

05.13.18

¹И.Р. Бадертдинов, ¹И.Л. Кузнецов д-р техн. наук,
^{2,3}Л.С. Сабитов канд. техн. наук, ²Л.Ш. Ахтямова

¹Казанский государственный архитектурно-строительный университет,
²Казанский (Приволжский) федеральный университет,
³Казанский государственный энергетический университет,
 Казань, l.sabitov@bk.ru

**РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ РАСЧЕТА НА УСТОЙЧИВОСТЬ
 УПРУГО ОПЁРТЫХ ТОНКОСТЕННЫХ СТЕРЖНЕЙ ОТКРЫТОГО СЕЧЕНИЯ
 РЕШЕТЧАТЫХ КОНСТРУКЦИЙ БАШЕННЫХ СООРУЖЕНИЙ**

Авторами предложены уравнения для расчета на устойчивость и прочность тонкостенных стержней открытого сечения с шарнирным опиранием торцов обобщаются на задачи с граничными условиями, соответствующими упругому взаимодействию с соседними элементами конструкции. Данная методика реализована в авторском программном комплексе AutoRSS.05.

Ключевые слова: тонкостенные стержни, опоры переменного сечения, напряженно-деформированное состояние стержня переменного сечения, устойчивость стержня.

Рост применения легких стальных конструкций позволяет при снижении массы обеспечивать их высокую несущую способность и жесткость, однако при этом возрастает роль расчета на устойчивость упруго опертых тонкостенных стержней открытого сечения [1, 3-6].

Наиболее распространенными вариантами упругого закрепления стержней в решетчатых конструкциях башенных сооружений являются представленные на рисунке 1 схемы: а) один конец стержня жестко заделан, другой упруго закреплен и б) оба конца стержня упруго заделаны.

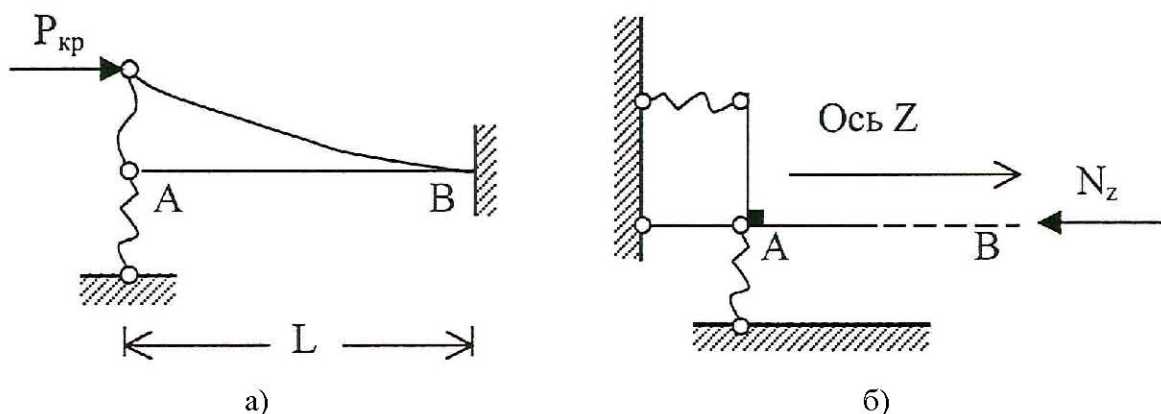


Рис. 1. Схемы упругого закрепления стержней открытого сечения решетчатых конструкций башенных сооружений

На рисунке 1, а показан стержень АВ, длиной L, правый конец которого жестко зашпелен, а левый конец А упруго взаимодействует с соседним элементом конструкции.

Рассмотрим первый вариант (рисунок 1а). При сжатии стержня АВ критической силой $P_{кр}$ уравнение его устойчивости можно записать в виде:

$$EJ_x \cdot v''(z) + pv(z) = +C_1z + C_2, \tag{1}$$

где E – модуль упругости стержня; J – минимальный момент инерции стержня; $v(z)$ – зависимость вертикального перемещения стержня от z; C1 и C2 – константы интегрирования.

При вертикальном перемещении точки А возникает вертикальная поперечная сила Q_A , пропорциональна отклонению V_A :

$$Q_A^{(1)} = k_{1A} \cdot V_A,$$

где k_{1A} – коэффициент упругости опоры А.

Для определения критической силы $P_{кр}$ в наиболее распространённых случаях упругого закрепления стержней (рисунок 1) была предложена численно-аналитическая методика решения уравнения (1) устойчивости стержня, реализованная в своем индивидуальном программном комплексе авторской разработки AutoRSS.05 [2].

При решении тестовой задачи (Рисунок 1а) полагаем для определенности, что коэффициент жесткости стержня $k_{2A} = EF/L$, где модуль упругости стержня $E = 2,1 \cdot 10^5$ МПа, длина $L = 0,1$ м; площадь сечения стержня $F = 8$ см².

В таблице 1 приведены полученные значения критических сил $P_{кр}$, при этом жесткость опоры k_{2A} изменялась в расчетах с помощью коэффициента α_{2A} . Значения критической силы $P_{кр}$ сравнивались с аналитическим решением аналогичной задачи по методу Г.С. Писаренко. [9]. Последнее значение таблицы $P_{кр} = 13,82$ кН соответствует свободному концу А и подсчитано по формуле Эйлера.

Таблица 1 Критические силы (кН)

α_{2A}	$P_{кр}$	$P_{кр}$ (Метод Писаренко)
1.0	113.03	113.06
0.1	112.96	112.99
0.01	112.24	112.27
0.001	98.30	98.32
0.0002	39.98	39.98
0.0001	27.19	27.19
0.0	13.82	13.82

Результаты решения тестовой задачи подтверждают корректность и высокую точность предложенной методики решения, реализованной в виде компьютерной программы удобной для использования. Наложения на свободной конец стержня упругой связи с малой жесткостью значительно повышает его устойчивость при продольном сжатии.

Заключение:

Предложена численно-аналитическая методика позволяющая определить напряженно-деформированное состояние элементов решетки с различными видами заделки, при этом данная методика реализована в своем индивидуальном программном комплексе авторской разработки AutoRSS.05.

Список литературы

1. Бадертдинов И.Р., Кузнецов И.Л., Сабитов Л.С. Напряженно- деформированное состояние трехгранных решетчатых конструкций Научно-технический вестник Поволжья. 2018. № 11. С. 192-194.
2. Свид. о гос. регистрации программы для ЭВМ №2019611305 от 24.01.2019 «AutoRSS.05» Сабитов Л.С., Кузнецов И.Л., Бадертдинов И.Р. Заявка 2018662422 от 07.11.2018г.
3. *Sabitov L.S., Kuznetsov I.L., Bogdanovich A.U., Khusainov D.M.* Critical Load Of Thin-Walled Rod With Various Cross Section Shape By Length Journal of Engineering and Applied Sciences, Volume 11, Number 6 (2016) pp 1186-1190
4. Сабитов Л.С., Кузнецов И.Л., Богданович А.У. Напряженно-деформированное состояние слабokonичного стержня переменного сечения //Вестник ИрГТУ г. Иркутск, №7 (90) Июль, 2014г, С. 71-79.
5. Богданович А.У., Кузнецов И.Л. Продольное сжатие тонкостенного стержня переменного сечения при различных вариантах закрепления торцов.//Известия вузов. Строительство, №10, 2005. -С. 19-25.
6. *Sabitov L.S., Khamidulin I.N., Kuznetsov I.L., Khusainov D.M.* Stress-strained state of supports for energy construction International Journal of Applied Engineering Research (IJAER) Volume 10, Number 24 (2015) pp 45438-45348.
7. Тимошенко С.П. Устойчивость стержней, пластин и оболочек. – М.: Наука, - 1971. – С.186.
8. Под. ред Биргера И.А. и Пановко Я.Г. Прочность, устойчивость, колебания – т.3: Справочное пособие для научных работников. – М.: Машиностроение, - 1968. – С.35.
9. Под. ред. Писаренко Г.С. Сопротивление материалов: Учеб. пособие для вузов. – Киев: Вища школа – 1979. С.507.