.37538/0039-2383.2024.6.27.34. **INTERACTION OF STRUCTURAL ELEMENTS IN THE OVERHEAD TRANSMISSION POWER LINE DUE TO THE FALLING TOWER.** N.A. Senkin, A.S. Filimonov, St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering; e-mail: senkin1952@yandex.ru

Abstract. The task of ensuring the survivability of overhead power transmission line structures with accident localization seems relevant in connection with massive emergency damage to overhead lines for various reasons. Emergency situations with the fall of 110 kV overhead line poles and the impact on neighboring intermediate supports by means of wires and lightning protection cables are considered. The previously obtained mathematical model of a single cable-stayed rod system has been improved to solve the problem and allows the calculation of forces in its elements at any position of the falling support with the determination of the coordinates of the attachment points of wires and cables. The dependences of the change in the forces of gravity in wires and cables when they break, when they are pulled, as well as when they are rigidly fixed in supporting clamps are presented. For all the cases under consideration, the gravity forces in the wires and lightning protection cables were determined as effects on neighboring ones. Options for ensuring the survivability of overhead lines with the localization of an accident in one span are presented.

Keywords: overhead power lines, a unified system of supports, wires and cables, falling supports, emergency operation.

УДК 624.05 DOI: 10.37538/0039-2383.2024.6.35.43

Н.А. КАРАНКЕВИЧ, А.В. ДМИТРИЕВ, к.т.н., И.О. РАЗОВ, к.т.н., доцент , Тюменский индустриальный университет; e-mail: dmitrievav@tyuiu.ru

ЧИСЛЕННЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ В ПК ANSYS ДЛЯ ФЕРМЫ, СОЗДАННОЙ ПРИ ПОМОЩИ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, НА РАЗРУШАЮЩУЮ НАГРУЗКУ...35

В статье исследуется возможность использования программного комплекса Ansys для моделирования перекрытий, выполненных в виде балок, изготовленных на 3D-принтере. Для оценки эффективности такой модели был проведен численный эксперимент, в ходе которого балочная конструкция подвергалась разрушающей нагрузке. Результаты моделирования сравнивались с результатами физического эксперимента для проверки точности модели. В качестве исходных данных для расчета использовались параметры, аналогичные эксперименту, проведенному Диего Велосо в Университете Сан-Паулу, где исследовалась ферменная балка. Модель строилась с использованием объемных и стержневых тел, нагрузки на узлы модели задавались в виде распределенных усилий по площади, что повторяло условия натурного эксперимента. По результатам расчета выяснилось, что разрушение балки начинается при нагрузке на узлы в 500 кг. В натурном эксперименте разрушение произошло при достижении нагрузки в 700 кг. Эти данные совпадают с результатами натурного эксперимента, что подтверждает точность выбранной методики моделирования. Таким образом, предложенный способ расчета может успешно применяться для проектирования несущих элементов зданий, возводимых методом послойной 3D-печати с использованием строительных принтеров.

Статья подготовлена в рамках реализации государственного задания в сфере науки на выполнение научных проектов, реализуемых коллективами научных лабораторий образовательных организаций высшего образования, подведомственных Минобрнауки России по проекту «Новые материалы и технологии возведения зданий, сооружений и их элементов с применением роботизированных аддитивных систем» (№ FEWN-2023-0004).

Ключевые слова: Ansys, численный эксперимент, аддитивные технологии в строительстве, 3D строительная печать.

UDC 624.05 DOI: 10.37538/0039-2383.2024.6.35.43. **COMPARISON OF THE ANALYTICAL APPROACH WITH THE FINITE ELEMENT METHOD FOR DETERMINING THE NATURAL OSCILLATION FREQUENCIES OF A CYLINDRICAL SHELL.** N.A. Karankevich, A.V. Dmitriev, I.O. Razov, Tyumen Industrial University; e-mail: dmitrievav@tyuiu.ru

Abstract. The article explores the possibility of using the Ansys software package to model slabs designed as beams manufactured using a 3D printer. To evaluate the effectiveness of this model, a numerical experiment was conducted, during which the beam structure was subjected to a destructive load. The simulation results were compared with the results of a physical experiment to verify the accuracy of the model. The input data for the calculation were based on parameters similar to those of an experiment conducted by Diego Veloso at the University of São Paulo, where a truss beam was studied. The model was built using both solid and beam elements, with loads applied to the nodes of the model as distributed forces over the area, replicating the conditions of the full-scale experiment. The calculation results revealed that the failure of the beam begins when the load on the nodes reaches 500 kg. In a full-scale experiment, the destruction occurred when a load of 700 kg was reached.These data coincide with the results of the full-scale experiment, confirming the accuracy of the chosen modeling method. Thus, the proposed calculation method can be successfully applied to the design of load-bearing elements of buildings constructed using layer-by-layer 3D printing with construction printers.

The article was prepared as part of the implementation of the state assignment in the field of science for the implementation of scientific projects implemented by teams of scientific laboratories of educational institutions of higher education subordinate to the Ministry of Education and Science of the Russian Federation under the project “New materials and technologies for the construction of buildings, structures and their elements using robotic additive systems” (No. FEWN-2023-0004).

Keywords: Ansys, numerical experiment, additive manufacturing in construction, 3D construction printing.

Сейсмические расчеты
Seismic calculations
УДК: 624.042.7 DOI: 10.37538/0039-2383.2024.5.28.41
Д.М. ЖЕМЧУГОВ-ГИТМАН, Г.В. СОРОКИНА, к.т.н., А.М. УЗДИН, д.т.н., проф., Петербургский государственный университет путей сообщения императора Александра I; e-mail: oofy@yandex.ru
УЧЕТ ДЕМПФИРОВАНИЯ В РАМКАХ СБАЛАНСИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ РАСЧЕТНЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ ЛИНЕЙНО-СПЕКТРАЛЬНОЙ МЕТОДИКИ ДЛЯ ОЦЕНКИ СЕЙСМОСТОЙКОСТИ СООРУЖЕНИЙ...28
Рассмотрено назначение коэффициента для учета демпфирования при использовании линейно-спектральной методики оценки сейсмостойкости сооружений. Отмечается, что для корректного введения соответствующего коэффициента необходимо соблюдение сбалансированности всех коэффициентов. С этой целью авторы скорректировали всю систему коэффициентов. Прежде всего, пиковое ускорение принято зависимым от преобладающего периода воздействия. Соответствующая зависимость принята на основе обработки записей около 200 сильных землетрясений. При этом коэффициент динамичности (огибающая спектров ускорений) оказывается зависимым только от модального затухания в системе. Далее объекты массового строительства – малоэтажные здания – на плотных нескальных основаниях принимаются за эталон. Это позволяет ввести коэффициент, учитывающий демпфирование, если оно отличается от эталонного. В результате для эталонных зданий произведение пикового ускорения на коэффициент динамичности сохраняется таким же, как в строительных нормах. Отмечается, что принятая зависимость пиковых ускорений от периода обеспечивает соответствие псевдоспектров скоростей и смещений натурным данным.
Ключевые слова: сейсмическое воздействие, сейсмостойкость, линейно-спектральный метод расчета сейсмостойкости, демпфирование.
UDC: 624.042.7 DOI: 10.37538/0039-2383.2024.5.28.41. **TAKING DAMPING INTO ACCOUNT WITHIN THE FRAMEWORK OF A BALANCED SYSTEM OF DESIGN COEFFICIENTS OF THE RESPONSE SPECTRA METHOD FOR ASSESSING THE STRUCTURESEIMOIC RESISTANCE.** D.M. Zhemchugov-Gitman, G.V. Sorokina, A.M. Uzdin, Emperor Alexander I St. Petersburg state transport university; e-mail: oofy@yandex.ru
Abstract. The damping scaling factor in using the linear-spectral method of assessing the structure seismic resistance is considered. It is noted, that for t correct introducing the corresponding factor, it is necessary to maintain a balance of all design coefficients, determining seismic loads. For this purpose, the authors corrected the entire system of coefficients. First of all, the peak ground acceleration was assumed to be dependent on the prevailing period of seismic action. The corresponding dependence was adopted on the basis of processing records of about 200 strong earthquakes. In this case, the dynamics coefficient (the envelope of the acceleration spectra) turns out to depend only on the system modal damping. Further, mass construction projects, i.e. middle-rise buildings on dense non-rocky soil bases are taken as the standard. This allows one to enter a coefficient that takes account of damping, if it differs from the reference standard one. As a result, for the mentioned standard buildings, the product of peak acceleration and dynamic coefficient remains the same as in building codes. It is noted, that the accepted dependence of peak accelerations on the prevailing accelerogram period ensures that the pseudo-spectra of velocities and displacements correspond to natural data.
Keywords: seismic impact, seismic resistance, linear spectral method for calculating seismic resistance, damping.

Расчеты на устойчивость
Stability calculations
УДК 539.3 DOI: 10.37538/0039-2383.2024.6.44.54
И.Е. МАЛЫГИНА, к.т.н., Г.А. МАНУЙЛОВ, к.т.н., доцент, РУТ (МИИТ); e-mail: malygina_i.e@mail.ru
ТОЧКИ РАВНОВЕСИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ..44
В настоящей статье рассматриваются различия между регулярными и сингулярными точками равновесных состояний упругих систем. Авторы приводят классификацию сингулярных точек на основании математических, механических и геометрических подходов. Раскрываются аспекты, касающиеся невырожденных (регулярных) критических точек, в которых первый дифференциал равен нулю, а второй (квадратичная форма) не вырождена. Обсуждаются условия устойчивости и неустойчивости изолированных равновесий, а также влияние первичных ненулевых членов разложения потенциальной энергии на устойчивость вырожденных равновесий. Рассматриваются условия бифуркационной потери устойчивости в контексте неполноты равновесия упругих систем. Анализируется, что необходимым условием для появления точек бифуркации является наличие энергетически ортогонального дополнения. Также рассматривается влияние начальных геометрических несовершенств на характер потери устойчивости.
Ключевые слова: сингулярная точка, точка бифуркации, предельная точка, траектория равновесия, устойчивость равновесия.
UDC 539.3 DOI: 10.37538/0039-2383.2024.6.44.54. **EQUILIBRIUM POINTS OF MECHANICAL SYSTEMS.** I.E. Malygina, G.A. Manuilov, Russian university of transport (MIIT); e-mail: malygina_i.e@mail.ru
Abstract. This paper deals with the differences between regular and singular points of equilibrium states of elastic systems. The author provides a classification of singular points based on mathematical, mechanical and geometrical approaches. Aspects concerning nondegenerate (regular) critical points in which the first differential is zero and the second differential (quadratic form) is not degenerate are disclosed. The conditions of stability and instability of isolated equilibria are discussed, as well as the influence of the primary nonzero terms of the potential energy expansion on the stability of degenerate equilibria. The conditions for bifurcation loss of stability in the context of incomplete equilibrium of elastic systems are considered. It is analyzed that a necessary condition for the appearance of bifurcation points is the presence of an energetically orthogonal complement. The influence of initial geometrical imperfections on the character of stability loss is also considered.
Keywords: singular point, bifurcation point, limit point, equilibrium trajectory, equilibrium stability.

Сейсмические расчеты
Seismic calculations
УДК 699.841 DOI: 10.37538/0039-2383.2024.6.55.63
З.К. АБАЕВ, к.т.н., доцент, Владикавказский научный центр Российской академии наук; e-mail: abaich@yandex.ru
НЕЛИНЕЙНЫЙ СЕЙСМИЧЕСКИЙ ОТКЛИК ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КАРКАСНЫХ ЗДАНИЙ...55
Представлена методика оценки сейсмостойкости 10-этажного железобетонного каркасного здания. Проведено сравнение между результатами нелинейного динамического анализа и упрощенного модального нелинейного статического анализа. Предложенная методика может быть использована для корректной оценки максимальных ожидаемых моментов во время контрольного землетрясения. Отмечено, что традиционные методы расчета сильно недооценивают сейсмические требования в сравнении с нелинейными, в особенности в средней части высоты здания.
Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-79-00087 (https://rscf.ru/project/24-79-00087/).
Ключевые слова: железобетонная рама, оценка сейсмостойкости, нелинейный динамический анализ, нелинейный статический анализ.
UDC 699.841 DOI: 10.37538/0039-2383.2024.6.55.63. **NONLINEAR SEISMIC RESPONSE OF REINFORCED CONCRETE FRAME BUILDINGS.** Z.K. Abaev, Vladikavkaz Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences; e-mail: abaich@yandex.ru
Abstract. A methodology for seismic performance evaluation of a 10-story reinforced concrete frame building is presented. The comparison between the results of nonlinear dynamic analysis and simplified modal nonlinear static method is carried out. The proposed methodology can be used to correctly estimate the maximum expected moments during a maximum considered earthquake. It is noted that traditional methods of analysis strongly underestimate seismic demands in comparison with nonlinear methods, especially in the middle part of the height of structures.
The research was supported by the Russian Science Foundation Project No. 24-79-00087 (https://rscf.ru/en/project/24-79-00087/).
Keywords: reinforced concrete frame, seismic performance evaluation, nonlinear dynamic analysis, nonlinear static analysis.

В помощь проектировщику
To help the designer
УДК 624.072.2.014 DOI: 10.37538/0039-2383.2024.6.64.70
М.И. ФАРФЕЛЬ[1, 2], к.т.н., П.В. ШТРАУС[3], [1]ЦНИИСК им.В.А.Кучеренко АО «НИЦ «Строительство», [2]НИУ МГСУ; e-mail: farfelmi@yandex.ru, [3]Завод металлических конструкций «Элемент»
МЕМБРАННЫЙ ДАВИД И РАМНЫЙ ГОЛИАФ...64
Статья посвящена разъяснению преимуществ мембранных конструкций по сравнению с рамными, традиционно в большом количестве производимыми в настоящее время российскими заводами металлических конструкций. При массовом применении мембранных конструкций можно сократить расходы стоимости строительных конструкций, а также значительно сократить затраты на трудоемкость изготовления и монтажа, что позволит заметно уменьшить общую стоимость строительной конструкции здания или сооружения. Для продвижения массового применения мембранных конструкций в строительном производстве авторы приглашают заинтересованные организации к сотрудничеству и к борьбе с недобросовестной конкуренцией.
Ключевые слова: свободный (безопорный) пролет, проектная индивидуальность, массовая серия, стропильно-прогонная система, опорный контур, рамное покрытие, мембранное покрытие, большепролетное сооружение, архитектурная выразительность, атмосферостойкая и нержавеющая сталь, металлургическое лобби.
UDC 624.072.2.014 DOI: 10.37538/0039-2383.2024.6.64.70. **MEMBRANE DAVID AND FRAME GOLIATH.** M.I. Farfel[1, 2], P.V. Strauss[3], [1]TSNIISK named after V.A. Koucherenko JSC Research Center of Construction, [2]Moscow State University of Civil Engineering (National Research University), [3]Element LLC; e-mail: farfelmi@yandex.ru
Abstract. The article is devoted to explaining the advantages of membrane structures in comparison with frame structures, which are traditionally produced in large quantities by Russian metal structures factories. With the mass application of membrane structures, it is possible to reduce the cost of building structures, as well as significantly reduce the cost of manufacturing and installation, which will significantly reduce the total cost of the building structure of a building or structure. To promote the mass application of membrane structures in construction production, the authors invite interested organizations to cooperate and to combat nfair competition.
Keywords: free (unsupported) span, design individuality, mass series, rafter-girder system, support contour, frame coating, membrane coating, large-span structure, architectural expressiveness, weather-resistant and stainless steel, metallurgical lobby.

УДК 624.131 DOI: 10.37538/0039-2383.2024.5.71.74
С.В. БОСАКОВ[1, 2], д.т.н., проф., О.В. КОЗУНОВА[3], к.т.н., доцент, [1]Белорусский национальный технический университет, [2]Белорусско-Российский университет, Республика Беларусь; e-mail: sevibo@yahoo.com, ЗИПК при Белорусском национальном техническом университе; e-mail: kozunova@gmail.com
ЛИНЕЙНЫЕ И УГЛОВЫЕ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ЖЕСТКОЙ ПРЯМОУГОЛЬНОЙ ФУНДАМЕНТНОЙ ПЛИТЫ НА УПРУГОМ СЛОЕ...71
В рассматриваемой работе предложен подход, позволяющий определять линейные и угловые перемещения жесткой прямоугольной плиты, лежащей без трения на упругом слое. Подход основан на способе ортогональных многочленов, в котором распределение контактных напряжений ищется в виде двойного ряда по полиномам Чебышева первого рода с весом, что позволяет выделить особенность в контактных напряжениях у граней плиты. Функция Грина для упругого слоя также раскладывается в четырехкратный ряд по этим полиномам с помощью четырех использований квадратурной формулы. Использование ортогональности принятых полиномов Чебышева с весом сводит рассматриваемую задачу к бесконечной системе линейных алгебраических уравнений, которая решается способом усечения. Приведены два примера для жесткой квадратной плиты на упругом слое при нагружении сосредоточенными симметрично приложенной силой и моментом. Для сопоставления даны результаты М.И. Горбунова-Посадова в случае расположения плиты на упругом полупространстве.
Ключевые слова: прямоугольная плита, упругий слой, полиномы Чебышева, бесконечная система уравнений, способ усечения.
UDC 624.131 DOI: 10.37538/0039-2383.2024.5.71.74. **LINEAR AND ANGULAR DISPLACEMENTS OF A RIGID RECTANGULAR FOUNDATION SLAB ON AN ELASTIC LAYER.** S.V. Bosakov[1, 2], O.V. Kozunova[3], [1]Belarusian National Technical University, [2]Belarusian-Russian University; e-mail: sevibo@yahoo.com, [3]Belarusian National Technical University; e-mail: kozunova@gmail.com
Abstract. The present work proposes an approach to determining the linear and angular displacements of a rigid rectangular slab lying without friction on an elastic layer. The approach is based on the orthogonal polynomial method, in which the distribution of contact stresses is sought in the form of a double series of Chebyshev polynomials of the first kind with a weight, which allows one to identify a feature in the contact stresses at the slab faces. The Green's function for the elastic layer is also expanded into a four-fold series in these polynomials using four uses of the quadrature formula. Using the orthogonality of the adopted Chebyshev polynomials with weight reduces the problem under consideration to an infinite system of linear algebraic equations, which is solved by the truncation method. Two examples are given for a rigid square plate on an elastic layer under loading by concentrated symmetrically applied force and moment. For comparison, the results of M.I. Gorbunov-Posadov are given in the case of the plate being located on an elastic half-space.
Keywords: rectangular plate, elastic layer, Chebyshev polynomials, infinite system of equations, truncation method.

Персоналии
Personalities
К 90-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ Д.Н. СОБОЛЕВА...75
TO THE 90TH ANNIVERSARY OF THE BIRTH OF D.N. SOBOLEV...75