

Устойчивость стальных центрально сжатых стержней в методиках СП 16.13330.2011 и EN 1993-1-1

В.С. Галай¹

¹ Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 195251, Россия, г. Санкт-Петербург, Политехническая ул., 29

Информация о статье научная статья

Аннотация

Одним из необходимых расчетов при проектировании стальных конструкций является расчет на устойчивость. И в настоящее время, при расчете стальных конструкций, как правило, руководствуются различными нормативными документами. Такими как, например, российским сводом правил (СП) и европейскими нормами (EN). В данной статье выполняется сравнение методик расчета стальных центрально сжатых стержней на устойчивость по нормативным документам СП 16.13330.2011 и EN 1993-1-1. Выбраны варианты методик расчета, обеспечивающие наименьшую разницу между факторами, определяющими устойчивость в двух методиках. Анализируются факторы, определяющие устойчивость стержней. Приведены графики зависимостей несущей способности стержня по устойчивости от длины стержня, предела текучести стали и геометрических характеристик сечения. Проанализирована разница между результатами расчетов по двум методикам с учетом типа поперечного сечения стержня. В заключении приводятся результаты исследования.

Ключевые слова: устойчивость стальных стержней; центральное сжатие; формула Эйлера; предел текучести стали; анализ методик расчета

Содержание

1.	Введение	83
2.	Материалы и методы	83
3.	Результаты и обсуждение	85
4.	Заключение	88

1. Введение

Формула расчета критической силы была выведена Леонардом Эйлером более 200 лет назад, однако до сих пор не утратила своей актуальности. Она использована в различных нормативных документах, в числе которых СП 16.13330.2011 и EN 1993-1-1.

Вопросам расчета устойчивости посвящено большое количество научных работ [17 – 21]. При этом устойчивость стержневых систем продолжает оставаться актуальной темой для исследования, что подтверждается многочисленными исследованиями в данной области среди отечественных [5 – 10] и зарубежных [11 – 16] исследователей. Расчет устойчивости на стадии проектирования позволяет предотвратить риск потери конструкцией несущей способности вследствие потери устойчивости. Особенно это важно при проектировании мостов, поскольку одной из основных причин их обрушения является потеря устойчивости в элементах конструкции моста или в конструкции в целом [22 – 24].

В рамках настоящего исследования проводится сравнение методик расчёта центрально сжатых стержней на устойчивость, описанных в нормативных документах СП 16.13330.2011 [1] и EN 1993-1-1 [2]. Также анализируются факторы, влияющие на величины несущей способности по устойчивости.

В обеих методиках в расчете несущей способности по устойчивости использована формула Эйлера. Однако в методиках существуют различия, влияющие на конечный результат. Для полного понимания расчета стержня на устойчивость необходимо понимать то, какие факторы и в какой степени влияют на устойчивость стержня, а также знать достоинства и недостатки каждой из методик расчета.

Цель работы – исследование нормативных методик расчёта стальных центрально-сжатых стержней на устойчивость.

Задачи исследования:

- определение параметров, влияющих на несущую способность по устойчивости стального центрально сжатого стержня;
- сравнение методик расчёта устойчивости стальных центрально сжатых стержней, описанных в СП 16.13330.2011 и EN 1993-1-1;
- сравнение результатов расчёта несущей способности стального центрально сжатого стержня по устойчивости по методикам СП 16.13330.2011 и EN 1993-1-1 в зависимости от длины стержня; предела текучести стали; геометрических характеристик поперечного сечения.

2. Материалы и методы

Методики расчёта устойчивости стального центрально-сжатого стержня описаны в пункте 7.1.3 СП 16.13330.2011 и в пункте 6.3.1.1 EN 1993-1-1. В обеих методиках применяется формула Эйлера. При этом между методиками имеется ряд отличий.

В СП кроме коэффициента надёжности по материалу используется коэффициент условий работы, а для учёта геометрических характеристик поперечного сечения в СП используется два коэффициента, в то время как в EN – один. Также в расчете по методике СП обязательно задается модуль упругости стали E . В то время как в EN, если значение модуля упругости не отличается от нормативного, то для расчета связанной с модулем упругости величины $\bar{\lambda}$ используется альтернативная формула. В ней вместо прямого указания модуля упругости E используется величина ε , в которую включено нормативное значение модуля упругости.

Сравнение факторов, определяющих устойчивость стальных центрально сжатых стержней представлено в таблице 1. Для сравнения рассматривается вариант расчета по методике EN, который включает в себя радиус инерции и имеет наименьшее число факторов, определяющих устойчивость.

Таблица 1. Факторы, определяющие несущую способность по устойчивости стальных центрально сжатых стержней

СП 16.13330.2011	EN 1993-1-1
Площадь сечения, A [см ²]	Площадь сечения, A [см ²]
Радиус инерции сечения, i , [см]	Радиус инерции сечения, i , [см]
Длина стержня, l [м]	Длина стержня, l [м]
Коэффициент приведения длины, μ [–]	Коэффициент приведения длины, μ [–]
Предел текучести стали, R_{yn} [Н/мм ²]	Предел текучести стали, f_y [Н/мм ²]
Коэффициент надёжности по материалу, γ_m [–]	Коэффициент надёжности по материалу, γ_{M1} [–]
Коэффициент условий работы, γ_c [–]	Коэффициент, учитывающий начальные несовершенства, α [–]
Коэффициенты, определяемые в зависимости от типов сечений, α, β [–]	–
Модуль упругости стали, E [МПа]	–

Как видно из таблицы, суммарно, по методике СП устойчивость определяют 10 факторов, по методике EN – 7. Из них общих факторов у обеих методик – 6.

Как было отмечено ранее, методики расчета по нормам СП и EN принципиально похожи. Ниже в таблице представлен порядок проведения расчетов на устойчивость по обеим методикам:

Таблица 2. Ход расчетов центрально сжатого стального стержня на устойчивость

СП 16.13330.2011	EN 1993-1-1
Определяем:	Определяем:
1) Гибкость стержня: $\lambda = \frac{\mu \cdot l}{i}$	1) Коэффициент ε : $\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}}$
2) Расчётное сопротивление стали изгибу по пределу текучести: $R_y = \frac{R_{yn}}{\gamma_m}$	2) Условную гибкость стержня: $\bar{\lambda} = \frac{l \cdot \mu}{i} \cdot \frac{1}{93.9 \cdot \varepsilon}$
3) Условную гибкость стержня: $\bar{\lambda} = \lambda \cdot \sqrt{\frac{R_y}{E}}$	3) Коэффициент Ф: $\Phi = 0.5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + \bar{\lambda}^2]$
4) Коэффициент δ : $\delta = 9.87 \cdot (1 - \alpha + \beta \cdot \bar{\lambda}) + \bar{\lambda}^2$	4) Понижающий коэффициент χ : $\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}}$
5) Коэффициент φ : $\varphi = 0.5 \cdot \frac{\delta - \sqrt{\delta^2 - 39.48 \cdot \bar{\lambda}^2}}{\bar{\lambda}^2}$	5) Несущую способность стержня по устойчивости: $N_{b,rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}}$
6) Выполняем проверку условия: $\frac{N}{\varphi \cdot A \cdot R_y \cdot \gamma_c} \leq 1$	6) Выполняем проверку условия: $\frac{N_{Ed}}{N_{b,rd}} \leq 1$

В обеих методиках наблюдается использование констант. В методике СП это 9.87 и 39.84. Обе константы не имеют явно выраженного физического смысла и являются переводными коэффициентами. В отличие от СП, в методике EN обе константы – 235 и 93.9 – имеют физический смысл. 235 – нормативное значение предела текучести в Н/мм², а 93.9 – корень из соотношения нормативных значений модуля упругости и предела текучести стали, умноженного на π^2 .

Несмотря на некоторые различия, принципиальная схожесть методик позволяет сделать следующее заключение – методики расчета стального центрально сжатого стержня на устойчивость, описанные в нормативных документах СП 16.13330.2011 и EN 1993-1-1 практически идентичны. Методика расчета, описанная в EN, предоставляет большую гибкость в виде альтернативных формул для расчета условной

гибкости $\bar{\lambda}$, в которых можно как учитывать значение модуля упругости E , так и принимать его равным нормативному, исключая его из расчета и заменяя значением ε . В то же время, методика, описанная в СП, дополнительно учитывает коэффициент условий работы.

3. Результаты и обсуждение

В результате сравнительного анализа методик расчета стальных стержней на устойчивость при центральном сжатии по нормативным документам СП и EN были построены графические зависимости между несущей способностью по устойчивости и различными параметрами, определяющими несущую способность. Среди этих параметров – длина стержня, предел текучести стали и геометрические характеристики поперечного сечения. Для расчетов, необходимых для построения графиков, были использованы следующие исходные данные:

- $\alpha_{(EN)} = 0.21; \alpha_{(СП)} = 0.04; \beta = 0.09;$
- $f_y = R_{yn} = 235 \text{ Н/мм}^2;$
- $\gamma_{M1} = \gamma_m = 1;$
- $E = 2.06 \cdot 10^5 \text{ Па};$
- $\gamma_c = 0.95;$
- Поперечное сечение – двутавр 20Ш1 (ГОСТ 26020-83 [3]): $A = 38.95 \text{ см}^2; i = 3.61 \text{ см};$
- $l = 8 \text{ м}; \mu = 0.5.$

При построении графика зависимости несущей способности по устойчивости от длины стержня был использован диапазон длин стержней от 1 до 20 м. Результат представлен на рисунке 1:

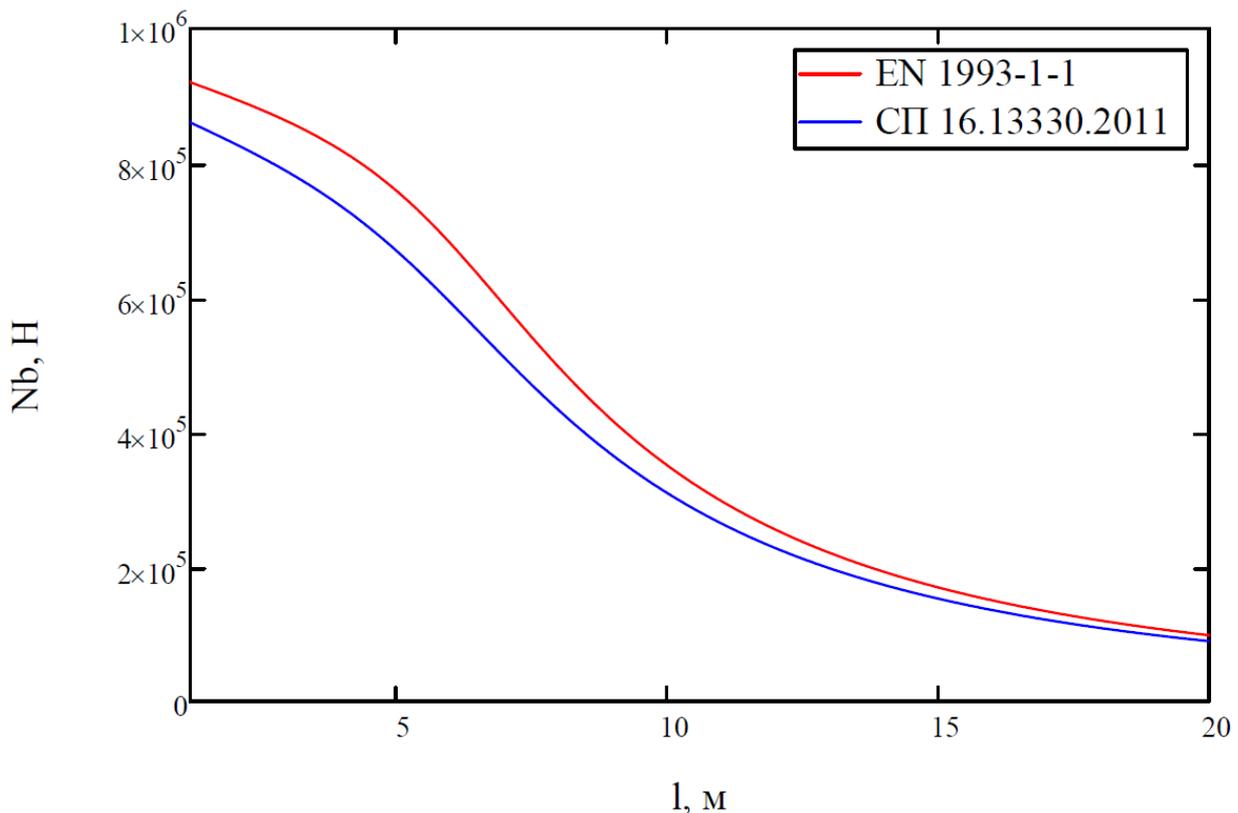


Рисунок 1. График зависимости несущей способности стального стержня по устойчивости при центральном сжатии от длины стержня при расчете по нормам СП и EN

На основании полученного графика можно утверждать, что существует заметная разница между результатами расчетов по нормам СП и EN. Несущая способность, рассчитанная по методике, описанной в EN выше несущей способности, рассчитанной по методике, описанной в СП.

Далее был построен график зависимости несущей способности по устойчивости от предела текучести стали. Диапазон предела текучести – от 235 до 475 Н/мм². График представлен на рисунке 2:

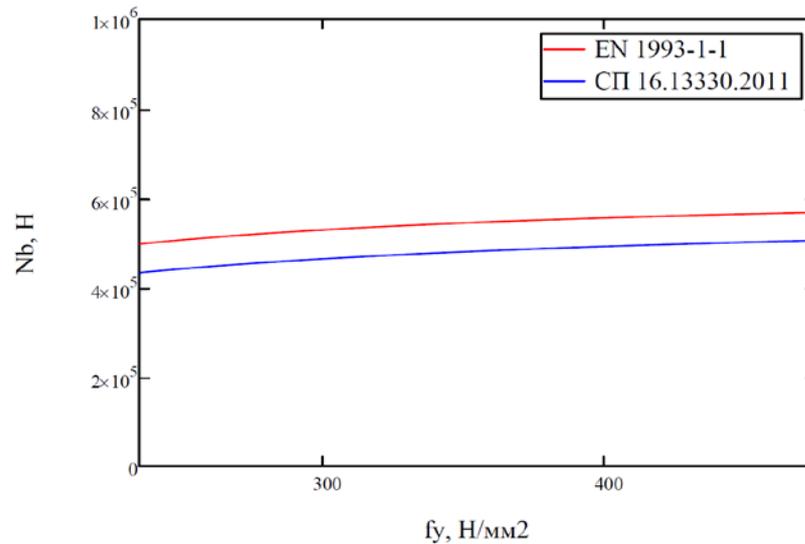


Рисунок 2. График зависимости несущей способности стального стержня по устойчивости при центральном сжатии от предела текучести стали при расчете по нормам СП и EN

При увеличении предела текучести стали несущая способность стержня по устойчивости увеличивается нелинейно. Расхождение между графиками более заметно, чем в предыдущем случае. Анализ причин расхождения между значениями несущей способности по устойчивости будет приведен далее в статье. Как и на предыдущем графике, заметна принципиальная схожесть кривых графика. Это подтверждает утверждение о схожести принципов рассматриваемых методик расчета.

Для исследования зависимости между геометрическими характеристиками поперечного сечения и несущей способностью стального центрально сжатого стержня по устойчивости были выбраны профили сортамента двутавров стальных горячекатаных с уклоном полок по ГОСТ 8239-89 [4]. Геометрическая характеристика сечения представляет собой две взаимосвязанные величины – площадь поперечного сечения A и радиус инерции сечения i . В качестве радиуса инерции сечения был выбран наименьший радиус инерции i_y . График зависимости представлен на рисунке 3:

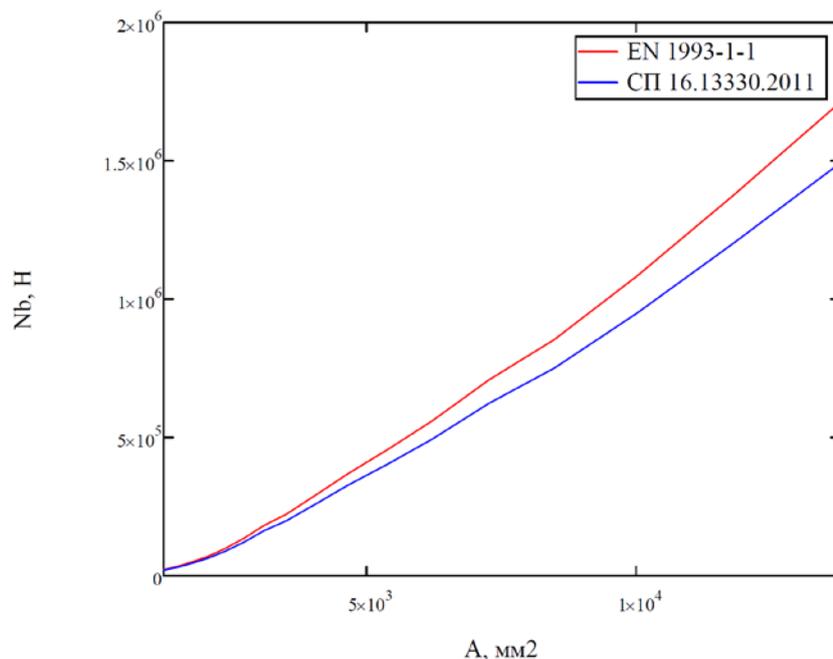


Рисунок 3. График зависимости несущей способности стального стержня по устойчивости при центральном сжатии от геометрических характеристик поперечного сечения при расчете по нормам СП и EN

По графику видно, что при увеличении поперечного сечения стержня – следовательно при увеличении площади поперечного сечения и радиуса инерции – нелинейно увеличивается несущая способность по устойчивости. Как и в предыдущих случаях, видна схожесть составленных графиков, что доказывает написанное ранее утверждение о схожести принципов расчета в рассматриваемых методиках.

Во всех трех случаях исследования зависимости несущей способности по устойчивости от различных определяющих ее факторов было заметно значительное расхождение между результатами, полученными при расчете по методикам СП и EN.

Вследствие этого был проведен анализ расхождений между данными, полученными по методикам СП и EN в процентах. Было проанализировано влияние длины стержня, предела текучести стали и геометрических характеристик сечения на процент расхождения, а также рассмотрены различные типы поперечных сечений – двутавр 20Ш1 [3], швеллер с уклоном полок №20 [25], уголок №10 ($t=16$) [26] и круглая труба ($D=168.0$; $S=5.5$) [27]. Графики, отражающие результаты анализа, представлены на рисунках 4, 5 и 6:

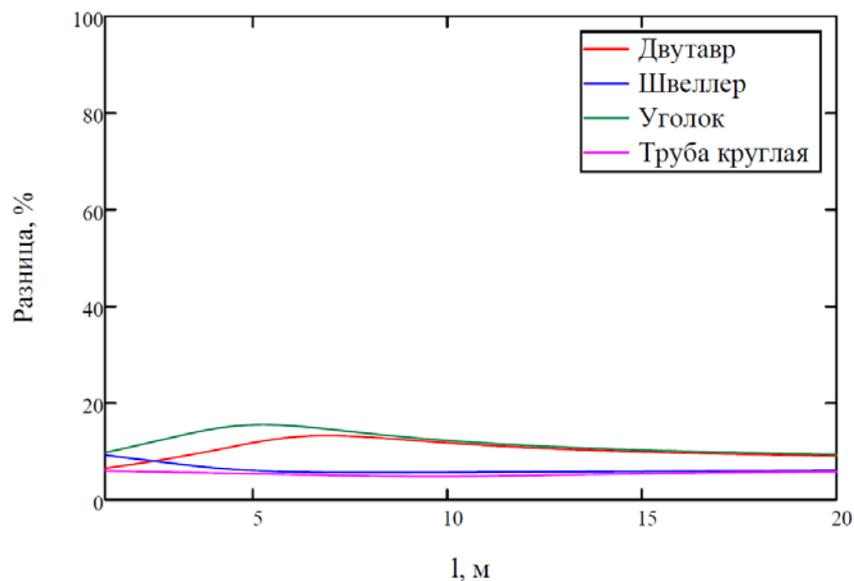


Рисунок 4. График зависимости разницы между значениями несущей способности по методикам СП и EN в зависимости от длины стержня

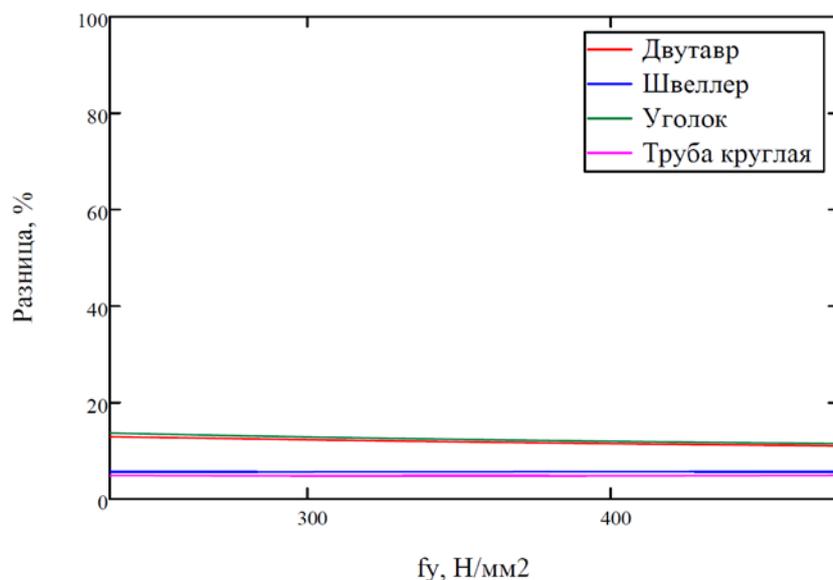


Рисунок 5. График зависимости разницы между значениями несущей способности по методикам СП и EN в зависимости от предела текучести стали

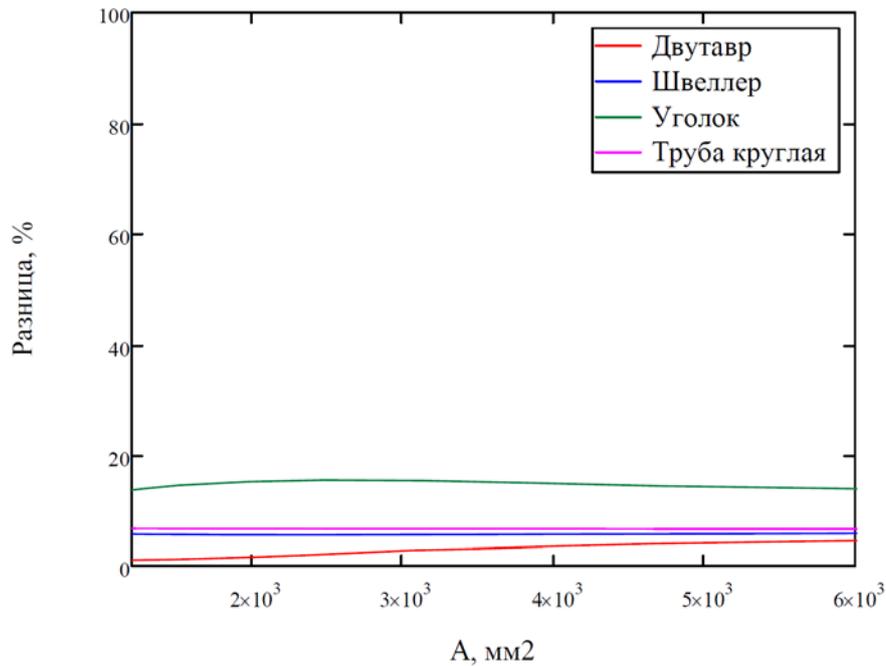


Рисунок 6. График зависимости разницы между значениями несущей способности по методикам СП и EN в зависимости от геометрических характеристик сечения

На основании полученных графиков можно утверждать, что наибольшая разница между результатами расчета на несущую способность по устойчивости получается при расчете уголка на устойчивость в зависимости от длины стержня. В этом случае разница составляет 15.5%. Наименьшая разница получается при расчете двутавра на устойчивость в зависимости от геометрических характеристик сечения – тогда разница составляет 1.1%.

Разница во многом объясняется наличием в методике СП коэффициента условий работы γ_c . В данном случае значение коэффициента меньше единицы – 0.95. Следовательно, итоговое значение несущей способности уменьшается.

Также играют роль различия в присвоении различным типам поперечных сечений коэффициентов (или коэффициента – в случае EN), учитывающих геометрические характеристики сечения. В особенности это заметно на примере расчета уголков на устойчивость. Так, в СП швеллерам и уголкам присваивают одинаковые значения коэффициентов, учитывающих геометрические характеристики сечения – $\alpha = 0.04$, $\beta = 0.14$. В то же время в EN швеллеру соответствует значение коэффициента $\alpha = 0.49$, а уголку – $\alpha = 0.34$.

4. Заключение

Проведен сравнительный анализ методик расчета стальных стержней на устойчивость при центральном сжатии. Проанализированы факторы, определяющие устойчивость стержня при использовании различных методик расчета.

Обе методики одинаковы в том, что имеют в своей основе формулу Эйлера для расчета критической силы. Этим объясняется одинаковый для двух методик характер графиков зависимостей несущей способности стержня по устойчивости от различных факторов. Также по набору факторов, определяющих устойчивость стержня, две методики практически идентичны, за исключением некоторых коэффициентов.

Разница между результатами расчета несущей способности по устойчивости варьируется от 1.1% до 15.5%. Эта разница во многом обусловлена наличием в методике расчета по СП коэффициента условий работы γ_c , который в рассматриваемом примере имеет значение 0.95, что уменьшает несущую способность стержня по устойчивости. Также на разницу в расчетах оказывает влияние разность подходов к присвоению определенным типам поперечных сечений соответствующих им коэффициентов, учитывающих геометрические характеристики сечения.

Литература

- [1]. СП 16.13330.2011. Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-23-81*. М.: Минрегион России, 2011. С. 173.
- [2]. EN 1993-1-1. Eurocode 3: Design of steel structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings. CEN, 2005. Pp. 91.
- [3]. ГОСТ 26020-83. Двутавры стальные горячекатаные с параллельными гранями полок. Сортамент. М.: Госстрой СССР, 1983. С. 5.
- [4]. ГОСТ 8239-89. Двутавры стальные горячекатаные. Сортамент. М.: Госстрой СССР, 1983. С. 4.
- [5]. Лалин В.В., Кушова Д.А. Геометрически нелинейное деформирование и устойчивость плоских упругих стержней с учетом жесткостей на растяжение-сжатие, сдвиг и изгиб. International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. – 2013. Volume 9, Issue 4. С. 178-185.
- [6]. Розин Л.А. Задачи теории упругости и численные методы их решения. СПб.: Изд-во ГТУ. 1998. С. 532.
- [7]. Тимошенко С.П. Устойчивость упругих систем. М.: Гостехтеориздат. 1955. С. 567.
- [8]. Перельмутер А.В., Сливкер В.И. Устойчивость равновесия конструкций и родственные проблемы: в 3-х томах. - М.: Издательство СКАД СОФТ, 2010-2011 гг.
- [9]. Фролова О.А. Анализ напряженно-деформированного состояния стержневых элементов конструкции с учетом статических и динамических воздействий. Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. 2016. Т. 21. № 3. С. 1400-1404.
- [10]. Галкин А.В., Сысоев А.С., Сотникова И.В. Задача устойчивости сжато-изгибаемых стержней со ступенчатым изменением жесткости. Вестник МГСУ. 2015. № 2. С. 38-44.
- [11]. Mehmet Avcar. Elastic Buckling of Steel Columns Under Axial Compression. American Journal of Civil Engineering. Vol. 2, No. 3. 2014. Pp. 102-108.
- [12]. Martin Vilda, Jiří Piják, Jan Barnat, Miroslav Bajer, Jindřich Melcher, Marcela Karmazínová. Comparison of analytical and numerical methods applied to lateral torsional buckling of beams. Procedia Engineering 195. 2017. Pp. 48 – 55.
- [13]. Tejal Patil, Nagesh L Shelke. Structural Analysis of a Cantilever Beam with Tapered Web Section through Fea. J Steel Struct Constr. 2016. Pp. 119-124.
- [14]. Agata Wóka. Impact of High Temperature Creep on the Buckling of Axially Compressed Steel Members. 2017 IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. Pp. 245-251.
- [15]. Kala Z., Kala J. Sensitivity Analysis of Lateral Buckling. Stability Problems of Hot-rolled Steel Beams. Slovak Journal of Civil Engineering, 2006, Vol. 2, No. 5. Pp. 9-14.
- [16]. Martin MacDonald, Muditha P. Kulatunga. Finite Element Analysis of Cold-Formed Steel Structural Members with Performations Subjected to Compression Loading. Mechanics and Mechanical Engineering, Vol. 17, No. 2. 2013. Pp. 127–139.
- [17]. Hodgkinson E. Experimental researches on the strength of pillars of cast iron and other materials. Philosophical Transactions, 1840. Part II. Pp. 385-456.
- [18]. Блейх Фридрих. Устойчивость металлических конструкций. М.: Физматгиз. 1959. С. 544.
- [19]. Bazant Z.P. Correlation study of formulations of incremental deformation and stability of continuous bodies.

References

- [1]. SP 16.13330.2011. Stalnyye konstruksii. Aktualizirovannaya redaktsiya SNiP II-23-81* [Steel structures. Updated version of SNiP II-23-81 *]. M.: Minregion Rossii, 2011. Pp. 173.
- [2]. EN 1993-1-1. Eurocode 3: Design of steel structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings. CEN, 2005. Pp. 91.
- [3]. GOST 26020-83. Dvutavry stalnyye goryachekatanyye s parallelnymi granyami polok. Sortament [I-beams steel hot-rolled with parallel faces of shelves. Assortment]. M.: Gosstroy SSSR, 1983. Pp. 5.
- [4]. GOST 8239-89. Dvutavry stalnyye goryachekatanyye. Sortament [I-beams steel hot-rolled. Assortment]. M.: Gosstroy SSSR, 1983. Pp. 4.
- [5]. Lalin V.V., Kushova D.A. Geometricheski nelineynoye deformirovaniye i ustoychivost ploskikh uprugikh sterzhney s uchetom zhestkostey na rastyazheniye-szhatiye, sdvig i izgib [Geometrically nonlinear deformation and stability of flat elastic rods with allowance for the rigidity of the tensile-compression, shear and bending]. International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. – 2013. Volume 9, Issue 4. Pp. 178-185.
- [6]. Rozin L.A. Zadachi teorii uprugosti i chislenyye metody ikh resheniya [Problems in the theory of elasticity and numerical methods for their solution]. SPb.: Izd-vo GTU. 1998. Pp. 532.
- [7]. Timoshenko S.P. Ustoychivost uprugikh sistem [Stability of elastic systems]. M.: Gostekhtheorizdat. 1955. Pp. 567.
- [8]. Perelmutter A.V., Slivker V.I. Ustoychivost ravnovesiya konstruksiy i rodstvennyye problemy: v 3-kh tomakh.- M.: Izdatelstvo SKAD SOFT, 2010-2011 gg.
- [9]. Frolova O.A. Analiz napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya sterzhnevyykh elementov konstruksii s uchetom staticheskikh i dinamicheskikh vozdeystviy [Analysis of the stress-strain state of the structural elements of the structure taking into account static and dynamic effects]. Vestnik Tambovskogo universiteta. Seriya: Yestestvennyye i tekhnicheskkiye nauki. 2016. T. 21. № 3. Pp. 1400-1404.
- [10]. Galkin A.V., Sysoyev A.S., Sotnikova I.V. Zadacha ustoychivosti szhato-izgibayemykh sterzhney so stupenchatym izmeneniyem zhestkosti [The problem of the stability of compressed-bent rods with a stepwise change in rigidity]. Vestnik MGSU. 2015. № 2. Pp. 38-44.
- [11]. Mehmet Avcar. Elastic Buckling of Steel Columns Under Axial Compression. American Journal of Civil Engineering. Vol. 2, No. 3. 2014. Pp. 102-108.
- [12]. Martin Vilda, Jiří Piják, Jan Barnat, Miroslav Bajer, Jindřich Melcher, Marcela Karmazínová. Comparison of analytical and numerical methods applied to lateral torsional buckling of beams. Procedia Engineering 195. 2017. Pp. 48 – 55.
- [13]. Tejal Patil, Nagesh L Shelke. Structural Analysis of a Cantilever Beam with Tapered Web Section through Fea. J Steel Struct Constr. 2016. Pp. 119-124.
- [14]. Agata Wóka. Impact of High Temperature Creep on the Buckling of Axially Compressed Steel Members. 2017 IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. Pp. 245-251.
- [15]. Kala Z., Kala J. Sensitivity Analysis of Lateral Buckling. Stability Problems of Hot-rolled Steel Beams. Slovak Journal of Civil Engineering, 2006, Vol. 2, No. 5. Pp. 9-14.
- [16]. Martin MacDonald, Muditha P. Kulatunga. Finite Element Analysis of Cold-Formed Steel Structural Members with Performations Subjected to Compression Loading. Mechanics and Mechanical Engineering, Vol. 17, No. 2. 2013. Pp. 127–139.
- [17]. Hodgkinson E. Experimental researches on the strength of pillars of cast iron and other materials. Philosophical Transactions, 1840. Part II. Pp. 385-456.
- [18]. Bleykh Fridrikh. Ustoychivost metallicheskih konstruksiy [Stability of metal structures]. M.: Fizmatgiz. 1959. Pp. 544.

- Journal of Applied Mechanics Transactions, ASME. – 1971. – Vol.38. Pp. 919-928.
- [20]. Kardomateas G.A. Buckling of moderately thick orthotropic columns: comparison of an elasticity solution with the Euler and Engesser/Haringx/Timoshenko formulae. International Journal of Solids and Structures. -1997. - Vol.34(3). Pp. 341-357.
- [21]. Reissner E. Some remarks on the problem of column buckling. Ingenieur-Archiv. – 1982. – Vol.52. Pp. 115-119.
- [22]. Логинова Е.В., Красиков В.В. Потеря прочности, жёсткости, устойчивости строительных конструкций зданий и сооружений. Вестник Хакасского государственного университета им. Н.Ф. Катанова. 2015. № 13. С. 12-17.
- [23]. Андрианов Ю.А. Актуальность проблемы эксплуатационной надёжности мостов. Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). 2014. № 2 (37). С. 77-81.
- [24]. Козырева Л.В., Китарь Е.В. Аварии мостовых сооружений. Техническое регулирование в транспортном строительстве. 2015. № 1 (9). С. 37-42.
- [25]. ГОСТ 8240-89. Швеллеры стальные горячекатаные. Сортамент. Минск: ИПК Издательство стандартов. 2001. С. 10.
- [26]. ГОСТ 8509-93. Уголки стальные горячекатаные равнополочные. Сортамент. Минск: Стандартиформ. 2005. С. 12.
- [27]. ГОСТ Р 54157-2010. Трубы стальные профильные для металлоконструкций. Технические условия. М.: Стандартиформ. 2011. С. 74.
- [19]. Bazant Z.P. Correlation study of formulations of incremental deformation and stability of continuous bodies. Journal of Applied Mechanics Transactions, ASME. – 1971. – Vol.38. Pp. 919-928.
- [20]. Kardomateas G.A. Buckling of moderately thick orthotropic columns: comparison of an elasticity solution with the Euler and Engesser/Haringx/Timoshenko formulae. International Journal of Solids and Structures. -1997. -Vol.34(3). Pp. 341-357.
- [21]. Reissner E. Some remarks on the problem of column buckling. Ingenieur-Archiv. – 1982. – Vol.52. Pp. 115-119.
- [22]. Loginova Ye.V., Krasikov V.V. Poterya prochnosti, ustoychivosti stroitelnykh konstruksiy zdaniy i sooruzheniy [Loss of strength, rigidity, stability of building structures of buildings and structures]. Vestnik Khakasskogo gosudarstvennogo universiteta im. N.F. Katanova. 2015. № 13. Pp. 12-17.
- [23]. Andrianov Yu.A. Aktualnost problemy ekspluatatsionnoy nadezhnosti mostov [The urgency of the problem of the operational reliability of bridges]. Vestnik Moskovskogo avtomobilno-dorozhnogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (MADI). 2014. № 2 (37). Pp. 77-81.
- [24]. Kozyreva L.V., Kitar Ye.V. Avarii mostovykh sooruzheniy [Accidents of bridge structures]. Tekhnicheskoye regulirovaniye v transportnom stroitelstve. 2015. № 1 (9). Pp. 37-42.
- [25]. GOST 8240-89. Shvellery stalnyye goryachekatanyye. Sortiment [Channel bars steel hot-rolled. Assortment]. Minsk: IPK Izdatelstvo standartov. 2001. Pp. 10.
- [26]. GOST 8509-93. Ugolki stalnyye goryachekatanyye ravnopolochnyye. Sortiment [Corners steel hot-rolled equilateral. Assortment]. Minsk: Standartinform. 2005. Pp. 12.
- [27]. GOST R 54157-2010. Truby stalnyye profilnyye dlya metallokonstruksiy. Tekhnicheskiye usloviya [Steel profile pipes for metal structures. Technical specifications]. M.: Standartinform. 2011. Pp. 74.

Галай, В.С. Устойчивость стальных центрально сжатых стержней в методиках СП 16.13330.2011 и EN 1993-1-1 // Alfabuild. 2019. № 4(11). С. 82-91.

Galay, V.S. Stability of steel centrally compressed rods in the methods of SP 16.13330.2011 and EN 1993-1-1. Alfabuild. 2019. 4(11). Pp. 82-91. (rus)

Stability of steel centrally compressed rods in the methods of SP 16.13330.2011 and EN 1993-1-1

V.S. Galay¹

¹ Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, 29 Politechnicheskaya St., St. Petersburg, 195251, Russia

Article info

research article

Abstract

One of the necessary calculations in the design of steel structures is the calculation of stability. And today, when calculating steel structures, as a rule, engineers are guided by various normative documents. Such as, for example, the Russian code of rules (SP) and European norms (EN). In this paper, the methods for calculating steel centrally compressed rods for stability according to the normative documents of SP 16.13330.2011 and EN 1993-1-1 are compared. Variants of calculation methods are chosen, which ensure the smallest difference between the factors determining the stability in the two methods. The factors determining the stability of the rods are analyzed. Graphs of the dependences of the bearing capacity of the rod on stability from the length of the rod, the yield stress of steel, and the geometric characteristics of the cross-section are given. The difference between the results of calculations using two methods is analyzed considering the type of the cross-section of the rod. In conclusion, the results of the study are presented.

Keywords:

stability of steel rods; central compression; Euler's formulae; yield stress of steel; analysis of calculation methods

¹ Corresponding author

1. +7(911)2497349, galaj.vs@edu.spbstu.ru (Galay Vladislav, undergraduate)