УДК 624.04:624.011.1 DOI: 10.33622/0869-7019.2020.07.04-09

Устойчивость стальных центрально-сжатых винтов в массиве древесины

Анатолий Яковлевич НАЙЧУК, доктор технических наук, профессор, e-mail: atnya@yandex.ru

Константин Константинович ГЛУШКО, кандидат технических наук, старший преподаватель, e-mail: konstantin.glushko@bk.ru

Екатерина Владимировна МАРКЕЧКО, старший преподаватель, e-mail: bk-2112@mail.ru

УО «Брестский государственный технический университет», Республика Беларусь, 224017 Брест, ул. Московская, 267

Аннотация. *Определение величин критических сил, вызывающих потерю устойчивости сжатых винтов в деревянных конструкциях, — необходимое требование при проверке несущей способности таких винтов. По этой причине необходима разработка научно обоснованной расчетной модели определения коэффициентов расчетных длин сжатых винтов с различным распределением продольной силы и изменением изгибной жесткости по длине. Изучены существующие подходы к решению исследуемого вопроса. Приведено решение задачи устойчивости центрально-сжатых винтов в массиве древесины как стержней, связанных с упругим основанием. Рассмотрены случаи потери устойчивости равномерно и неравномерно сжатых винтов по длине, однократное ступенчатое изменение их изгибной жесткости, а также различные способы опирания наружного конца — шарнирно-подвижное закрепление в перпендикулярном направлении к продольной оси и скользящая заделка. Полученные результаты в виде графиков изменения коэффициентов расчетных длин сжатых стержней в массиве древесины рекомендуется использовать для оценки их устойчивости при центральном сжатии, принимая для определения момента инерции поперечного сечения внутренний диаметр резьбы.*

Ключевые слова: *деревянные конструкции, винт, сжатие, упругое основание, устойчивость, критическая сила, расчетная длина, жесткость.*

STABILITY OF STEEL CENTRALLY COMPRESSED SCREWS IN SOLID WOOD

Anatoli Y. NAICHUK, e-mail: atnya@yandex.ru

Konstantin K. HLUSHKO, e-mail: konstantin.glushko@bk.ru

Ekaterina V. MARKECHKO, e-mail: bk-2112@mail.ru

Brest State Technical University, ul. Moskovskaya, 267, Brest 224017, Republic of Belarus

Abstract. *Determining the values of critical forces that cause loss of stability of compressed screws in wooden structures is a necessary requirement when checking the bearing capacity of such screws. For this reason, it is necessary to develop a scientifically based design model for determining coefficients of design lengths of compressed screws with different distribution of longitudinal force and change in bending stiffness along the length. The article considers existing approaches to solving the investigated issue. The solution of the problem of stability of centrally compressed screws in the wood mass as rods connected to the elastic base is given. Cases of loss of stability of uniformly and non-uniformly compressed screws along the length, single step change in their bending rigidity, as well as various methods of support of the outer end - hinged-movable fixation in perpendicular direction to the longitudinal axis and sliding sealing are considered. The results obtained in the form of graphs of changes in the coefficients of the calculated lengths of compressed rods in the wood mass are recommended to be used to assess their stability under central compression, taking the internal diameter of the thread to determine the moment of inertia of the cross section.*

Key words: *wooden structures, screw, compression, elastic base, stability, critical force, effective length, rigidity.*

© НАЙЧУК А. Я., ГЛУШКО К. К., МАРКЕЧКО Е. В., 2020

Введение

Общеизвестно, что древесина — анизотропный материал. Ее механические свойства зависят от угла приложения нагрузки по отношению к направлению волокон. Наиболее низкие значения прочностных и упругих характеристик для древесины характерны в направлении перпендикулярно волокнам. В этой связи при проектировании деревянных конструкций (например, опорные участки балок пролетом более 18 м, зоны передачи значительных сжимающих усилий в элементах соединений и т. п.) для повышения сопротивления смятию древесины в данном направлении могут быть использованы ввинченные стальные стержни (винты). Согласно нормам [1] несущая способность винта, воспринимающего действие сжимающего усилия, должна определяться из трех условий: обеспечения прочности материала винта на сжатие; сопротивления древесины продавливанию винта и обеспечения устойчивости винта в массиве древесины. Следует отметить, что в [1] для первых двух условий имеются соответствующие расчетные модели, что же касается третьего условия — проверки устойчивости, то здесь отсутствуют какие-либо расчетные модели.

Вместе с тем в целом ряде работ [2—5], а также в методиках технической оценки [6—8] приведены

некоторые расчетные модели винтов, воспринимающих действие сжимающих осевых усилий. В указанных работах используется в основном расчетная модель из публикации [2]. Здесь винт в массиве древесины рассматривается как стержень, связанный с упругим основанием, в условиях шарнирного закрепления головки винта и ее подвижного защемления. Значение критической силы принято по результатам численных исследований, а значения коэффициента постели упругого основания и жесткостей опор определяются по результатам экспериментальных исследований.

В данной статье разработано одно из возможных решений задачи потери устойчивости винта в массиве древесины с учетом таких факторов, как различные способы закрепления головки винта, неравномерное сжатие винта по длине в массиве древесины, а также изменение изгибной жесткости по длине винта.

Основная часть

Впервые решением задач потери устойчивости стержней, связанных с упругим основанием, заинтересовались F. Engesser, M. Piazza, R. Tomasi, R. Modena [9, 10]. Зависимости для определения критических сил они получили путем решения дифференциального уравнения продольного изгиба центрально-нагруженного прямого стержня, связанного с упругим винклеровским основанием:

$$EI\frac{d^4y}{dx^4}+P\frac{d^2y}{dx^2}+cy=0, \quad (1)$$

где EI — изгибная жесткость стержня, Н·м^2; y — перемещение оси стержня относительно начального положения вследствие продольного изгиба, м; x — текущая координата в продольном направлении стержня, м; P — сжимающая продольная сила в стержне, Н; c — коэффициент постели упругого основания.

При решении дифференциального уравнения (1) полагалось, что эпюра продольных сил постоянна по длине стержня, потеря устойчивости происходит в упругой стадии деформирования материала, и, кроме того, деформирование основания происходит также упруго.

Для шарнирно-опертого по концам стержня, связанного с упругим основанием, в работе [9] представлено решение:

$$P=EI\left(\frac{n\pi}{L}\right)^2+c\left(\frac{L}{m\pi}\right)^2, \quad (2)$$

где n — число полуволн; L — длина стержня, м; m — число полуволн функции деформирования.

На основе полученного решения установлено, что в зависимости от коэффициента постели и количества полуволн n результат асимптотически стремится сверху к следующему значению:

$$P=2\sqrt{cEI}. \quad (3)$$

В случае отсутствия неподвижной в поперечном направлении к оси стержня одной из концевых опор [10] критическая сила, определенная по формуле (3), будет завышенной вдвое. К недостатку приведенных решений можно отнести ограниченность их применения, поскольку наибольшая точность достигается в том случае, когда длина волны функции изогнутой оси меньше длины стержня в 1,8 раза [9, 11]. Кроме того, не рассматривается неравномерное распределение продольной силы по длине стержня.

Существуют решения подобной задачи с использованием энергетических методов. Однако они мало применяются из-за необходимости подбирать аппроксимирующие функции изогнутой оси стержня, что удается сделать только в случае неподвижных в поперечном направлении к оси стержня концевых опор.

Перечисленные здесь выражения для определения критических сил основаны на точном решении дифференциального уравнения (1), которое получить не всегда возможно. Приведенное ниже решение устойчивости прямого центрально-сжатого стержня выполнено с применением метода конечных разностей. При построении расчетной модели приняты допущения:

- жесткость упругого основания постоянна по длине и не зависит от величины поперечных деформаций стержня;
- соблюдается упругое деформирование материала стержня;
- влиянием поворота поперечных сечений стержня на закон распределения в нем продольной силы можно пренебречь.

Представляя функцию изогнутой оси стержня в общем случае неизвестной, производят аппроксимацию ее второй и четвертой производной для средних точек, используя метод конечных разностей и принимая второй порядок точности [12, 13]:

$$y_i^{II}=\frac{y_{i-1}-2y_i+y_{i+1}}{h^2}; \quad (4)$$

$$y_i^{IV}=\frac{y_{i-2}-4y_{i-i}+6y_i-4y_{i+1}+y_{i+2}}{h^4}, \quad (5)$$

где h — шаг разбиения, расстояние между соседними точками, м.

Приняв разбиение стержня на n участков, число точек будет равно $n+1$, но составить уравнения (1) можно только для $n-4$ точек в средней части стержня. Остальные четыре уравнения запишем из граничных условий задачи, для задания которых необходимо определить производные в крайних точках.

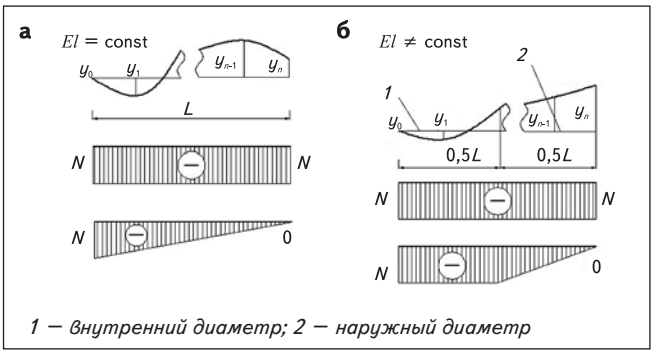


Рис. 1. ***Принятые формы эпюр продольных сил и изменения изгибной жесткости винта по длине***

В этом случае следует использовать интерполяционный полином Лагранжа для аппроксимации функции изогнутой оси стержня по шести точкам, общая форма записи которого имеет вид:

$$L(x) = \sum_{i=0}^{n} y_i l_i(x), \qquad (6)$$

где

$$l(x) = \prod_{j=0, j\neq 0}^{n} \frac{x - x_j}{x_i - x_j} \frac{x - x_{j+1}}{x_i - x_{j+1}} \times \qquad (7)$$

$$\times \frac{x - x_{j+2}}{x_i - x_{j+2}} \cdot \ldots \cdot \frac{x - x_n}{x_i - x_n}.$$

Вычислим его производные первого и старших порядков в *начальной точке* при равноотстоящих точках аппроксимации функции изогнутой оси ($x_{i+1} - x_i = h$):

$$y_0^{II} = \frac{1}{12h^2}(45y_0 - 154y_1 + 214y_2 - \qquad (8)$$

$$- 156y_3 + 61y_4 - 10y_5)$$

и в *конечной точке:*

$$y_n^{I} = \frac{1}{h}\left(\frac{137}{60}y_n - 5y_{n-1} + 5y_{n-2} - \frac{10}{3}y_{n-3} + \qquad (9)\right.$$

$$\left. + \frac{5}{4}y_{n-4} - \frac{1}{5}y_{n-5}\right);$$

$$y_n^{II} = \frac{1}{12h^2}(45y_n - 154y_{n-1} + 214y_{n-2} - \qquad (10)$$

$$- 156y_{n-3} + 61y_{n-4} - 10y_{n-5});$$

$$y_n^{IV} = \frac{1}{h^4}(3y_n - 14y_{n-1} + 26y_{n-2} - 24y_{n-3} + \qquad (11)$$

$$+ 11y_{n-4} - 2y_{n-5}).$$

Принимая равномерное разбиение стержня по длине и расстояние между точками $h = L/n$, можно ввести такие обозначения:

$$u_i^2 = \frac{-N_i L^2}{EI_i}; \quad (12) \qquad R_i = \frac{cL^4}{EI_i}, \quad (13)$$

где N_i — сжимающая продольная сила в точке i, Н; u_i — безразмерный параметр продольной силы; R_i — безразмерный параметр жесткости упругого основания; I_i — момент инерции поперечного сечения стержня в точке i, м^4.

Уравнение (1) можно составить в конечных разностях для произвольной точки в средней части стержня, приведя при этом подобные:

$$y_{i-2} + \left(-4 + \frac{u_i^2}{n^2}\right)y_{i-1} + \left(6 - 2\frac{u_i^2}{n^2} + \frac{R}{n^4}\right)y_i + \qquad (14)$$

$$+ \left(-4 + \frac{u_i^2}{n^2}\right)y_{i+1} + y_{i+2} = 0.$$

Если выбрать кратность разбиения $n = 20$, то можно записать 17 подобных уравнений, принимая последовательно от $i = 2$ до $i = 18$. Общее число неизвестных будет равно 21.

Остальные четыре уравнения можно составить из граничных условий для следующих способов закрепления концов:

- *оба конца имеют шарнирные опоры,* одна из которых подвижна в поперечном направлении к оси стержня, а вторая — неподвижна:

$$M_0 = EI_0 y_0^{II} = 0; \qquad (15)$$

$$M_{20} = EI_{20} y_{20}^{II} = 0; \qquad (16)$$

$$y_0 = 0; \qquad (17)$$

$$EI_{20} y_{20}^{IV} - N_{20} y_{20}^{II} + cy_{20} = 0. \qquad (18)$$

Уравнение (18) представляет собой дифференциальное уравнение (1) в конечных разностях. Приводя подобные, можно записать его таким образом:

$$\frac{1}{12n^4}\left[(36n^4 + 45n^2u_n^2 + 12R_n)y_n - (168n^4 + \qquad (19)\right.$$

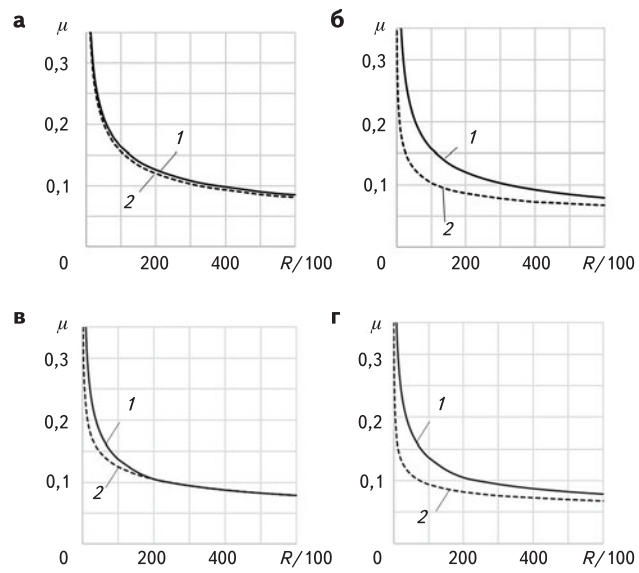
$$\left. + 154n^2u_n^2)y_{n-1} + (312n^4 + 214n^2u_n^2)y_{n-2}\right] -$$

$$- \frac{1}{12n^4}\left[(288n^4 + 156n^2u_n^2)y_{n-3} + (132n^4 + \right.$$

$$\left. + 64n^2u_n^2)y_{n-4} - (24n^4 + 10n^2u_n^2)y_{n-5}\right];$$

- *один из концов закреплен шарнирно* и неподвижно в поперечном направлении к оси стержня, а второй — защемлен, при этом заделка также подвижна к оси стержня в поперечном направлении:

$$\theta_{20} = EI_{20} y_{20}^{I} = 0, \qquad (20)$$



1 — шарнирно-закрепленные концы; 2 — шарнирное закрепление одного конца и подвижное защемление другого конца

Рис. 2. ***Графики изменения коэффициента расчетной длины μ стержня, связанного с упругим основанием R, при прямоугольной (а, в), треугольной (б) и трапециевидной (г) формах эпюры продольной силы***

где M_0, M_{20} — изгибающие моменты на концах стержня, Н·м; θ_{20} — угол поворота на конце стержня, рад.

Остальные уравнения — граничные условия и могут быть записаны как уравнения (15), (17) и (18), при этом производные второго и четвертого порядков в тождестве (18) применены с использованием уравнений (10) и (11).

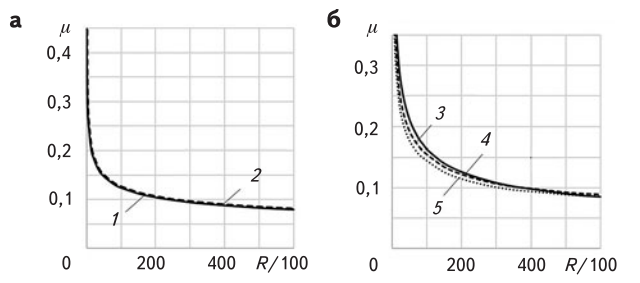
В уравнениях (15), (16) M_0, M_{20} — изгибающие моменты на концах стержня, Н·м; θ_{20} — угол поворота концевого поперечного сечения, рад.

Было произведено решение рассматриваемой задачи для некоторых случаев распределения продольной силы в стержне и изменения его изгибной жесткости:

- изгибная жесткость постоянна *(рис. 1а),* эпюры продольной силы — прямоугольная и треугольная;
- изгибная жесткость стержня переменна по длине — длина резьбы в стержне составляет половину его полной длины *(рис. 1б)*, эпюры продольной силы — прямоугольная и трапециевидная, т. е. имеют прямоугольный вид по ненарезанной части и треугольный вид по нарезанной.

На *рис. 1* показаны исследуемые случаи изменения продольной силы и геометрических характеристик по длине стержня.

На основе данного решения были получены коэффициенты расчетных длин μ стержней в зависимости от безразмерного параметра жесткости упругого основания R. Графики изменения μ приведены на *рис. 2*.



1 — метод конечных разностей; 2 — точное решение F. Engesser; 3 — решение Bygd; 4 — предложенное решение; 5 — решение С. Д. Лейтеса

Рис. 3. ***Графики изменения коэффициентов расчетных длин μ для шарнирнонеподвижно-опертого стержня по концам***

Согласно графикам *(рис. 2а)* значения μ при действии продольной силы, постоянной по длине стержня с шарнирной левой опорой и скользящей заделкой, практически совпадают (разница не превышает 3 %). Наибольшее влияние на критическую силу в этом случае оказывает не способ опирания, а безразмерный параметр жесткости упругого основания уравнения (13). При треугольной форме эпюры продольной силы по длине винта *(рис. 2б),* напротив, способ закрепления играет важную роль, в силу того что максимальные поперечные деформации проявляются у наружного конца стержня, где продольная сила максимальная [2].

Критическую силу можно рассчитать с помощью формулы Эйлера, принимая в ней при определении момента инерции поперечного сечения стержня диаметр винта, равный $0{,}7d_0$ (внутренний диаметр резьбы), в то время как d_0 — внешний диаметр резьбы [2]. Следует отметить, что это справедливо при постоянной по длине изгибной жесткости стержня.

Однако в случае использования винтов с резьбой только на части их длины изгибная жесткость стержня изменяется по длине ступенчато. Если принять внутренний диаметр резьбы винта, равным $0{,}7d_0$ и внешний диаметр d_0 для участка, где резьба отсутствует, то можно получить коэффициенты расчетных длин для рассматриваемых случаев.

Кроме того, следует учитывать, что безразмерный параметр жесткости упругого основания R (формула 13) также зависит от изменения изгибной жесткости стержня. На *рис. 2 в, г* представлены графики изменения μ в зависимости от R, полученные с использованием внутреннего диаметра резьбы винта в формулах (12) и (13).

В том случае, если форма эпюры продольной силы трапециевидна, а длины резьбы больше половины длины винта, то следует воспользоваться линейной интерполяцией между ординатами графиков *(см. рис. 2 в, г).*

Примененный подход для решения задачи устойчивости стержня на упругих опорах универсальный, и его точность зависит от порядка аппроксимации численных производных. Ввиду того обстоятельства, что функция изогнутой оси $y(x)$ не может быть определена в представленном решении, то следует обосновать достаточную точность численной аппроксимации ее производных с заданным шагом. В этом случае задача может быть сведена к сравнению результатов численного решения с известными аналитическими результатами расчетов. Вместе с тем структура решения и общность изложенных рассуждений остаются неизменными.

Введем в определителе устойчивости вместо граничных условий (17) и (18) равенство нулю перемещений в концевых точках $y_0 = 0$, $y_{20} = 0$ и сравним полученное решение с известными. Результаты определения μ, рассчитанных с использованием предложенного подхода и решения из работы [9], представлены на *рис. 3а*. Принято, что эпюра продольной силы неизменна по длине, изгибная жесткость стержня постоянна. Результаты вычисления μ с применением рассматриваемого решения и аналогичные результаты для шарнирно-опертого стержня на упругих опорах постоянной жесткости, полученные с использованием метода деформаций [14, 15], показаны на *рис. 3б*.

Сопоставляя ординаты коэффициентов расчетных длин на графиках *(см. рис. 3а)*, выявлено, что расхождения не превышают 1,5 %. При сравнении результатов вычислений *(см. рис. 3б)* установлено, что расхождения значений расчетных длин не превышают 20 %. Однако стоит отметить, что результаты вычислений по расчетной модели, изложенной в работе [14], получены для шестиопорной упругоопертой балки, а в работе [15] — для четырехопорной, при этом жесткость всех пружин одинакова. Переход от жесткости пружины к коэффициенту постели упругого основания осуществлялся путем деления жесткости пружин на шаг между ними.

Выводы

Разработанное решение задачи потери устойчивости сжатых винтов в массиве древесины позволяет учесть следующие факторы.

1. Различные способы закрепления наружного конца винта. Скользящую заделку следует принимать в случае передачи нагрузки на деревянную конструкцию посредством стальной пластины. При этом наружный конец винта, проходящий сквозь стальную пластину, не имеет возможности поворота.

2. Неравномерное сжатие винта, постоянного поперечного сечения, по длине. Если эпюра продольной силы имеет трапециевидное очертание (промежуточное между треугольным и прямоугольным), то можно воспользоваться линейной интерполяцией между ординатами графиков при подвижном шарнирном опирании наружного конца *(рис. 2а)* или при скользящей заделке *(см. рис. 2б)* в случае одинаковых значений безразмерных параметров жесткости упругого основания.

3. Изменение изгибной жесткости по длине винтов. При неравных по длине участках с резьбой и без резьбы следует применить линейную интерполяцию между ординатами графиков *(см. рис. 2а и 2в, 2б и 2г)* — в зависимости от способа закрепления наружного конца. Значения безразмерных параметров жесткости упругого основания одинаковые.

4. При трапециевидной форме эпюры продольной силы с ненулевым значением на неподвижном конце винта с однократным ступенчатым изменением изгибной жесткости по длине необходимо выполнить линейную интерполяцию между ординатами графиков *(см. рис. 2в и 2г, 2а и 2б)* с последующей линейной интерполяцией между полученными результатами.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. EN 1995-1-1(2004). *Eurocode 5. Design of timber structures. Part 1-1: General — Common rules and rules for buildings* [Еврокод 5. Проектирование деревянных конструкций. Часть 1–1 – общая. Общие правила и правила для зданий]. Available at: https://www.phd.eng.br/wp-content/uploads/2015/12/en.1995.1.1.2004.pdf (accessed 27.02.2020).
2. Bejtka I., Blass H. J. *Self-tapping screws as reinforcement in beam supports* [Винты в качестве усиления опорных частей балок]. Karlsruhe, 2011. 25 p.
3. Formolo S., Granström R. *Compression perpendicular to the grain and reinforcement of a pre-stressed timber deck* [Сжатие перпендикулярно волокнам и усиление деревянных покрытий]. Department of civil and environmental engineering division of structural engineering steel and timber structures, Chalmers University of Technology. Göteborg, 2007. 158 p.
4. Nilsson K. *Skruvarmering som förstärkning i trä vid belastning vinkelrätt fiberriktningen : en försöksstudie, Examensarbete* [Использование винтов для усиления нагруженных деревянных конструкций перпендикулярно направлению волокон: экспериментальное исследование]. Lund, 2002. Rapport TVBK- 5112. 35 p.
5. Reichegger M. *Compressione ortogonale alle fibre negli elementi strutturali lignei secondo le nuove proposte di normative. Analisi e sperimentazione su differenti sistemi di rinforzo: tesi di laurea* [Сжатие по-

перек волокон элементов деревянных конструкций согласно новым положениям норм. Расчеты и эксперименты при различных системах усиления]. l'Universitá degli Studi di Trento. Trento, 2004. 57 p.

6. ETA-11/0024. European Technical Approval. E.u.r.o. Tec screws type "KonstruX", "Paneltwistec", "Topduo", "Terrassotec", "SP FK", "Speedo", "Hobotec", "Hapatec", "SP ZK", "Ecotec", "WBS", "FBAS", "VSS" and "Brutus" [Европейский технический сертификат. E.u.r.o. Типы винтов "KonstruX", "Paneltwistec", "Topduo", "Terrassotec", "SP FK", "Speedo", "Hobotec", "Hapatec", "SP ZK", "Ecotec", "WBS", "FBAS", "VSS" и "Brutus"]. Available at: https://docplayer.net/6139788-European-technical-approval-eta-11-0024.html (accessed 27.02.2020).
7. ETA-11/0030. European Technical Approval. Rotho Blaas Self-tapping screws [Европейский технический сертификат. Винты Rotho Blaas]. Available at: https://www.kofinas.gr/wp-content/uploads/kofinas/certifications/rothoblaas-hbs-certificate-eta-en.pdf (accessed 27.02.2020).
8. ETA-11/0190. European Technical Assessment. Würth Self-tapping screws [Европейская техническая оценка. Винты Würth]. Available at: https://www.wuerth.de/web/media/downloads/pdf/ETA_110190_Wuerth_Holzschrauben_EN_23-7-2018_-elektronische_Kopie_Z50406.18.pdf (accessed 27.02.2020).
9. Engesser F. Die Sicherung offener Brücken gegen Ausknicken [Закрепление открытых мостов от потери устойчивости]. *Zentralblatt der Bauverwaltung*, 1884, No. 40, S. 415–417.
10. Piazza M., Tomasi R., Modena R. Strutture in legno – materiale, calcolo e progetto secondo le nuove normative Europee [Материалы, расчет и проектирование в соответствии с новыми европейскими нормами]. Milano, Hoepli Publ., 2005. 723 p.
11. *Блейх Ф.* Устойчивость металлических конструкций / пер. с англ. М. : Физматгиз, 1959. 544 с. (In Russian).
11. Bleich F. *Stability of metal structures.* Moscow, Fizmatgiz Publ., 1959. 544 p.
12. *Гончаров В. Л.* Интерполяционные процессы и целые функции // Успехи математических наук. 1937. № 3. С. 113–143.
12. Goncharov V. L. Interpolation processes and entire functions. *Advances in mathematical sciences*, 1937, no. 3, pp. 113–143. (In Russian).
13. *Лазаров Р. Д., Макаров В. Л., Самарский А. А.* О построении и исследовании однородных разностных схем // Математический сборник. 1982. Т. 117(159). № 4. С. 469–480.
13. Lazarov R. D., Makarov V. L., Samarsky A. A. On the construction and study of homogeneous difference schemes. *Mathematical collection*, 1982, vol. 117(159), no. 4, pp. 469–480. (In Russian).
14. Bygg : Handbok för hus-, väg- och vattenbyggnad. Allmänna grunder [Справочник по проектированию зданий, транспорных и гидротехнических сооружений. Общие положения]. Stockholm, AB Byggmästarens förlag,1971. Huvuddel 1A. 1032 s.
15. *Лейтес С. Д.* Устойчивость сжатых стальных стержней. М. : Госстройиздат, 1954. 312 с.
15. Leites S. D. *Stability of compressed steel rods.* Moscow, Gosstroyizdat Publ., 1954. 312 p. (In Russian).

Для цитирования: *Найчук А. Я., Глушко К. К., Маркечко Е. В.* Устойчивость стальных центрально-сжатых винтов в массиве древесины // Промышленное и гражданское строительство. 2020. № 7. С. 4–9. DOI: 10.33622/0869-7019.2020.07.04-09

For citation: Naichuk A. Y., Hlushko K. K., Markechko E. V. Stability of Steel Centrally Compressed Screws in Solid Wood. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo* [Industrial and Civil Engineering], 2020, no. 7, pp. 4–9. (In Russian). DOI: 10.33622/0869-7019.2020.07.04-09.

С **26 марта 2019 г.** решением ВАК при Минобрнауки России журнал «ПГС» входит в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата и доктора наук, по специальностям:

- 05.23.01. Строительные конструкции, здания и сооружения;
- 05.23.02. Основания и фундаменты, подземные сооружения;
- 05.23.03. Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение;
- 05.23.04. Водоснабжение, канализация, строительные системы охраны водных ресурсов;
- 05.23.05. Строительные материалы и изделия;
- 05.23.08. Технология и организация строительства;
- 05.23.11. Проектирование и строительство дорог, метрополитенов, аэродромов, мостов и транспортных тоннелей;
- 05.23.17. Строительная механика;
- 05.23.19. Экологическая безопасность строительства и городского хозяйства;
- 25.00.07. Гидрогеология.