

**Савенков Андрей Иванович,**

к.т.н., доцент, Ангарский государственный технический университет,

e-mail: savenkov\_andrey@mail.ru

**Заенец Евгений Олегович,**

магистрант, Ангарский государственный технический университет,

e-mail: evgenii.zaenec.9@mail.ru

**Кетнер Андрей Владимирович,**

магистрант, Ангарский государственный технический университет,

e-mail: andrey20118@gmail.com

## **ДЕФОРМАЦИИ ВНЕЦЕНТРЕННО-СЖАТОЙ СТОЙКИ В ПЕНОБЕТОННОЙ ОБОЙМЕ**

**Savenkov A.I., Zayenets E.O., Ketner A.V.**

## **DEFORMATIONS OF AN OFF-CENTER COMPRESSED RACK IN A FOAM CONCRETE CAGE**

**Аннотация.** Оценивается совокупность напряжений и деформаций, возникающих при центральном и внецентренном сжатии стойки в пенобетонной обойме. Такое техническое решение повышает общую устойчивость сжатых элементов.

**Ключевые слова:** металлический каркас, тонкостенный профиль, пенобетон.

**Abstract.** The set of stresses and deformations that occur during the central and off-central compression of the rack in the foam concrete cage is estimated. This technical solution increases the overall stability of the compressed elements.

**Keywords:** metal frame, thin-walled profile, foam concrete.

В строительстве, а также во многих других отраслях техники широкое применение находят конструкции, выполненные из тонкостенных стержневых элементов, в совокупности с непосредственным приготовлением на стройплощадке теплоизоляционного, звукоизоляционного монолитного неавтоклавного пенобетона, используемого в качестве заполнения каркаса, который после схватывания образует капитальный тёплый контур здания [1]. Таким образом обеспечиваются высокие прочностные свойства объёмной конструкции несущего каркаса, позволяющего строить как жилые каркасные дома, так и производственные сооружения.

Пенобетон как стеновой материал дешёв и эффективен, но, ввиду его недостаточной прочности, сам по себе не может применяться для несущих конструкций. Наилучшим его применением может являться совместная работа с элементами стального каркаса. В этом случае решается двойная задача: монолитный пенобетон придаёт стальным балкам и колоннам повышенную коррозионную и огнестойкость. Металлоконструкции, находящиеся в пенобетонной обойме, также получают дополнительную устойчивость [1÷3].

Проблема устойчивости элементов конструкций является одной из наиболее актуальных проблем строительной механики. Несущая способность конструкций, повышение их прочности, снижение материалоемкости во многих

случаях определяются их устойчивостью. Гибкость элементов конструкций часто оказывается такой, что потеря устойчивости стержней, пластин и оболочек происходит за пределом упругости. Поэтому является важным рассмотрение вопросов устойчивости элементов конструкций при работе материала не только в упругой области, но и в упругопластической.

В основе современной концепции устойчивости, её методологии лежит исследование перемещений, напряжений и деформаций при силовом испытании конструкций и их элементов, а также описание всех стадий последовательного увеличения нагрузки.

Для выявления влияния пенобетонной обоймы на несущую способность металлической стойки проводились испытания по схемам на рисунках 1, 2, 3.

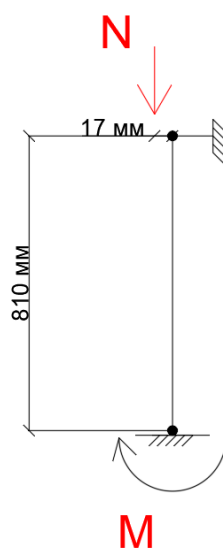


Рисунок 1 – Расчётная схема испытания внецентренно-нагруженной стойки

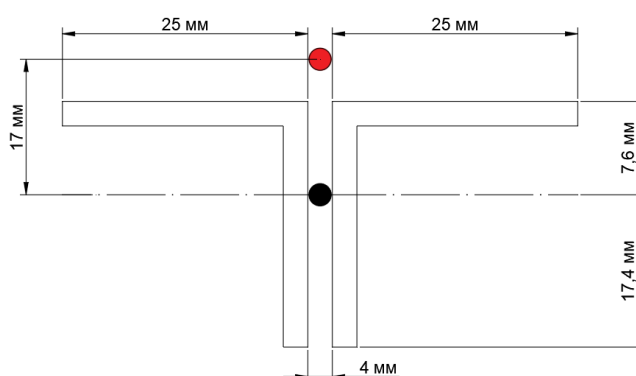


Рисунок 2 – Сечение испытуемой стойки с указанным эксцентриситетом

Нагружение при внецентренном сжатии производилось на универсальном испытательном стенде (рис. 3) с шагом 2,5 кН, и с эксцентриситетом 1,7 см.

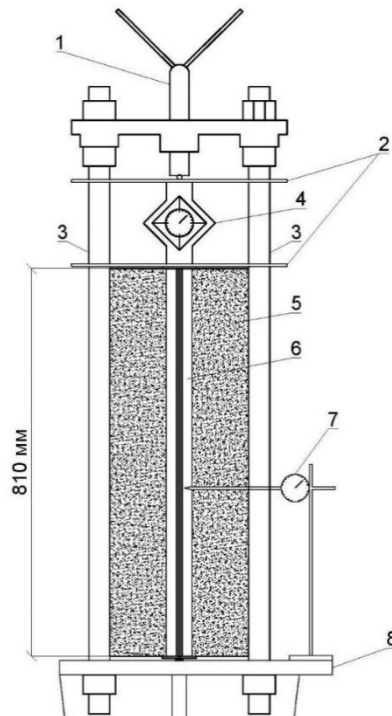


Рисунок 3 – Схема испытания стойки, находящейся в пенобетонной обойме:  
 1 – винтовой пресс; 2 – поддерживающие пластины; 3 – силовые штанги испытательного стенда; 4 – образцовый динамометр; 5 – пенобетонная обойма; 6 – испытываемая стойка; 7 – индикатор горизонтального перемещения;  
 8 – станина универсального испытательного стенда

Была определена несущая способность стойки по СП 16.13330-2017, для сравнения с величиной фактической несущей способности в пенобетонной обойме, экспериментально определенной:

- условная гибкость стойки:  $\bar{\lambda} = 3,77 \div 3,8$ ;

- относительный эксцентриситет:  $m = \frac{eA}{W_c} = \frac{1,7 \cdot 3,72}{2,71} = 2,33$ ;

- коэффициент влияния формы сечения:  $\eta = 1,8 + 0,15m = 2,15$ ;

- приведённый относительный эксцентриситет:  $m_{ef} = 2,33 \cdot 2,15 = 5,01$ ;

- коэффициент продольного изгиба:  $\varphi_e = 0,162$ ; при этом  $\sigma = 24,5 \cdot 0,16 = 3,9 \frac{кН}{см^2}$ ;

- несущая способность  $N = R_y A \varphi_e = 24,5 \cdot 3,72 \cdot 0,162 = 14,8 \text{ кН}$ .

В ходе испытаний снимались показания индикаторов продольных перемещений и горизонтального изгиба. На графике (рис. 4) теоретические кривые показывают перемещения крайних волокон стойки без пенобетонной обоймы, что соответствует расчётным данным, применяемым в настоящее время согласно СП 16.13330-2017 (Стальные конструкции).

Теоретические максимальные нормальные напряжения в растянутых волокнах, соответствующие данным перемещениям, составили более  $24 \text{ кН/см}^2$ , это превышает величину расчётного сопротивления. Но, фактические суммар-

ные нормальные напряжения были намного меньше, что объясняется перераспределением напряжений внецентренно-сжатого элемента из-за стеснённого изгиба в пенобетонной обойме.

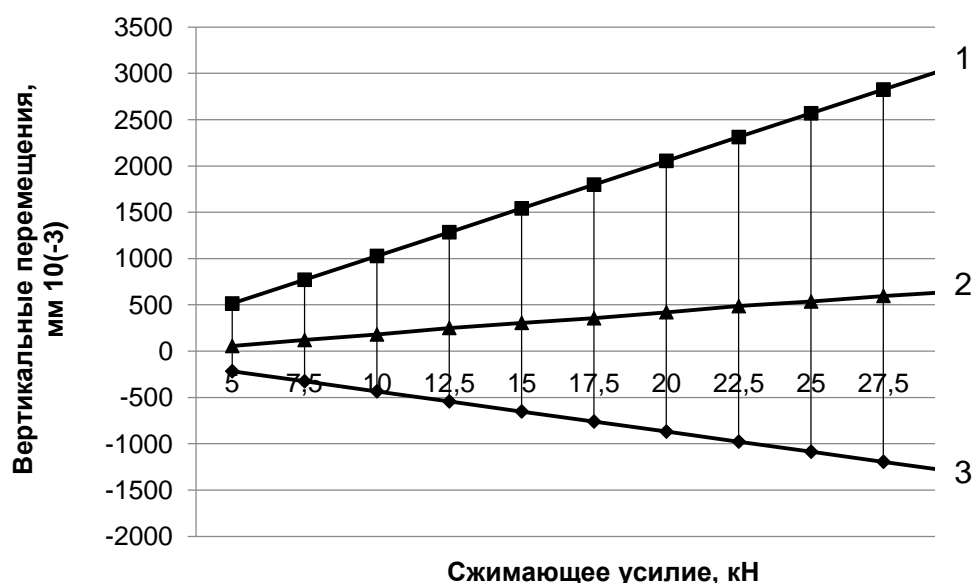


Рисунок 4 – График перемещений в крайних волокнах внецентренно сжатой стойки: 1 – теоретические данные в растянутом поясе; 2 – экспериментальные данные в одной трети растянутого сечения; 3 – теоретические данные в сжатом поясе

В ходе испытаний показано, что стойка продолжала работать упруго даже после исчерпания несущей способности, определённой согласно СП 16.13330-2017. В итоге, несущая способность испытуемой стойки превысила расчётную более чем вдвое. Это подтверждает предположение о повышении устойчивости элементов металлического каркаса, находящихся в пенобетонном массиве.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Проектирование и возведение ограждающих конструкций жилых и общественных зданий с применением ячеистых бетонов в Российской Федерации. Часть 1. СТО 501-52-01-2007. — М., 2007.
2. Федеральный закон о техническом регулировании № 184-ФЗ от 27.12.2002 с изменениями от 01.05.2007.
3. Туснин А.Р. Облегчённые перекрытия многоэтажных зданий со стальным каркасом // Промышленное и гражданское строительство. 2016. № 10. С. 99-103.
4. Конструкции гражданских зданий / под ред. М.С. Туполева - М.: Архитектура-С, 2007. 240 с.