



№ 1 за 2020 год

[Расчеты на прочность](#)

[Strength calculations](#)

И.Ю. БЕЛУЦКИЙ, д.т.н., И.В. ЛАЗАРЕВ, к.т.н. Тихоокеанский государственный университет, г. Хабаровск

УДК 624.21/8. ОЦЕНКА ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ НАДВИГАЕМЫХ ПРОЛЕТНЫХ СТРОЕНИЙ ПЕРЕМЕННОЙ ЖЕСТКОСТИ В СРЕДЕ MATHCAD...2

В публикации показана эффективность привлечения программы MathCad к реализации технической части формулы Мора для оценки деформированного состояния надвигаемых пролетных строений разрезных систем, объединяемых на период монтажа в неразрезные системы и в таком виде представляющих регулярные структуры, для которых наряду с унификацией грузовых моментов и моментов от единичных сил возможна систематизация подынтегральных выражений формулы Мора с соответствующей алгоритмизацией вычислительных операций.

Ключевые слова: сталежелезобетонные пролетные строения, продольная надвигка.

UDC 624.21/8. **ASSESSMENT OF THE DEFORMED STATE OF SLIDING SPANS WITH VARIABLE STIFFNESS WITH MATHCAD SOFTWARE.** I.Y. Belutsky, I.V. Lazarev, Pacific National University, Khabarovsk.

Abstract. The publication describes the effectiveness of using the MathCAD Software for the implementation of the technical part of the Mohr's equation for assessing the deformed state of sliding spans of split systems, united for the installation period into continuous systems and representing standard structures in this form, for which, along with unification of load moments and moments from unit forces, there is possibility of systematization of the integrands of the Mohr's equation with the corresponding algorithmization of computational operations.

Key words: composite reinforced concrete, longitudinal slide.

Е.Б. КОРЕНЕВА¹, д.т.н., проф., В.Р. ГРОСМАН², инж. ¹Московское высшее общевойсковое командное орденов Жукова, Ленина и Октябрьской Революции Краснознаменное училище, ²МГАВТ – филиал ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова»

УДК 624.073. НЕКОТОРЫЕ ЗАДАЧИ СТАТИКИ АНИЗОТРОПНЫХ УПРУГИХ ТЕЛ С УЧЕТОМ ИХ КОНТАКТА С ПОДАТЛИВЫМ ОСНОВАНИЕМ ПРИ АНТИСИММЕТРИЧНЫХ НАГРУЗКАХ...9

Изучается антисимметричная деформация круглых анизотропных упругих пластин с учетом их контакта с податливым основанием. Подобные вопросы, в частности, возникают при расчете фундаментных плит на действие горизонтальных нагрузок. Для получения решения используется аналитический подход, применяется метод компенсирующих нагрузок (МКН). Поставленная задача описывается дифференциальным уравнением четвертого порядка с переменными коэффициентами, которое, как показал анализ, не распадается на два сопряженных дифференциальных уравнения второго порядка, каждое из которых интегрируется в функции Бесселя. Последнее имеет место для круглой пластины, сделанной из изотропного материала и лежащей на основании, свойства которого описываются моделью Винклера. Для получения решения рассматриваемой задачи в замкнутом виде в цилиндрических функциях используется уравнение Нильсена. Производится учет действия антисимметричных нагрузок, распределенных по концентрической окружности по законам $q_0 \sin \theta$ и $q_0 \cos \theta$, или нагрузкой, распределенной по площади кольца по линейному закону. Рассматриваются различные граничные условия.

Ключевые слова: круглые пластины, анизотропия, упругое основание, функции Бесселя.

UDC 624.073. **CERTAIN STATICS PROBLEMS OF ANISOTROPIC ELASTIC SOLIDS, RESTING ON AN ELASTIC SUBGRADE AND SUBJECTED TO AN ACTION OF ANTISYMMETRIC LOADS.** E.B. Koreneva, Moscow Higher Combined-Arms Command Academy.

Abstract. Antisymmetric bending of anisotropic circular plates, resting on an elastic subgrade, is under study. Analytical approach is used. Method of compensating loads (MCL) is applied. For receiving of the basic and the compensating solutions the new approach, concerning Nielsen's equation application, is used. The influence of various boundary conditions and the action of discontinuous loads are investigated. The solutions are obtained in closed form in terms of Bessel functions.

Key words: circular plates, anisotropy, elastic subgrade, Bessel functions.

М. Н. КИРСАНОВ, д-р физ.-мат. наук, проф. (НИУ МЭИ, г. Москва)

УДК 624.35. СХЕМА И ФОРМУЛЫ ДЛЯ РАСЧЕТА ПРОГИБА ФЕРМЫ ТРЕХПРОЛЕТНОГО КОНСОЛЬНОГО МОСТА С ПРОИЗВОЛЬНЫМ ЧИСЛОМ ПАНЕЛЕЙ...16

Цель. Ставится задача получения точного решения задачи о прогибе плоской модели фермы составного консольного моста с произвольным числом панелей. Ферма симметричная, статически определяемая с двумя консолями и балочной фермой, соединяющей консоли. Из четырех опор конструкции одна опора моделируется неподвижным шарниром. Решетка фермы треугольная, нагрузка прикладывается равномерно по узлам нижнего пояса или в середине пролета. Выводится также зависимость горизонтального смещения подвижной опоры от нагрузки и числа панелей в конструкции. **Метод.** Усилия в стержнях фермы определяются из общей системы уравнений равновесия всех узлов фермы с использованием программы символьных преобразований Maple. Для нахождения прогиба и смещения опоры применяется формула Мора. Отдельные решения, полученные для ферм с последовательно увеличивающимся числом панелей, методом двойной индукции обобщаются на произвольное число панелей в два этапа — сначала к числу панелей в балочной ферме, затем — по числу панелей в консолях. Коэффициенты искомой формулы определяются из решения рекуррентных уравнений, составленных с помощью операторов системы Maple. **Результаты.** Получены формулы для прогиба и смещения в виде полиномов третьего и четвертого порядка. В случае ограничения на суммарное число панелей и длину пролета на графиках решения обнаружены экстремальные точки, позволяющие оптимизировать соотношение размеров частей конструкции для увеличения ее жесткости. Найдены некоторые асимптотические по числу панелей свойства решения.

Ключевые слова: ферма, консольный мост, прогиб, Maple, индукция, число панелей, асимптотика.

UDC 624.35. **SCHEME AND FORMULAS FOR CALCULATING THE DEFLECTION OF THE TRUSS OF A THREE-SPAN CANTILEVER BRIDGE WITH AN ARBITRARY NUMBER OF PANELS.** M.N. Kirsanov, National Research University Moscow Power Engineering Institute.

Abstract. The task of obtaining an exact solution to the problem of deflection of a flat truss model of a composite cantilever bridge with an arbitrary number of panels is set. The truss is symmetrical, statically definable with two consoles and a beam truss connecting the consoles. Of the four pillars of the structure, one support is modeled by a fixed hinge. The truss grid is triangular, the load is applied evenly at the lower belt nodes or in the middle of the span. The dependence of the horizontal displacement of the movable support on the load of the number of panels in the structure is also deduced. The forces in the truss rods are determined from the General system of equilibrium equations for all truss nodes using the maple symbolic transformation program. To find the deflection and displacement of the support, the Mohr formula is used. Individual solutions obtained for trusses with a consistently increasing number of panels are generalized by double induction to an arbitrary number of panels in two stages—first by the number of panels in the beam truss, then by the number of panels in the consoles. The coefficients of the desired formula are determined from the solution of recurrent equations made using operators of the Maple system. Formulas for deflection and displacement in the form of third- and fourth-order polynomials are obtained. If there is a limit on the total number of panels and the span length, extreme points are found on the solution graphs that allow optimizing the ratio of the size of the parts of the structure to increase its rigidity. Some asymptotic properties of the solution for the number of panels are found.

Key words: truss, cantilever bridge, deflection, Maple, induction, number of panels, asymptotics

М.О. МОЙСЕЕНКО, к.т.н., О.Н. ПОПОВ, к.т.н., ТГАСУ, Томск

УДК 7.04:535.4.011.22.23. НЕРАВНОМЕРНЫЙ ПОПЕРЕЧНЫЙ НАГРЕВ НЕРАЗРЕЗНОЙ ГИБКОЙ ПЛАСТИНЫ С ОПОРНЫМИ РЕБРАМИ И ПОГИБЬЮ...23

Определяется НДС гибкой двухпольной пластины. Размеры пластины: $a/h \times b/h = 50 \times 100$. Материал: жаропрочный сплав ВТ6. Отношением меньшего размера в плане a к толщине h определена гибкость $\lambda = 50$. Граничные условия пластины: поперечные кромки опираются на ребра жесткости $b_p/h \times h_p/h = 2 \times 4$, продольные кромки шарнирно закреплены. Пластина разделена симметрично шарнирно неподвижным закреплением в поперечном направлении. Начальные прогибы заданы в виде синусоиды. Максимальный начальный прогиб расположен в центре пластины и сравним с ее толщиной h . Пластина находится под воздействием неравномерного нагрева. Температура распределена симметрично в поперечном направлении по линейной зависимости. При исследовании НДС пластины учитывается неоднородность, связанная с изменением механических свойств сплава от величины температуры. НДС пластины характеризуется интенсивностью напряжений и прогибом. Результаты расчетов проанализированы.

Ключевые слова: гибкая пластина, прогиб, геометрическая нелинейность, нагрев, механические свойства зависят от величины температуры, неоднородность.

UDC 7.04:535.4.011.22.23. **UNEVEN TRANSVERSE HEATING OF A CONTINUOUS FLEXIBLE PLATE WITH SUPPORTING RIBS AND KILLING.** M.O. Moiseenko, O.N. Popov, Tomsk State University of Architecture and Civil Engineering.

Abstract. Determined by the NDS of a flexible two-plate plate. Plate dimensions: $a/h \times b/h = 50 \times 100$. Material is heat-resistant alloy - VT6. The ratio $\lambda = 50$ of the smaller dimension in terms of a to the thickness h is defined. The boundary conditions of the plate: the transverse edges are supported by stiffeners $b_p/h \times h_p/h = 2 \times 4$, the longitudinal edges are hinged. The plate is divided symmetrically pivotally by a stationary fastening in the transverse direction. Initial deflections are given in the form of a sinusoid. The maximum initial deflection is located in the center of the plate and is comparable with its thickness h . The plate is exposed to uneven heating. The temperature is distributed symmetrically in the transverse direction in a linear manner. When studying the VAT of a plate, inhomogeneity associated with a change in the mechanical properties of the alloy as a function of temperature is taken into account. NDS plates are characterized by stress intensity and deflection. The calculation results are analyzed. Silt. 7. Tabl. 3. The bibl. 13.

Key words: flexible plate, deflection, geometric nonlinearity, heating, mechanical properties depend on temperature, heterogeneity.

[Численные расчеты](#)

[Numerical calculations](#)

Г.А. МАНУЙЛОВ, к.т.н., доцент, **С.Б. КОСИЦЫН**, д.т.н., проф., **И.Е. ГРУДСЫНА**, аспирант Российский университет транспорта (РУТ (МИИТ)), г. Москва. **УДК 539.3 ЧИСЛЕННЫЙ АНАЛИЗ КРИТИЧЕСКОГО РАВНОВЕСИЯ ГИБКОЙ ПОДКРЕПЛЕННОЙ ПЛАСТИНЫ С УЧЕТОМ ВЛИЯНИЯ НАЧАЛЬНЫХ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ НЕСОВЕРШЕНСТВ...30**

В работе исследованы особенности влияния начальных геометрических несовершенств подкрепленной продольно-сжатой пластины с двукратными критическими нагрузками. Построена соответствующая бифуркационная диаграмма и бифуркационное множество. Результаты работы показали, что при выбранных геометрических параметрах пластины и подкрепляющих ее элементов чувствительность критических нагрузок к начальным геометрическим несовершенствам не слишком велика (падение критической нагрузки не более 22%).

Ключевые слова: подкрепленная пластина, бифуркационная диаграмма, бифуркационное множество, начальные геометрические несовершенства.

UDC 539.3. NUMERICAL ANALYSIS CRITICAL EQUILIBRIUM OF FLEXIBLE SUPPORTED PLATE WITH ALLOWANCE FOR INFLUENCE INITIAL

GEOMETRICAL IMPERFECTIONS. G.A. Manuylov, S.B. Kositsyn, I.E. Grudtsyna, Moscow, Russian University of Transport.

Annotation the influence of initial geometric imperfections of a stiffened plate under longitudinal compression at the double critical buckling loads had been studied in this paper. An appropriate bifurcation diagram and bifurcation set were plotted. The results obtained showed that sensitivity of critical load to any initial geometric imperfections is actually insignificant (max 22% loss of the critical load) with specific geometric plate parameters and stiffeners selected.

Key words: supported plate, bifurcation diagram, bifurcation set and initial geometrical imperfections.

П.Г. РОМАНОВ, к.т.н., доцент, **П.В. СИВЦЕВ**, канд. физ.-мат. наук (Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова.)

УДК 624.011.1 ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОЛНОВЫХ ПРОЯВЛЕНИЙ СОПРОТИВЛЕНИЯ ДЕРЕВЯННОГО ОБРАЗЦА С

ИДЕАЛИЗИРОВАННОЙ АНИЗОТРОПИЕЙ УПРУГИХ ПАРАМЕТРОВ...37

Численное и экспериментальное моделирование деформаций в виде волновых процессов повысит достоверность при изучении реальной картины взаимосвязи напряжений и деформаций крупноразмерных деревянных однонаправленных и перекрестно-склеенных панельных конструкций при различных нагружениях. В этой работе проводится численное моделирование распространения упругих волн в деревянном образце с идеализированной анизотропией упругих свойств. Расчеты проводились с использованием конечно-элементной аппроксимации по пространству и конечно-разностной дискретизацией во времени. Численная реализация выполнена на свободно распространяемой вычислительной платформе с открытым кодом FEniCS, на ресурсах вычислительного кластера «Ариан Кузьмин» СВФУ им. М.К. Аммосова.

Ключевые слова: метод конечных элементов, упругая волна, деревянные конструкции, анизотропия упругих параметров.

UDC 624.011.1. NUMERICAL SIMULATION OF MANIFESTATIONS OF RESISTANCE WAVE OF A WOODEN SAMPLE WITH IDEALIZED ANISOTROPY OF

ELASTIC PARAMETERS. P.G.Romanov, P.V.Sivtsev, M.K.Ammosov North-Eastern Federal University.

Abstract. Numerical and experimental modeling of deformations in the form of wave processes will increase reliability when studying the real picture of the relationship between stresses and deformations of large-sized wooden unidirectional and cross-glued panel structures under various loads. In this work, a numerical simulation of the propagation of elastic waves in a wooden sample with idealized anisotropy of elastic properties is performed. The calculations were performed using finite element approximation in space and finite difference for time discretization. The numerical implementation was performed on the open source computing platform FEniCS, on the resources of the Arian Kuzmin computing cluster of NEFU named after M.K. Ammosov.

Key words: finite element method, elastic wave, wooden structures, anisotropy of elastic parameters.

Л.С. САБИТОВ^{1,2}, к.т.н., **Ю.Г. КОНОПЛЕВ**¹, доктор физ.-мат. наук, **Д.В. БЕРЕЖНОЙ**¹, доктор физ.-мат. наук ¹Казанский (Приволжский) федеральный

университет, ²Казанский государственный энергетический университет

УДК 624.012, 539.3 ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ВЗАИМОДЕЙСТВУЮЩЕЙ С ГРУНТОМ ТЕЛЕСКОПИЧЕСКОЙ ОПОРЫ НА ЕЕ

ПРОЧНОСТЬ НА ЭТАПАХ ЕЕ ВОЗВЕДЕНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ...44

В работе проводится исследование влияния геометрических, механических и структурных параметров усиления стыковочных узлов на напряженно-деформированное состояние конструкции опор воздушных линий электропередач с учетом взаимодействия забетонированного основания опоры с окружающим их грунтом. Стальные опоры воздушных линий электропередач, представляющие собой тонкостенные стержни-оболочки закрытого профиля, моделируются конечными элементами оболочки типа Тимошенко. Бетонное основание опоры и окружающий его грунт дискретизируются трехмерными конечными элементами сплошной среды с соответствующими физико-механическими свойствами. Исследуется влияние вариантов кинематических условий закрепления опоры и учет контактного взаимодействия бетонной опоры и грунта на вычисление НДС конструкции. Реализована методика расчета конструктивных особенностей стальных опор и их стыковочных узлов в рамках программного комплекса численного моделирования ANSYS 14.5. На основе предложенной методики проведен вычислительный эксперимент, в ходе которого проведен анализ напряженно-деформированного состояния усиленных в грунте опор воздушных линий электропередач для различных видов усиления стыковочных узлов.

Ключевые слова: высотные сооружения, тонкостенный стержень замкнутого профиля, метод конечных элементов, оболочка типа Тимошенко, контактное взаимодействие.

UDC 624.012, 539.3. THE INFLUENCE OF THE DESIGN FEATURES OF THE TELESCOPIC SUPPORT INTERACTING WITH THE SOIL ON ITS STRENGTH AT THE

STAGES OF ITS CONSTRUCTION AND OPERATION. L.S. Sabitov^{1,2}, Y.G. Konoplev¹, D.V. Berezhnoi¹, ¹Kazan (Volga region) Federal University, ²Kazan Engineering Institute.

Abstract. The study examines the influence of geometric, mechanical and structural parameters of the reinforcement of the docking nodes on the stress-strain state of the structure of the supports of overhead power lines taking into account the interaction of the concreted base of the supports with the surrounding soil. Steel supports of overhead power lines, which are thin-walled shell-rods of a closed profile, are modeled by finite elements of a Timoshenko-type shell. The concrete base of the support and the surrounding soil are sampled by three-dimensional finite elements of a continuous medium with the corresponding physical and mechanical properties. The influence of options for kinematic conditions of support fastening and taking into account the contact interaction of a concrete support and soil on the calculation of the design VAT is studied. A methodology for calculating the structures of steel supports and their docking catches was implemented as part of the ANSYS 14.5 numerical simulation software package. Based on the proposed methodology, a computational experiment was conducted, during which an analysis was made of the stress-strain state of the overhead power transmission towers fixed in the ground for various types of reinforcement of the docking nodes.

Key words: high-rise structures, a thin-walled rod of a closed profile, the finite element method, a shell of the Timoshenko type, contact interaction.

[В порядке обсуждения](#)

[In order to discuss](#)

Х.К. СЕЙФУЛЛАЕВ, д.т.н., проф. Азербайджанский НИИ строительства и архитектуры

УДК 620.172.242.001.57 УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ НЕЛИНЕЙНОЙ ДЕФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ К РАСЧЕТУ ИЗГИБАЕМЫХ

ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПО НОВОМУ ПОНЯТИЮ О ПРЕДЕЛЬНЫХ СОСТОЯНИИ...52

В работе рассматривается сравнение актуализированного норматива по железобетону России и Еврокода, где выявлены некоторые нестыковки результатов расчета и изучены их причины. Даются пути устранения нестыковки полученных решений. К нестычкам двух нормативных документов относятся различия взглядов о предельном состоянии железобетонных элементов и результаты расчета с применением этих различных предельных состояний, использование нелинейной деформационной модели, основой которой является гипотеза плоских сечений и диаграммы состояния бетона, линеаризации решения задачи путем замены криволинейных форм диаграмм состояния бетона кусочно-линейными формами, решение задачи длительной прочности бетона с введением понятия о нисходящей ветви криволинейной диаграммы деформации бетона и другие проблемы, характеризующие свойства бетона сжатой зоны. На основании числовых примеров доказано, что при правильном применении деформационной модели можно устранить вышеуказанные нестыковки двух нормативных документов. Нестыковки этих задач будут учтены при составлении нового варианта национального норматива AzDTN 2.16-1.

Ключевые слова: нелинейная деформационная модель, диаграмма состояния, нестыковка, длительная прочность бетона, кусочно-линейная форма диаграммы, метод предельных состояний.

UDC 620.172.242.001.57. IMPROVEMENT OF APPLICATIONS NON-LINEAR DEFORMATION MODEL IN CALCULATION OF BENDING REINFORCED CONCRETE

ELEMENTS BY NEW CONCEPT OF LIMIT STATES. Kh.K. Seyfullaev, Azerbaijan Scientific-Research Institute of Construction and Architecture.

Abstract. The paper compares the national standard for reinforced concrete and the same French standard and identifies some discrepancies in the calculation results with a study of their cause. The ways of eliminating the discrepancy of received decisions are given. By the discrepancies of the two regulations are different views about the ultimate state of reinforced concrete elements and the calculation results with the use of these different limit states, the use of nonlinear deformation model, the basis of which is the hypothesis of plane sections and concrete state diagrams, linearization for solving the problem by replacing the curved shapes of concrete state piecewise linear form diagrams, solution of the problem of long-term strength of concrete with the introduction of the concept of a low-branch of the curvilinear diagram of concrete deformation and other problems characterizing the properties of concrete in a compressed zone. On the basis of numerical examples it is proved that with the correct application of the deformation model, it is possible to eliminate the above discrepancies between the two regulations. The discrepancy of these tasks will be taken into account when drafting a new version of the national standard AzDTN 2.16-1.

Key words: nonlinear deformation model, state diagram, discrepancy, durability of concrete, piecewise linear form of the diagram, method of limiting states.

[Нормирование](#)

[Codification](#)

М.В. ВОЛОДИН, ООО «Астрон Билдинг», **В.В. КАТЮШИН**, к.т.н., фирма УНИКОН (РФ, г. Кемерово), **Д.В. КОНИН**, к.т.н., ЦНИИСК им.В.А.Кучеренко (АО «НИЦ «Строительство»), **А.Р. ОЛУРОМБИ**, инженер, ЦНИИСК им.В.А.Кучеренко (АО «НИЦ «Строительство»), **С.П. РЫЧКОВ**, индивидуальный предприниматель

УДК 624.014, 624.04 НОРМИРОВАНИЕ ТРЕБОВАНИЙ К ПРОЕКТИРОВАНИЮ И ПРИЕМКЕ ФЛАНЦЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ НА ОСНОВАНИИ

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ И РАСЧЕТОВ...62

Рассмотрены проблемы проектирования и приемки фланцевых болтовых соединений (ФС) стальных конструкций. Отмечается, что проектировщики для расчета ФС используют нормативно-техническую литературу времен 1970–1980-х годов, а при приемке конструкций нормами выдвигаются неисполнимые требования машиностроительной точности (например, зазор между фланцами не должен превышать 0,1 мм). Для разрешения указанных проблем, а также в целях систематизации

имеющегося опыта исследований и проектирования ФС с учетом развития пластических деформаций и наличия дефектов в виде зазоров были проведены испытания ФС с различной конфигурацией фланцев и начальных несовершенств в виде грибовидности и зазоров. Проанализированы экспериментальные и численные исследования как простых Т-образных двухболтовых соединений, так и полноразмерных ФС построенных зданий. Установлено, что расчет фланцевых соединений только по болтам дает запас 26-40%, в том числе для соединений с грибовидностью и незаполненными пластинами зазорами до 1,5 мм в зоне болтов. Наличие зазоров между фланцами раскрытием до 1,5 мм в зоне болтов и грибовидность фланцев (а равно – отсутствие фрезеровки контактных поверхностей фланцевых соединений, наличие окрашенных поверхностей) приводит к изменению условий развития рычажных сил, что понижает предельную несущую способность не более чем на 3% в сравнении с образцами без грибовидности и зазоров, с фрезерованными контактными поверхностями. Ремонт ФС с зазорами путем установки проставочных пластин является эффективным. Для ФС с зазорами, которые не превышают установленных в статье параметров, можно использовать аналитическую методику расчета или МКЭ, принимая расчетное сопротивление одноболтового соединения равным $R_{bt} = 0,54 R_{bun}$, независимо от класса прочности болтов, а коэффициент условий работы фланца $\gamma_s = 1,4$. Требования, сформулированные в настоящей статье, к расчету и приемке конструкций рекомендуется внести в СП 16.13330 и СП 70.13330.

Ключевые слова: фланцевое соединение, стальная конструкция, узел, фланец, болт, болтовое соединение, каркас, пластическая деформация, зазор, дефект монтажа, расчет.

UDC 624.014, 624.04. STANDARDIZATION OF REQUIREMENTS FOR THE DESIGN AND ACCEPTANCE OF FLANGE CONNECTIONS ON THE BASIS OF

EXPERIMENTAL DATA AND CALCULATIONS. M.V.Volodin¹, V.V.Katushin², D.V.Konin³, A.R.Olurombi⁴, S.P.Rychkov⁵, ¹LLC Astron Buildings, Yarosl; ²UNION, Kemerovo; ³V.A.

Kucherenko Central Research Institute of Building Constructions, Moscow; ⁴V.A. Kucherenko Central Research Institute of Building Constructions, Moscow; ⁵individual entrepreneur.

Abstract. The problems of design and acceptance of flange bolted joints (FS) of steel structures are considered. It is noted that designers for calculation of FS use the normative and technical literature 1970-1980's. During erection codes put forward unenforceable requirements of machine-building accuracy (for example, the gap between flanges should not exceed 0,1 mm). To solve these problems, as well as in order to systematize the existing experience of research and design of the FS, taking into account the development of plastic deformations and the presence of defects (gaps), the FS was tested with different flanges and initial imperfections configurations. Experimental and numerical studies of simple T-shaped two-bolt connections and full-size FS of existing buildings are analyzed. It is established that the calculation of flange connections only by bolts gives a margin of 26-40%, including for connections with gaps up to 1.5 mm in the bolt area. The presence of gaps between the flanges of up to 1.5 mm in the bolt area (as well as the lack of milling of the contact surfaces of flange connections, the presence of painted surfaces) leads to a change in the conditions of the development of lever forces, which reduces the ultimate load-bearing capacity by no more than 3% compared to samples without gaps, with milled contact surfaces. Repair of FS with gaps by installation of shim-plates is effective. For FS with gaps that do not exceed the parameters set in the article, can use an analytical calculation method or FEM, taking the calculated resistance of a single-bolt connection equal to $R_{bt} = 0.54 R_{bun}$, regardless of the bolt class, and the coefficient for flange $\gamma_s = 1.4$. The requirements formulated in this article for the calculation and acceptance of structures are recommended to be introduced in SP 16.13330 and SP 70.13330.

Key words: flange connection, steel structure, connection, flange, bolt, bolted connection, frame, plastic deformation, gap, installation defect, calculation.