

Научная статья
УДК332.1
EDN ULEGWO

Применение легких стальных тонкостенных конструкций для строительства быстровозводимых модульных зданий

Артём Вадимович Малинин¹, студент бакалавриата

Научный руководитель – Александр Иванович Туров², кандидат технических наук, доцент

^{1,2}Дальневосточный государственный аграрный университет, Благовещенск, Россия

¹art770707@mail.ru

Аннотация. Создана расчетная модель здания. Получены усилия в элементах и перемещения узлов от расчетного сочетания нагрузок (РСН) и расчетного сочетания усилий (PCY). Произведена проверка прочности и устойчивости несущих стоек. Исследована деформативность стального каркаса здания. Предложены практические рекомендации в производство.

Ключевые слова: модульное здание, расчетная модель, легкие стальные тонкостенные конструкции, расчетное сочетание усилий, расчетное сочетание нагрузок, несущие стойки, рекомендации

Для цитирования: Малинин А. В. Применение легких стальных тонкостенных конструкций для строительства быстровозводимых модульных зданий // Студенческие исследования – производству : материалы 32-й студ. науч. конф. по естественным, техническим и гуманитарным наукам, (Благовещенск, 13 ноября 2024 г.). Благовещенск : Дальневосточный ГАУ, 2025. С. 75–80.

Original article

The use of light steel thin-walled structures for the construction of prefabricated modular buildings

Artyom V. Malinin¹, Undergraduate student

Scientific supervisor – Alexander I. Turov², Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

^{1,2}Far Eastern State Agrarian University, Blagoveshchensk, Russia

¹art770707@mail.ru

Abstract. A calculation model of the building has been created. The forces in the elements and movements of the nodes are obtained from the calculated combination of loads (RSN) and the calculated combination of forces (DCS). The strength and stability of the load-bearing racks were checked. The deformability of

the steel frame of the building is investigated. Practical recommendations for production are offered.

Keywords: calculation model, lightweight thin-walled steel structures, design combination of forces, design combination of loads, load-bearing racks, building, recommendations

For Citation: Malinin A. V. *Primenenie legkikh stal'nykh tonkostennykh konstruksii dlya stroitel'stva bystrovozvodimykh modul'nykh zdaniy* [The use of light steel thin-walled structures for the construction of prefabricated modular buildings]. Student researches – production : *materialy 32-i studencheskoi nauchnoi konferentsii po estestvennym, tekhnicheskim i gumanitarnym naukam, (Blagoveshchensk, 13 noyabrya 2024 g.)*. Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2025, pp. 75–80 (in Russ.).

Исходные данные

Объектами исследования являются стойки каркаса, их прочность и устойчивость, 3D-модель здания.

Методы исследования

Расчет конструкций здания методом конечных элементов в КТС-САПР и ЛИРА-САПР.

Исследования проводились по:

1. СП 260.1325800.2016. Конструкции стальные тонкостенные из холодногнутого оцинкованного профиля и гофрированных листов / Минстрой России. – М.: ЦНИИПСК им. Мельникова, 2017. – 131 с.

2. СП 20.13330.2016. Нагрузки и воздействия (актуализированная редакция СНиП 2.01.07- 85*). – М.: Минрегион РФ. – 2016. – 96 с.

3. ГОСТ 2772-88. Прокат для строительных стальных конструкций/ – М., 1988. – 31 с.

В качестве исходных данных был взят проект модульного двухэтажного общежития для вахтовых рабочих построенное по технологии «транспак». Здания собираются из горизонтальных и вертикальных сэндвич-панелей и, при необходимости, с уже вмонтированными оконными профилями, дверными проемами.

Для начала, в соответствии с СП 260.1325800.2016 необходимо провести оценку несущей способности ЛСТ конструкций трехэтажного здания общежития сборного модульного типа, выполненного из гнутых профилей.

Размеры модулей в плане составляют 2,5 x 6,0 м. Высота этажа достигает 2,83 м (рис. 1).

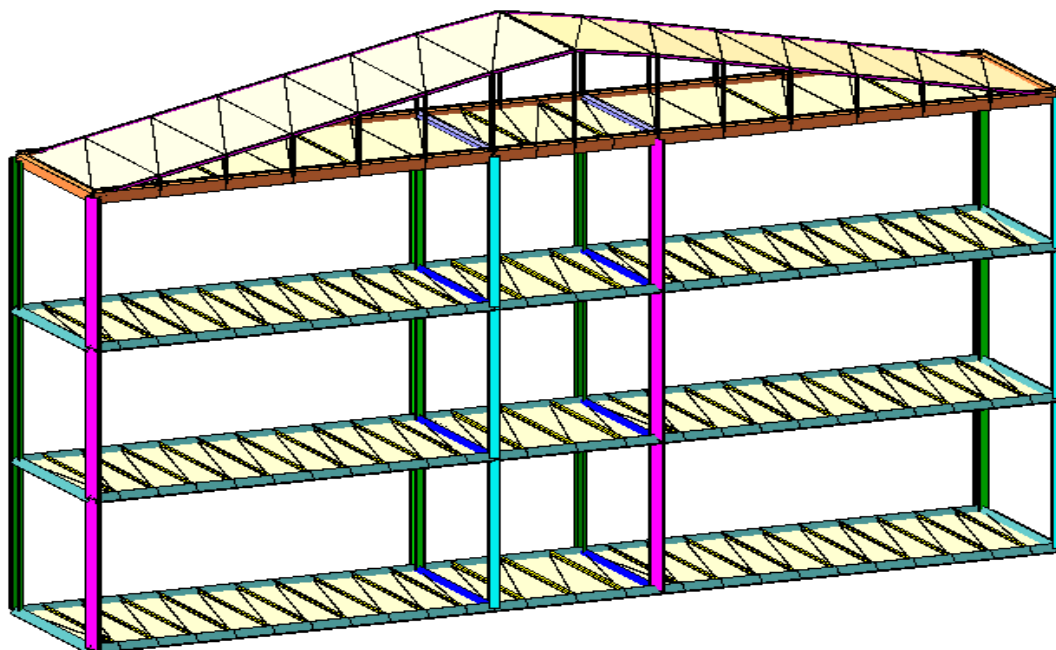


Рисунок 1 – Расчетная модель здания (2,5x14,5 м)

Расчёт модели выполнен в программном комплексе ЛИРА-САПР. Элементам расчётной схемы присвоены жёсткости, полученные в приложении ЛИРА-КТС.

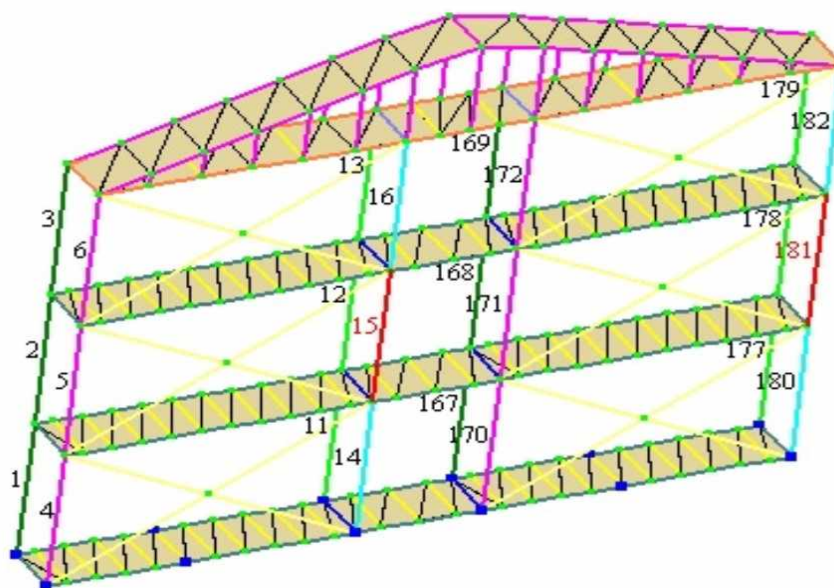
На конструкции модели приложены следующие нагрузки:

1. Нагрузка от покрытия (от кровли).
2. Нагрузка на перекрытие (пол комнат этажа, пол коридора).
3. Нагрузка от потолка этажа.

Нагрузки от перекрытия в осях Б-В (коридора) воспринимается внутренними стойками. Нагрузка от металлических конструкций прикладывалась как собственный вес.

Нагрузка от сэндвич-панелей прикладывалась на стойки как вертикальная равномерно распределённая нагрузка.

В качестве исследуемых стоек выбраны наиболее загруженные стойки с номерами элементов расчётной схемы 15 и 181 (рис. 2).



**Рисунок 2 – Номера исследуемых элементов (стоек).
Модель каркаса здания со связями**

Варианты исследования

Вариант № 1 – Базовый вариант: сталь класса С275, толщина стали элементов 3,0 мм. Связи отсутствуют.

Вариант № 2 – Увеличение толщины стали угловых стоек с 3,0 мм до 3,5 мм (ГОСТ 2772-88).

Вариант № 3 – Замена класса стали С275 на класс С345.

Вариант № 4 – Монтаж связей с целью увеличения пространственной жёсткости каркаса

На основе этих данных была построена гистограмма (рис. 3), проанализировав которую можно прийти к выводу, что изначальный вариант, а также вариант с увеличением толщины сечения до 3,5 мм не приводит к обеспечению прочности и устойчивости сечений, однако увеличение класса стали приводит к увеличению предельного значения напряжения до 272 МПа, вследствие чего для обеих стоек условие прочности и устойчивости.

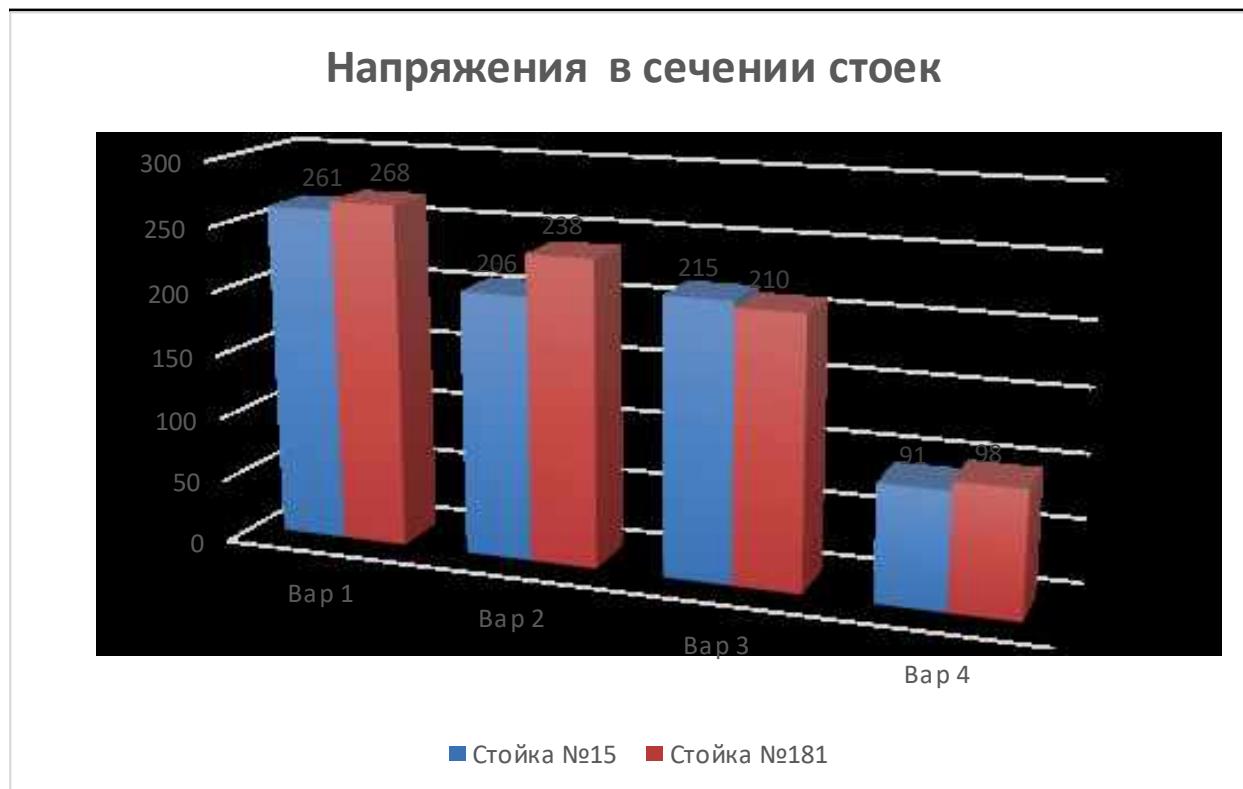


Рисунок 3 – Гистограмма напряжений стоек

Предельное значение напряжения для 1, 2, 4 варианта = 216 МПа

$$\sigma_{\max} < R_y \cdot \gamma_f = 270 \cdot 0,8 = 216 \text{ МПа.}$$

Для 3 варианта допустимое напряжение составляет 272 МПа.

$$\sigma_{\max} < R_y \cdot \gamma_f = 340 \cdot 0,8 = 272 \text{ МПа.}$$

Вывод. Увеличение толщины сечения до 3,5 мм не приводит к обеспечению прочности и устойчивости сечений.

Таблица 1 – Напряжения в сечении стоек, в зависимости от варианта исследования

Номер варианта	Стойка № 15		Стойка № 181	
	Напряжения в сечении стоек σ_{\max} и σ_{\min} , МПа			
Вариант 1	168	-261	192	-268
Вариант 2	110	-206	168	-238
Вариант 3	196	-215	185	-210
Вариант 4	56	-91	42	-98

Заключение

Выполнен расчёт конструкций модулей здания. Получены усилия в элементах и перемещения узлов от расчетного сочетания нагрузок (РСН) и расчетного сочетания усилий (РСУ). В приложении ЛИРА-КТС получены напряжения в сечениях элементов стоек.

Напряжения в металлических конструкциях трёхэтажного каркаса здания общежития, выполненных из стали класса С275 толщиной 3 мм, сопоставимы с предельно допустимым значением расчётного сопротивления стали, с коэффициентом условия работы $\gamma_c = 0,8$. Максимальные напряжения возникают в сечениях стоек на уровне второго этажа.

Деформации элементов и перемещения узлов каркаса здания для базового варианта превышают допустимые значения.

В связи с тем, что запас напряжений незначителен, рекомендуется установить вертикальные связи в каркасе здания или на средних участках стоек (уровень второго этажа) применить стойки из стали класса С345. Также это является предложением для внедрения в производство.

© Малинин А. В. 2025

Статья поступила 15.11.2024; одобрена после рецензирования 05.12.2024; принята к публикации 20.12.2024.

The article was submitted 15.11.2024; approved after reviewing 05.12.2024; accepted for publication 20.12.2024.