

УДК 691.32

Савенков Андрей Иванович,

к.т.н., доцент кафедры «Промышленное и гражданское строительство»,
ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,

e-mail: savenkov_andrey@mail.ru

Плосконосова Алена Олеговна,

учебный мастер кафедры «Промышленное и гражданское строительство»,
ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет».РАСЧЕТ ВЫГИБА И НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ВНЕЦЕНТРЕННО СЖАТЫХ
СТОЕК ЗАМКНУТОГО СЕЧЕНИЯ

Savenkov A.I., Ploskonosova A.O.

CALCULATION OF BENDING AND BEARING CAPACITY OF NON-
CENTRALLY COMPRESSED CLOSED-SECTION RACKS

Аннотация. В статье представлен теоретический расчет несущей способности величины выгиба в крайних волокнах, находящихся в средней трети длины стоек, для внецентренно сжатых элементов коробчатого сечения в зависимости от эксцентриситета и нагрузки.

Ключевые слова: внецентренно сжатые стойки, несущая способность, выгиб стойки.

Abstract. The article presents a theoretical calculation of the load-bearing capacity of out-of-center compressed box-section racks depending on the eccentricity and the amount of bending in the extreme fibers of the racks located in the middle third of their length.

Keywords: out-of-center compressed racks, bearing capacity, bending of the rack.

При строительстве в сейсмических районах необходимым требованием к возводимым объектам является снижение собственного веса конструкций и стоимости строительного производства. В работе рассматривается технология, совмещающая известную методику каркасно-щитового строительства с использованием дерева или лёгких металлоконструкций и отработанную технологию получения на стройплощадке теплоизоляционного, звукоизоляционного монолитного неавтоклавного пенобетона, используемого в элементах и узлах дома. Принцип возведения монолитно-каркасных сооружений с применением пенобетона заключается в формировании металлической конструкции, состоящей из колонн, опирающихся на фундамент, и замкнутых пенобетоном горизонтальных балочных клеток перекрытий, связывающих все элементы каркаса в единый прочный остов здания [1].

Ранее были проведены эксперименты по сравнительной оценке несущей способности и продольных выгибов стоек свободных и стесненных, находящихся в среде пенобетона [2, 3]. Было определено, что благодаря стесненности, у стоек, находящихся в пенобетонной обойме, несущая способность намного выше, чем у свободных.

В данной работе поставлена задача теоретически оценить работу стоек замкну-

того сечения (рис. 1) и вычислить значение продольного выгиба стоек в зависимости от заданного эксцентриситета. Здесь новизна заключается в том, что для оценки выгиба сжатых стоек предлагается их работу представить как изгибаемых элементов и вывести изгиб по известной формуле Вережагина, как частного случая формулы Ясинского. При этом несущую способность вычислить согласно нормативному требованию СП 16.13330.2017 «Стальные конструкции».

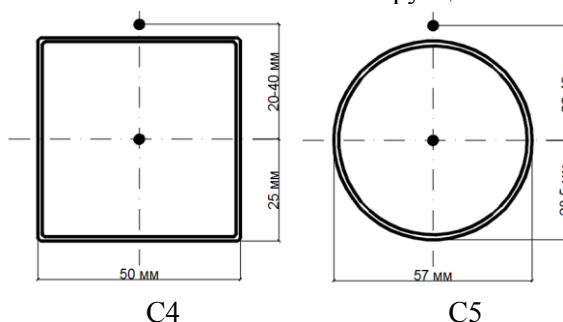


Рисунок 1 – Сечения испытываемых стоек с указанным эксцентриситетом.

Нагруженная стойка закреплена шарнирно в обоих опорах и загружается сначала центрально и далее с эксцентриситетом (рис. 2). Коэффициент расчетной длины принимается за единицу.

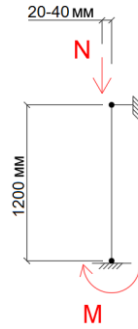


Рисунок 2 – Расчетная схема испытания внецентренно нагруженной стойки.

Расчет несущей способности производится согласно СП16.13330-2017.

Стойка С4

Гн 50х2

Расчетное сопротивление $R_y=24,5$

Площадь сечения $A=3,74 \text{ см}^2$;

Осевой момент инерции $J_x=J_y=14,15$

см^4 ;

Момент сопротивления $W_x=W_y=5,66$

см^3 ;

Радиус инерции $i_x=i_y=1,95 \text{ см}$.

Центральное сжатие при $e=0 \text{ см}$,

п.7.1.3 формула 7 $\frac{N}{\varphi A R_y \gamma_c} \leq 1$;

$$\lambda = \frac{L}{i_x} = \frac{120}{1,95} = 61,5$$

$$\bar{\lambda} = \lambda \frac{R_y}{E} = 61,5 \frac{24,5}{20600} = 2,12$$

Тип сечения «а», по таблице Д.1 $\varphi=0,864$

$$N_1 = \varphi A R_y = 0,864 \cdot 3,74 \cdot 24,5 = 79,2 \text{ кН}$$

Внецентренное сжатие при $e=2 \text{ см}$,

п.9.2.2 формула 109 $\frac{N}{\varphi_e A R_y \gamma_c} \leq 1$;

$$m = \frac{eA}{W_c} = \frac{2 \cdot 3,74}{5,66} = 1,32$$

Тип сечения 4, таблица Д.2 $\eta = (1,35 - 0,05m) - 0,01(5 - m)\lambda = (1,35 - 0,05 \cdot 1,32) - 0,01(5 - 1,32)2,12 = 1,21$

$$m_{ef} = m \cdot \eta = 1,32 \cdot 1,21 = 1,6$$

По таблице Д.3 $\varphi_e = 0,434$

$$N_2 = \varphi_e A R_y = 0,434 \cdot 3,74 \cdot 24,5 = 39,78 \text{ кН}$$

При $e=3 \text{ см}$,

п.9.2.2 формула 109 $\frac{N}{\varphi_e A R_y \gamma_c} \leq 1$;

$$m = \frac{eA}{W_c} = \frac{3 \cdot 3,74}{5,66} = 1,98$$

Тип сечения 4, таблица Д.2 $\eta = (1,35 - 0,05m) - 0,01(5 - m)\lambda = (1,35 - 0,05 \cdot 1,98) - 0,01(5 - 1,98)2,12 = 1,19$

$$m_{ef} = m \cdot \eta = 1,98 \cdot 1,19 = 2,35$$

По таблице Д.3 $\varphi_e = 0,362$

$$N_3 = \varphi_e A R_y = 0,362 \cdot 3,74 \cdot 24,5 = 33,17 \text{ кН}$$

При $e=4 \text{ см}$,

п.9.2.2 формула 109 $\frac{N}{\varphi_e A R_y \gamma_c} \leq 1$;

$$m = \frac{eA}{W_c} = \frac{4 \cdot 3,74}{5,66} = 2,64$$

Тип сечения 4, таблица Д.2 $\eta = (1,35 - 0,05m) - 0,01(5 - m)\lambda = (1,35 - 0,05 \cdot 2,64) - 0,01(5 - 2,64)2,12 = 1,17$

$$m_{ef} = m \cdot \eta = 2,64 \cdot 1,17 = 3,1$$

По таблице Д.3 $\varphi_e = 0,303$

$$N_4 = \varphi_e A R_y = 0,303 \cdot 3,74 \cdot 24,5 = 27,76 \text{ кН}$$

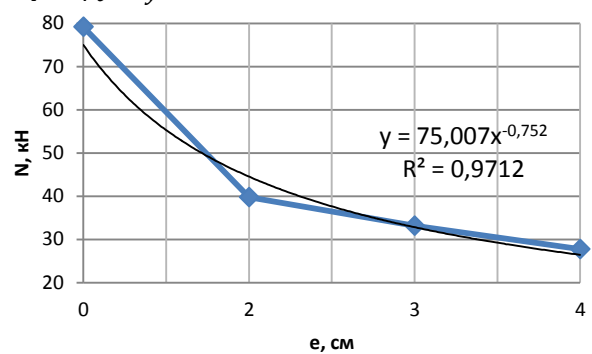


Рисунок 3 – Расчетная несущая способность свободной стойки С4 от эксцентриситета.

$$f = \frac{L^2}{12EJ} Ne = \frac{120^2}{12 \cdot 20600 \cdot 14,5} Ne = 0,004 Ne$$

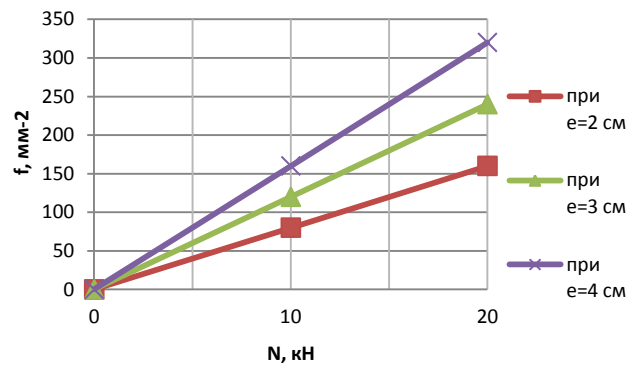


Рисунок 4 – Расчетный выгиб стойки С4 от эксцентриситета.

Стойка С5

Тр 50х2

$R_y=24,5$

$A=3,46 \text{ см}^2$;

$J_x=J_y=13,08 \text{ см}^4$;

$W_x=W_y=4,59 \text{ см}^3$;

$i_x=i_y=1,95 \text{ см}$.

Центральное сжатие при $e=0$ см,
п.7.1.3 формула 7 $\frac{N}{\varphi A R_y \gamma_c} \leq 1$;

$$\lambda = \frac{L}{i_x} = \frac{120}{1,95} = 61,5$$

$$\bar{\lambda} = \lambda \frac{R_y}{E} = 61,5 \frac{24,5}{20600} = 2,12$$

Тип сечения «а», по таблице Д.1
 $\varphi=0,864$

$$N_1 = \varphi A R_y = 0,864 \cdot 3,46 \cdot 24,5 = 73,2 \text{ кН}$$

Внецентренное сжатие при $e=2$ см,
п.9.2.2 формула 109 $\frac{N}{\varphi_e A R_y \gamma_c} \leq 1$;

$$m = \frac{eA}{W_c} = \frac{2 \cdot 3,46}{4,59} = 1,5$$

Тип сечения 4, таблица Д.2 $\eta =$
 $(1,35 - 0,05m) - 0,01(5 - m)\lambda =$
 $(1,35 - 0,05 \cdot 1,5) - 0,01(5 - 1,5)2,12 = 1,2$
 $m_{ef} = m \cdot \eta = 1,5 \cdot 1,2 = 1,8$

По таблице Д.3 $\varphi_e = 0,425$

$$N_2 = \varphi_e A R_y = 0,425 \cdot 3,46 \cdot 24,5 = 36 \text{ кН}$$

При $e=3$ см,

п.9.2.2 формула 109 $\frac{N}{\varphi_e A R_y \gamma_c} \leq 1$;

$$m = \frac{eA}{W_c} = \frac{3 \cdot 3,46}{4,59} = 2,26$$

Тип сечения 4, таблица Д.2 $\eta =$
 $(1,35 - 0,05m) - 0,01(5 - m)\lambda =$
 $(1,35 - 0,05 \cdot 2,26) - 0,01(5 - 2,26)2,12 =$
 $1,18$

$$m_{ef} = m \cdot \eta = 2,26 \cdot 1,18 = 2,67$$

По таблице Д.3 $\varphi_e = 0,328$

$$N_3 = \varphi_e A R_y = 0,328 \cdot 3,46 \cdot 24,5 = 27,8 \text{ кН}$$

При $e=4$ см,

п.9.2.2 формула 109 $\frac{N}{\varphi_e A R_y \gamma_c} \leq 1$;

$$m = \frac{eA}{W_c} = \frac{4 \cdot 3,46}{4,59} = 3$$

Тип сечения 4, таблица Д.2 $\eta =$
 $(1,35 - 0,05m) - 0,01(5 - m)\lambda =$
 $(1,35 - 0,05 \cdot 3) - 0,01(5 - 3)2,12 = 1,16$

$$m_{ef} = m \cdot \eta = 3 \cdot 1,16 = 3,48$$

По таблице Д.3 $\varphi_e = 0,281$

$$N_4 = \varphi_e A R_y = 0,281 \cdot 3,46 \cdot 24,5 = 23,8 \text{ кН}$$

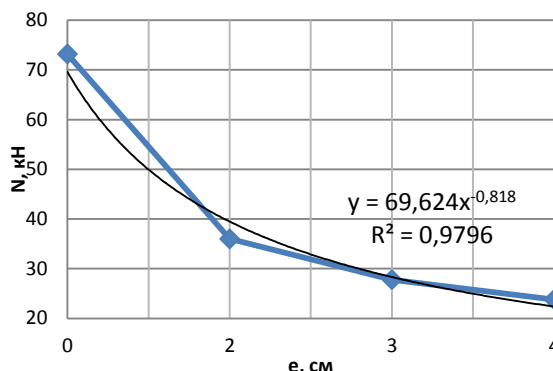


Рисунок 5 – Расчетная несущая способность свободной стойки С5 от эксцентриситета.

$$f = \frac{L^2}{12EJ} Ne = \frac{120^2}{12 \cdot 20600 \cdot 13,08} Ne = 0,0045 Ne$$

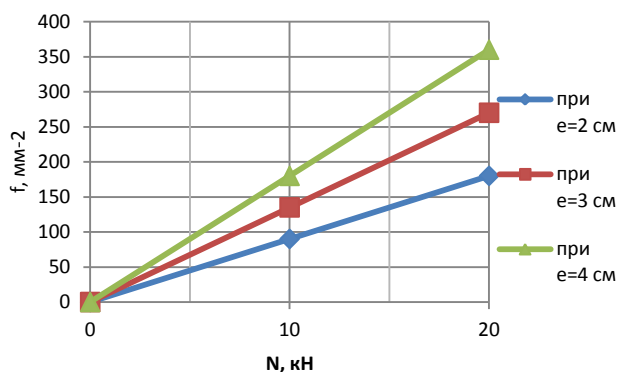


Рисунок 6 – Расчетный выгиб стойки С5 от эксцентриситета.

Вывод: применение металлических конструкций замкнутого профиля в сжатых и сжато-изгибаемых элементах каркасов зданий позволяет снижать собственный вес и стоимость этих элементов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СТО 501-52-01-2007. Проектирование и возведение ограждающих конструкций жилых и общественных зданий с применением ячеистых бетонов в Российской Федерации. Часть 1. — М., 2007.

2. Савенков, А.И., Заенец, Е.О., Кетнер, А.В. Устойчивость элементов металлического каркаса при работе в стесненных условиях // Современные технологии и

научно – технический прогресс. Сборник материалов Международной научно-технической конференции имени профессора В.Я. Баденикова. — Ангарск: Издательство АНГТУ, 2021. — с. 199.

3. Савенков, А.И., Пешков, В.В., Горбач, П.С., Щербин, С.А. Strength of cellular concrete as a function of density under axial uniaxial compression // IOP Conference Se-