Строительство уникальных зданий и сооружений. ISSN 2304-6295. 12 (63). 2017. 20-48

Construction of Unique Buildings and Structures

journal homepage: www.unistroy.spbstu.ru

Реконструкция скатных крыш с использованием легких стальных тонкостенных конструкций

В.А. Рыбаков [1]*, Т.В. Маслак [2], К.А. Федотова [3], А.В. Смирнов [4], И.А. Ананьева [5]

[1-5] Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 195251, Россия, г. Санкт-Петербург, Политехническая ул., 29.

ИНФОРМАЦИЯ О СТАТЬЕ	ИСТОРИЯ	КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА
doi: 10.18720/CUBS.63.2	Подана в редакцию: 08.06.2017	напряженно-деформированное состояние; метод сил; статически неопределимые системы; чердачные крыши; легкие стальные тонкостенные конструкции;

АННОТАЦИЯ

Статья направлена на разработку типовых решений для реконструкции скатных крыш с надстройкой мансарды из легких стальных тонкостенных конструкций (ЛСТК). В процессе работы были разработаны конструктивные решения по реконструкции скатных крыш с надстройкой мансард из ЛСТК, проведено технико-экономическое сравнение реконструкции крыши с надстройкой мансарды и капитального ремонта крыши. В результате исследования доказана эффективность применения легких стальных тонкостенных конструкций при реконструкции скатных крыш общественных зданий

Содержание

1. Введение 21
2. Постановка задачи исследования 22
3. Реконструкция скатных крыш с надстройкой мансарды 22
4 Технико-экономическое сравнение капитального ремонта крыши и реконструкции крыши с надстройкой мансарды из ЛСТК. 41
5 Заключение 43

Контактная информация:

1* +79643312915, fishermanoff@mail.ru(Рыбаков Владимир Александрович, к. т. н., доцент)
2 +79219218498, tmaslak@mail.ru (Маслак Татьяна Викторовна, ассистент.)
3 +79213262876, himole@rambler.ru (Федотова Ксения Александровна, студент)
4 +79213818040, andrewsmirnov@inbox.ru (Смирнов Андрей Вадимович, студент)
5 +79319714391, irina.ananeva94@yandex.ru (Ананьева Ирина Александровна, студент)

1. Введение

За последние 40 лет в центральных районах Санкт-Петербурга только в 30 % зданий был проведен капитальный ремонт. В остальных зданиях он или не производился, или выполнялся выборочный капитальный ремонт с частичной заменой строительных элементов и инженерных систем.

Большое количество крыш в центральной части Петербурга находится в неудовлетворительном состоянии, что отражается, прежде всего, на потребительских качествах домов.

В процессе эксплуатации происходит снижение несущей способности элементов стропильных систем. При уменьшении несущей способности ниже предельно допустимых значений по нормам возникает необходимость в ремонте.

Чаще всего при потере несущей способности требуется не ремонт отдельного элемента, а замена всей стропильной системы в целом.

1.1 Современное состояние науки в области реконструкции скатных крыш

Воловик М.В. в статье описывает процесс реконструкции зданий, а также отдельных элементов здания. В частности рассматривается вопрос проведения реконструкции в Москве.[1]

Бурцев В.М. и Иодчик А.А. в своей работе обосновывают необходимость выполнения поверочного расчета и замены обрешетки при ремонте и реконструкции скатных крыш. В работе показано, что сохраненная старая обрешетка часто не соответствует требованиям действующих нормативных документов. [2]

В работе Петрова К.В., Золотаревой Е.А., Володина В.В., Ватина Н.И. и Жмарина Е.Н. предлагается конструктивное решение, решающее проблему образования сосулек. Также проводится экономическое сравнение капитального ремонта и реконструкции с использованием легких стальных тонкостенных конструкций. [3]

В статье Семикина П.В. и Стрижаковой Л.К. внимание уделено нарушениям, допущенным при монтаже деревянных конструкций крыш. Предложены способы безопасного демонтажа и этапы реконструкции крыши. [4]

В работе Мавлюбердинова А.Р. и Альмеева И.М. рассматриваются вопросы капитального ремонта кровельных конструкций зданий и сооружений. [5]

Полищук А.И., Петухов А.А. и Таюкин Г.И. в работе рассматривают реконструкцию двухэтажного кирпичного здания в городе Томске. Главной задачей реконструкции является восстановление строительных конструкций и надстройка мансардного этажа. [6]

Третьяков Н.В. В своей работе также рассматривал возможность надстройки здания, возведённого в Самаре и являющегося памятником истории и культуры. [7]

1.2 Современное состояние науки в области лёгких стальных тонкостенных конструкций

Статическим анализом и определением внутренних усилий в элементах конструкций из тонкостенных стальных стержней при учете стесненного кручения занималась в своей работе В.В. Юрченко.[8] Несущие элементы из ЛСТК рассматривались с точки зрения устойчивости, а так же их закритической работы.

В работе М.В. Ананиной, Н.А. Бересневой, Л.Л. Шуровкиной [9] рассмотрены различные типы и причины возникновения коррозии легких стальных тонкостенных конструкций. Выявлена зависимость коррозии от формы профиля. Предложены способы защиты от коррозии.

Легким стальным тонкостенным конструкциям посвящено несколько работ Д.А. Трубиной, Д.А. Абдулаева, Е.Д. Пичугина и М.Р. Гарифуллина. В одной из статей [10] исследована локальная устойчивость стальных холодногнутых профилей. Было предложено учитывать геометрическую нелинейность при расчете подобных конструкций. В последующих работах они рассматривают подробнее влияние геометрической нелинейности [11,12].

Значительный вклад в изучение легких стальных тонкостенных конструкций внесли Э.Л. Айрумян [27-30] и Белый Г.И. [30].

Также в работах [13-15] изучаются особенности работы профилей.

В Санкт-Петербургском политехническом университете Петра Великого ведется активное исследование ЛСТК.

В работе Т.В. Назмеевой [16] рассматривается устройство связей, а также устройство крепежей в конструкциях из холодногнутых стальных профилей. Совместно с В.Г. Куражовой[17] были рассмотрены различные виды узловых соединений, с приведением подробных характеристик каждого узла. Был проведен сравнительный анализ соединений, а также экономический расчет. Так же Узловые соединения рассматриваются в работах[18-25].

Профессором Н.И. Ватиным в соавторстве со Е.Н. Жмариным, В.Г. Куражовой и К.Ю. Усановой было выпущено пособие[26], посвященное технологии строительства из ЛСТК общественных и жилых конструкций. Кроме того, в ряде публикаций таких, как в статье [33] и монографии [31] рассказывается о широком спектре областей применения ЛСТК, в т.ч. при реализации национальной программы «Доступное и комфортное жилье». В пособии [32] рассмотрены основные аналитические и численные методы расчета ЛСТК.

Проводятся эксперименты [34-36], моделирование и компьютерное исследование ЛСТК[37,38] и их соединений[39], а также внедрение результатов в практическую деятельность [40].

Построением и анализом конечных элементов тонкостенного стержня в своей работе рассматривали С.Ф. Дьяков и В.В. Лалин [46]. На основании данного исследования сделан вывод о поведении конструкции при кручении с учетом деформации сдвига, при условии открытого профиля тонкостенного стержня.

2. Постановка задачи исследования

На основании проведенного анализа литературы было выявлено, что вопрос реконструкции скатных крыш недостаточно изучен. А именно не разработаны типовые конструктивные решения устройства стропильных систем при реконструкции скатных крыш. Исходя из проведенного анализа литературы, за основу для конструкций стропильных систем были выбраны легкие стальные тонкостенные конструкции, так как они обладают рядом преимуществ, таких как: небольшой вес и размер конструкций, точность линейных размеров, долговечность и высокая огнестойкость.

Цель исследования: обосновать экономическую эффективность применения ЛСТК для надстройки мансард при реконструкции скатных крыш общественных зданий с деревянными стропилами, находящихся в аварийном состоянии.

Задачи исследования:

1. Разработка конструктивных решений по реконструкции скатных крыш с надстройкой мансард из ЛСТК:
    - 1.1. Разработка типовых расчетных схем.
    - 1.2 Выбор конструкции покрытия и сбор нагрузок.
    - 1.3 Статический расчет и подбор сечений.
    - 1.4 Обоснование нагрузок на фундамент.
2. Технико-экономическое сравнение реконструкции крыши с надстройкой мансарды и капитального ремонта крыши. Расчет сроков окупаемости.

3. Реконструкция скатных крыш с надстройкой мансарды

3.1. Описание модели исследования

В процессе работы были разработаны два конструктивных решения по устройству мансард. Для каждого конструктивного решения была принята расчетная схема. Расчетные схемы представлены на рисунках.

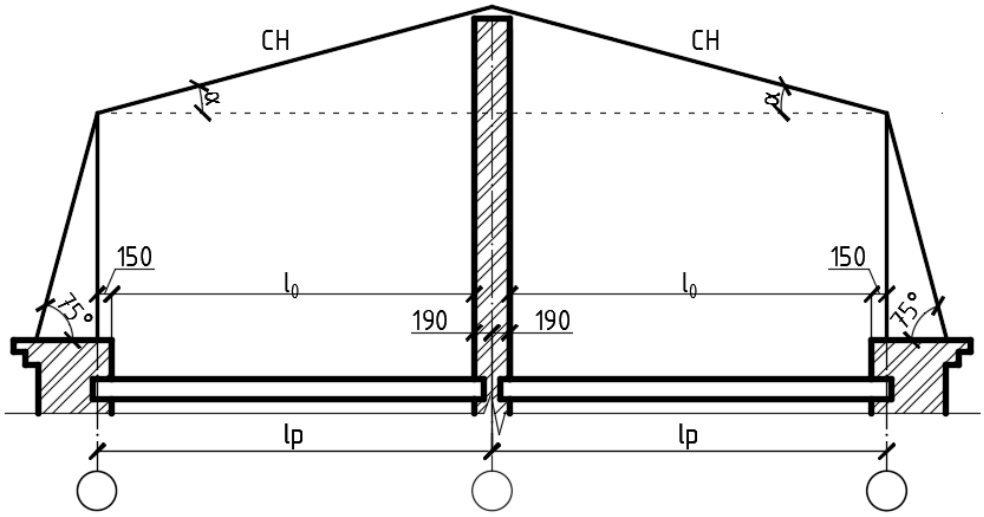

Рисунок 1. Конструктивное решение №1

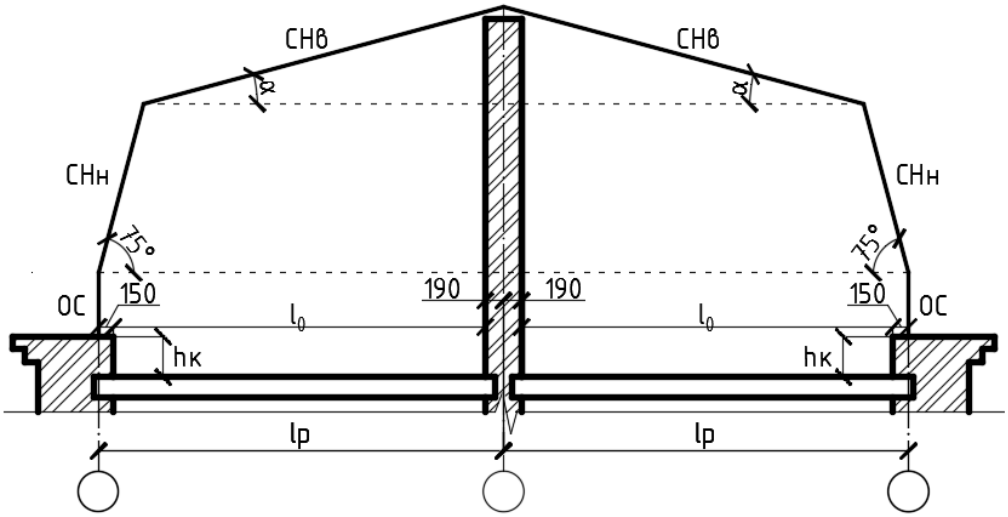

Рисунок 2. Конструктивное решение №2

$СН_в$ – Верхняя часть стропильной ноги
$СН_н$ – Нижняя часть стропильной ноги

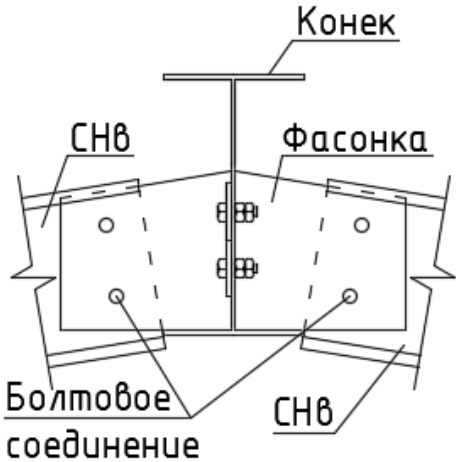

Рисунок 3. Коньковый узел конструктивного решения №2

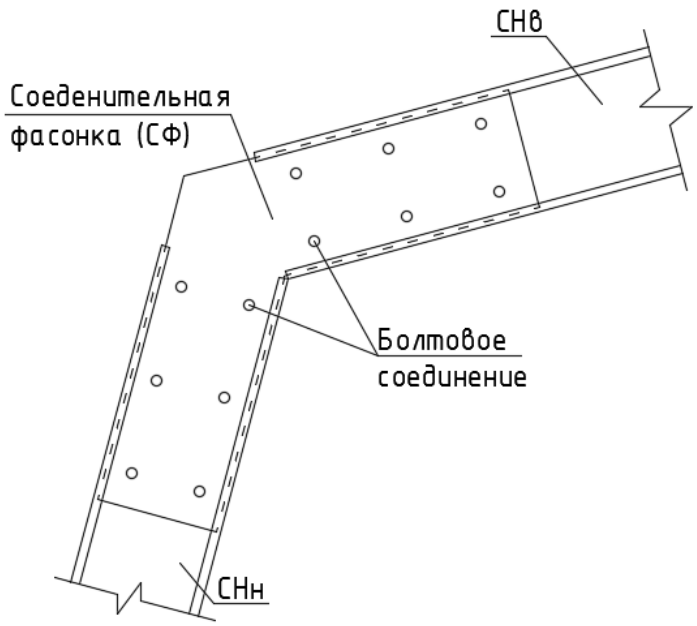

Рисунок 4. Узел соединения СНв и СНн конструктивного решения №2

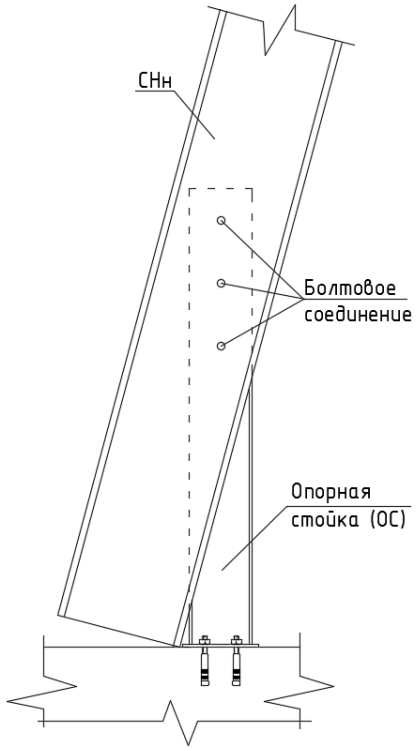

Рисунок 5. Узел соединения СНн и ОС конструктивного решения №2

На рисунках 3-5 поля болтовых соединений показаны условно.

3.2. Выбор конструкции покрытия и сбор нагрузок

Для расчета был выбран кровельной пирог следующей конструкции:

Таблица 1. Состав кровельного пирога

	Материал	Удельный вес	Ед. изм.
	Фальцевая кровля Lindab	46,26	Н/м^3
	Обрешетка БалтПрофиль ОУ-45-0,8	10,29	Н/м^3
	Ветрозащитная пленка Rockwool	0,88	Н/м^3
	Утеплитель Rockwool Light Butts h=200 мм	72,52	Н/м^3
	Стропила БалтПрофиль ТС-200-2,0	48,71	Н/м^3
	Обрешетка БалтПрофиль ОУ-45-0,8	10,29	Н/м^3
	Утеплитель Rockwool h=50 мм	18,13	Н/м^3
	Парозащитная пленка Rockwool	0,69	Н/м^3
	Гипсокартон t=12,5 мм	85,26	Н/м^3

Расчет снеговой нагрузки:

Нормативное значение снеговой нагрузки[41]:

$$S_0 = c_t \cdot c_e \cdot \mu \cdot S_g$$

При уклоне крыши α≤15°:

c_t = 1; c_e = 1; μ = 1; S_g = 1,5 кПа – для снегового района III.

$$S_0 = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 152{,}96 = 152{,}96\ (\text{кг/м}^2) \quad (1)$$

Таблица 2. Снеговая нагрузка при уклоне крыши α≤15º

№	Нагрузка	S_0, кг/м^2	γ_f	S_p, кг/м^2
1	Снеговая нагрузка	152,96	1,4	214,14
	ИТОГО	152,96		214,14

Где γ_f – коэффициент надежности по нагрузке

Для двускатной крыши при уклоне α=15º:

c_t = 1; c_e = 1; μ = 1,25; S_g = 1,5 кПа – для снегового района III.

$$S_0 = 1 \cdot 1 \cdot 1{,}25 \cdot 152{,}96 = 191{,}2\ (\text{кг/м}^2)$$

Таблица 3. Снеговая нагрузка на двускатную крышу при уклоне α=15º

№	Нагрузка	S_0, кг/м^2	γ_f	S_p, кг/м^2
1	Снеговая нагрузка	191,2	1,4	267,68
	ИТОГО:	191,2		267,68

При уклоне крыши α≥60º:

c_t = 1; c_e = 1; μ = 0 ; S_g = 1,5 кПа – для снегового района III.

$$S_0 = 1 \cdot 1 \cdot 0 \cdot 152{,}96 = 0 \quad (2)$$

3.3. Статический расчет и подбор сечений

3.1.1 Конструктивное решение №1

3.3.1.1. Расчет в общем виде

Рассмотрим конструктивное решение. Так как крыша является двускатной и симметричной, расчетную схему можно упростить.

Расчетная схема задачи выглядит следующим образом:

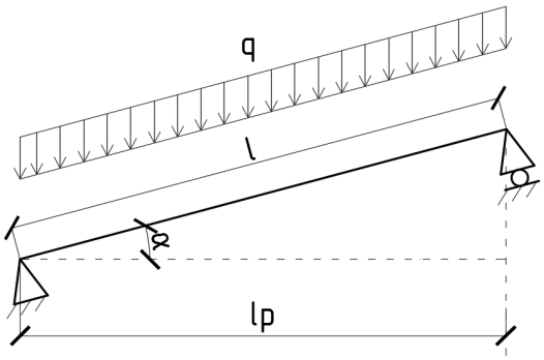

Рисунок 6. Расчетная схема

Определение степени статической неопределимости системы:

$$n = n_R + 3 \cdot n_K - n_ш - n_у$$

$$n = 3 + 3 \cdot 0 - 0 - 3 = 0 \quad (3)$$

Система статически определима.

Определение реакций опор для рассматриваемого случая:

$$R_a = R_b = \frac{q \cdot cos\alpha \cdot l_p}{2} \quad (4)$$

Определение максимального момента:

$$M_{max} = \frac{q \cdot cos\alpha \cdot l_p^2}{8} \quad (5)$$

Эпюра момента представлена на рисунке 7.

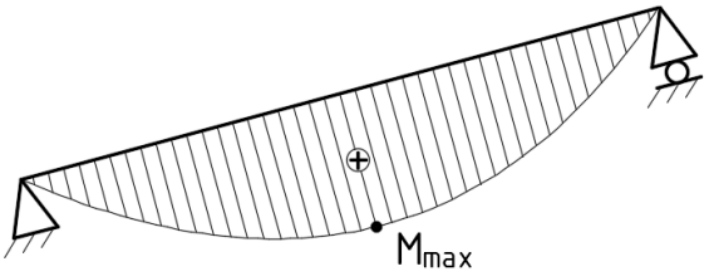

Рисунок 7. Эпюра моментов

Определение продольной силы в месте возникновения максимального момента:

$$N = \frac{q \cdot sin\alpha \cdot l_p}{2} \quad (6)$$

Проверка прочности[42]:

$$\frac{M_{max}}{W} \pm \frac{N}{A \cdot \varphi} \leq R_y \cdot \gamma_c \quad (7)$$

где N – значение продольной силы в месте возникновения максимального изгибающего момента,
A – площадь сечения,
R_y – расчетное сопротивление стали,
γ_c – коэффициент условий работы,
φ – коэффициент устойчивости[43].

Расчет выполнялся в программе MS Excel. Подбор сечений выполнялся по техническим условиям компании ООО «БалтПрофиль»[44].

Результаты подбора сечений представлены в таблице 4.

Таблица 4. Результаты подбора сечений стропильной ноги для конструктивной схемы мансарды №1

l, м	α,°	Шаг, мм	Сечение СН, мм
3,9	8-14	1200	2xТС-200-1,2
	15	1200	2xТС-200-1,5
4,2	8	1200	2xТС-200-1,2
	9-15	1200	2xТС-200-1,5
4,5	8-14	1200	2xТС-200-1,5
	15	1200	2xТС-200-2,0
4,8	8-15	1200	2xТС-200-2,0
5,1	8-14	1200	2xТС-200-2,0
	15	1200	2xТС-250-1,5
5,4	8-14	1200	2xТС-250-1,5
	15	1200	2xТС-252,0
5,7	8-9	1200	2xТС-250-1,5
	10-15	1200	2xТС-250-2,0
6	8-14	1200	2xТС-250-2,0
6,3	8-14	1200	2xТС-250-2,0

3.3.1.2. Пример расчета

Таблица 5. Исходные данные

l_0, м	$l_р$,м	α, град	l, м	q, даН/м	EI, даН · м^2
6	6,34	10	6,44	308,37	$21 \cdot 10^9$

Момент инерции принят единичным, так как в статически неопределимых системах изгибающий момент зависит не от жесткости, а от соотношения жесткостей. Поэтому для удобства расчета возьмем жесткость с моментом инерции равным 1.

Определение реакций опор для рассматриваемого случая:

$$R_a = R_b = \frac{308{,}37 \cdot cos10° \cdot 6{,}44}{2} = 977{,}53\ (\text{даН}) \tag{8}$$

Определение максимального момента:

$$M_{max} = \frac{308{,}37 \cdot cos10° \cdot 6{,}44^2}{8} = 1573{,}29\ (\text{даН} \cdot \text{м}) \tag{9}$$

Определение продольной силы в месте возникновения максимального момента:

$$N = \frac{308{,}37 \cdot sin10° \cdot 6{,}44}{2} = 172{,}37(\text{даН}) \tag{10}$$

Проверка прочности (2хТС-250-2,0):

$$\frac{1573{,}29 \cdot 100}{95{,}54} + \frac{172{,}37}{14{,}5 \cdot 0{,}805} \leq 2550 \cdot 0{,}95 \tag{11}$$

$$166{,}151(\text{МПа}) \leq 237{,}5(\text{МПа})$$

Условие выполняется.

3.1.2 Конструктивное решение №2

3.3.2.1. Расчет в общем виде

Рассмотрим конструктивное решение. Так как крыша является двускатной и симметричной, расчетную схему можно упростить.

Расчетная схема задачи выглядит следующим образом:

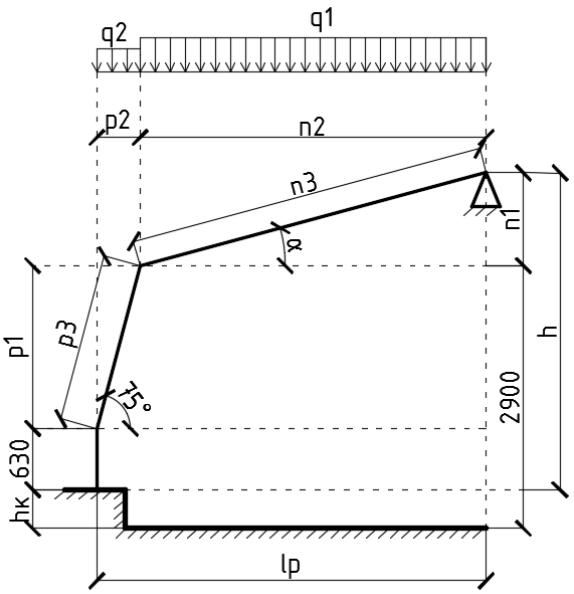

Рисунок 8. Расчетная схема

Определение степени статической неопределимости системы:

$$n = n_R + 3 \cdot n_K - n_{ш} - n_{у}$$

$$n = 5 + 3 \cdot 0 - 0 - 3 = 2 \quad (12)$$

Система 2 раза статически неопределима.

Необходимо сделать систему статически определимой, для этого введем вместо лишних связей неизвестные силовые факторы.

Было принято решение удалить шарнирно-неподвижную опору и приложить дополнительно 2 единичные силы, действующие в направлении отброшенных связей.

Основная и эквивалентные системы представлены на рисунках.

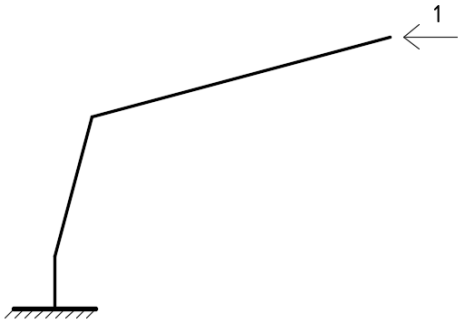

Рисунок 9. Эквивалентная схема №1

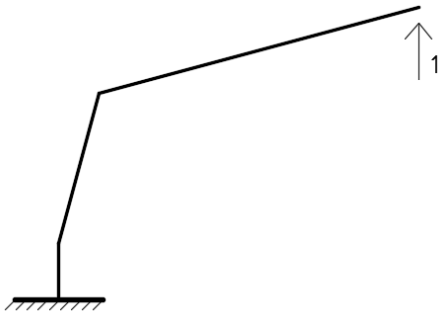

Рисунок 10. Эквивалентная схема №2

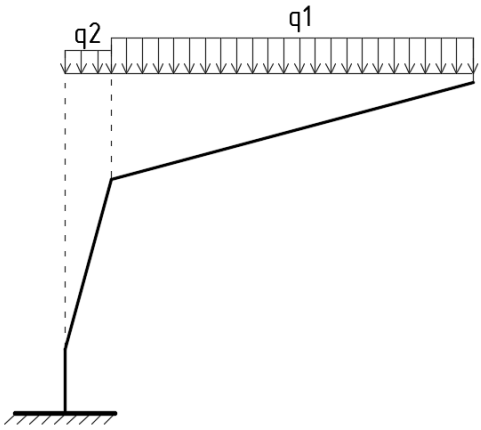

Рисунок 11. Основная схема

Система канонических уровнений метода сил для рассматриваемой системы[45]:

$$\begin{cases} \delta_{11}X_1 + \delta_{12}X_2 + \Delta_{1p} = 0 \\ \delta_{21}X_1 + \delta_{22}X_2 + \Delta_{2p} = 0 \end{cases} \quad (13)$$

Формула Максвелла-Мора:

$$\delta_{ik} = \int \frac{M_i M_k}{EI} dx \quad (14)$$

$$\Delta_{ip} = \int \frac{M_i M_p}{EI} dx \quad (15)$$

Решение системы при помощи формулы Крамера:

Вычисление главного определителя системы:

$$\Delta = \begin{vmatrix} \delta_{11} & \delta_{12} \\ \delta_{21} & \delta_{22} \end{vmatrix} \quad (16)$$

Вычисление первого определителя:

$$\Delta_1 = \begin{vmatrix} \delta_{1p} & \delta_{12} \\ \delta_{2p} & \delta_{22} \end{vmatrix} \tag{17}$$

Вычисление второго определителя:

$$\Delta_2 = \begin{vmatrix} \delta_{11} & \delta_{1p} \\ \delta_{21} & \delta_{2p} \end{vmatrix} \tag{18}$$

Усилие, возникающее в месте приложения первой единичной силы:

$$X_1 = -\frac{\Delta_1}{\Delta} \tag{19}$$

Усилие, возникающее в месте приложения второй единичной силы:

$$X_2 = -\frac{\Delta_2}{\Delta} \tag{20}$$

Кинематическая проверка:

$$\sum \int \frac{M_{\text{ок}} M_1}{EI} dx = 0 \tag{21}$$

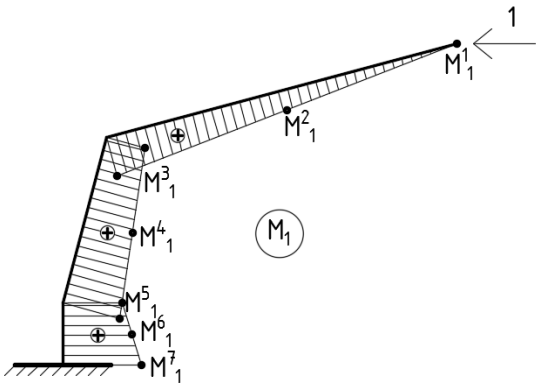

Рисунок 12. Эпюра моментов эквивалентной схемы №1

Эпюра моментов эквивалентной схемы №1 представлена на рисунке 12.

Вычисление коэффициента δ_{11} при помощи формулы Симпсона:

$$\delta_{11} = \frac{l_1}{6EI}[M_1^1 \cdot M_1^1 + 4 \cdot M_1^2 \cdot M_1^2 + M_1^3 \cdot M_1^3] + \frac{l_2}{6EI}[M_1^3 \cdot M_1^3 + 4 \cdot M_1^4 \cdot M_1^4 + M_1^5 \cdot M_1^5] + \frac{l_3}{6EI}[M_1^5 \cdot M_1^5 + 4 \cdot M_1^6 \cdot M_1^6 + M_1^7 \cdot M_1^7] \tag{22}$$

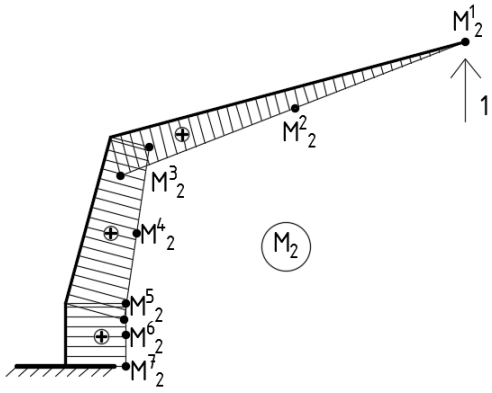

Рисунок 13. Эпюра моментов эквивалентной схемы №2

Эпюра моментов эквивалентной схемы №2 представлена на рисунке 13.

Вычисление коэффициента δ_{22} при помощи формулы Симпсона:

$$\delta_{22} = \frac{l_1}{6EI}[M_2^1 \cdot M_2^1 + 4 \cdot M_2^2 \cdot M_2^2 + M_2^3 \cdot M_2^3] + \frac{l_2}{6EI}[M_2^3 \cdot M_2^3 + 4 \cdot M_2^4 \cdot M_2^4 + M_2^5 \cdot M_2^5] + \frac{l_3}{6EI}[M_2^5 \cdot M_2^5 + 4 \cdot M_2^6 \cdot M_2^6 + M_2^7 \cdot M_2^7] \quad (23)$$

Вычисление коэффициентов δ_{12} и δ_{21} при помощи формулы Симпсона:

$$\delta_{12} = \delta_{21} = \frac{l_1}{6EI}[M_1^1 \cdot M_2^1 + 4 \cdot M_1^2 \cdot M_2^2 + M_1^3 \cdot M_2^3] + \frac{l_2}{6EI}[M_1^3 \cdot M_2^3 + 4 \cdot M_1^4 \cdot M_2^4 + M_1^5 \cdot M_2^5] + \frac{l_3}{6EI}[M_1^5 \cdot M_2^5 + 4 \cdot M_1^6 \cdot M_2^6 + M_1^7 \cdot M_2^7] \quad (24)$$

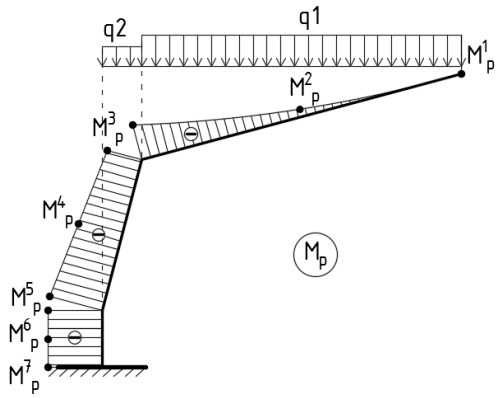

Рисунок 14. Эпюра моментов основной схемы

Эпюра моментов представлена на рисунке 14.

Вычисление коэффициента Δ_{1p} при помощи формулы Симпсона:

$$\Delta_{1p} = \frac{l_1}{6EI}\left[M_1^1 \cdot M_p^1 + 4 \cdot M_1^2 \cdot M_p^2 + M_1^3 \cdot M_p^3\right] + \frac{l_2}{6EI}\left[M_1^3 \cdot M_p^3 + 4 \cdot M_1^4 \cdot M_p^4 + M_1^5 \cdot M_p^5\right] + \frac{l_3}{6EI}\left[M_1^5 \cdot M_p^5 + 4 \cdot M_1^6 \cdot M_p^6 + M_1^7 \cdot M_p^7\right] \quad (25)$$

Вычисление коэффициента Δ_{2p} при помощи формулы Симпсона:

$$\Delta_{2p} = \frac{l_1}{6EI}\left[M_2^1 \cdot M_p^1 + 4 \cdot M_2^2 \cdot M_p^2 + M_2^3 \cdot M_p^3\right] + \frac{l_2}{6EI}\left[M_2^3 \cdot M_p^3 + 4 \cdot M_2^4 \cdot M_p^4 + M_2^5 \cdot M_p^5\right] + \frac{l_3}{6EI}\left[M_2^5 \cdot M_p^5 + 4 \cdot M_2^6 \cdot M_p^6 + M_2^7 \cdot M_p^7\right] \quad (26)$$

Определение окончательных моментов:

$$M_{ок}^i = M_1^i X_1 + M_2^i X_2 + M_p^i \quad (27)$$

Эпюра моментов представлена на рисунке 15.

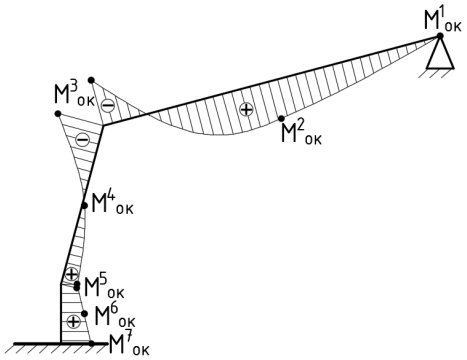

Рисунок 15. Итоговая эпюра моментов расчетной схемы

Проверка прочности[42]:

$$\frac{M_{max}}{W} \pm \frac{N}{A \cdot \varphi} \leq R_y \cdot \gamma_c$$

где N – значение продольной силы в месте возникновения максимального изгибающего момента,
A – площадь сечения,
φ – коэффициент устойчивости[43].

Расчет выполнялся с использованием программы MS Excel. Подбор сечений выполнялся по техническим условиям компании ООО «БалтПрофиль»[44].

Результаты подбора сечений представлены в таблицах.

Таблица 6. Результаты подбора сечений стропильных ног, опорной стойки и соединительной фасонки для конструктивной схемы мансарды №2 при hк=0,4 м

l, м	α,°	Шаг, мм	Сечение СНв, мм	Сечение СФ, мм	Сечение СНн, мм	Сечение ОС, мм
3,9	8-15	1200	2хТС-200-0,8	200х4,0	2хТС-200-0,8	ШГ100х50х4,0
4,2	8-15	1200	2хТС-200-0,8	200х4,0	2хТС-200-0,8	ШГ100х50х4,0
4,5	8-14	1200	2хТС-200-0,8	200х4,0	2хТС-200-0,8	ШГ100х50х4,0
	15	1200	2хТС-200-1,0	200х4,0	2хТС-200-1,0	ШГ100х50х4,0
4,8	8-14	1200	2хТС-200-1,0	200х4,0	2хТС-200-0,8	ШГ100х50х4,0
	15	1200	2хТС-200-1,2	200х6,0	2хТС-200-1,0	ШГ100х50х6,0
5,1	8-14	1200	2хТС-200-1,2	200х6,0	2хТС-201,0	ШГ100х50х6,0
	15	1200	2хТС-200-1,5	200х6,0	2хТС-200-1,2	ШГ100х50х6,0
5,4	8-14	1200	2хТС-200-1,5	200х6,0	2хТС-200-1,2	ШГ100х50х6,0
	15	1200	2хТС-200-1,5	200х6,0	2хТС-200-1,5	ШГ100х50х6,0
5,7	8-14	1200	2хТС-200-1,5	200х6,0	2хТС-200-1,2	ШГ100х50х6,0
	15	1200	2хТС-200-2,0	200х8,0	2хТС-200-1,5	ШГ120х50х6,0
6	8-14	1200	2хТС-200-2,0	200х8,0	2хТС-200-1,5	ШГ100х50х6,0
	15	1200	2хТС-200-2,0	200х8,0	2хТС-200-2,0	ШГ120х50х6,0
6,3	8-14	1200	2хТС-200-2,0	200х8,0	2хТС-200-1,5	ШГ120х50х6,0
	15	1200	2хТС-250-1,5	200х10,0	2хТС-200-2,0	ШГ120х60х6,0
6,6	8-14	1200	2хТС-250-1,5	200х8,0	2хТС-200-2,0	ШГ120х50х6,0
	15	1200	2хТС-250-2,0	200х10,0	2хТС-200-2,0	ШГ120х60х6,0
6,9	8-14	1200	2хТС-250-2,0	200х10,0	2хТС-200-2,0	ШГ120х50х6,0
	15	1200	2хТС-250-2,0	250х8,0	2хТС-250-2,0	ШГ120х60х6,0
7,2	8-14	1200	2хТС-250-2,0	200х10,0	2хТС-200-2,0	ШГ120х60х6,0
7,5	8-14	1200	2хТС-250-2,0	250х8,0	2хТС-250-1,5	ШГ120х60х6,0

Таблица 7. Результаты подбора сечений стропильных ног, опорной стойки и соединительной фасонки для конструктивной схемы мансарды №2 при hк=0,5 м

l, м	α,°	Шаг, мм	Сечение СНв, мм	Сечение СФ, мм	Сечение СНн, мм	Сечение ОС, мм
3,9	8-15	1200	2хТС-200-0,8	200х4,0	2хТС-200-0,8	ШГ100х50х4,0
4,2	8-15	1200	2хТС-200-0,8	200х4,0	2хТС-200-0,8	ШГ100х50х4,0
4,5	8-14	1200	2хТС-200-0,8	200х4,0	2хТС-200-0,8	ШГ100х50х4,0
	15	1200	2хТС-200-1,0	200х4,0	2хТС-200-1,0	ШГ100х50х4,0
4,8	8-12	1200	2хТС-200-1,0	200х4,0	2хТС-200-0,8	ШГ100х50х4,0
	13-14	1200	2хТС-200-1,0	200х4,0	2хТС-200-1,0	ШГ100х50х4,0
	15	1200	2хТС-200-1,2	200х6,0	2хТС-200-1,0	ШГ100х50х6,0
5,1	8-14	1200	2хТС-200-1,2	200х6,0	2хТС-200-1,0	ШГ100х50х6,0
	15	1200	2хТС-200-1,5	200х6,0	2хТС-200-1,2	ШГ100х50х6,0
5,4	8-14	1200	2хТС-200-1,5	200х6,0	2хТС-200-1,2	ШГ100х50х6,0
	15	1200	2хТС-200-2,0	200х6,0	2хТС-200-1,5	ШГ100х50х6,0
5,7	8-13	1200	2хТС-200-1,5	200х6,0	2хТС-200-1,2	ШГ100х50х6,0
	14	1200	2хТС-200-1,5	200х6,0	2хТС-200-1,5	ШГ100х50х6,0
	15	1200	2хТС-200-2,0	200х8,0	2хТС-200-1,5	ШГ120х50х6,0
6	8-14	1200	2хТС-200-2,0	200х8,0	2хТС-200-1,5	ШГ100х50х6,0
	15	1200	2хТС-200-2,0	200х8,0	2хТС-200-2,0	ШГ120х50х6,0
6,3	8-14	1200	2хТС-200-2,0	200х8,0	2хТС-200-1,5	ШГ120х50х6,0
	15	1200	2хТС-250-2,0	200х10,0	2хТС-200-2,0	ШГ120х60х6,0
6,6	8-14	1200	2хТС-250-1,5	200х8,0	2хТС-200-2,0	ШГ120х50х6,0
	15	1200	2хТС-250-2,0	200х10,0	2хТС-200-2,0	ШГ120х60х6,0
6,9	8-14	1200	2хТС-250-2,0	200х10,0	2хТС-200-2,0	ШГ120х50х6,0
	15	1200	2хТС-250-2,0	250х8,0	2хТС-250-2,0	ШГ120х60х6,0
7,2	8-14	1200	2хТС-250-2,0	200х10,0	2хТС-200-2,0	ШГ120х60х6,0
7,5	8-14	1100	2хТС-250-2,0	250х8,0	2хТС-250-2,0	ШГ120х60х6,0

Таблица 8. Результаты подбора сечений стропильных ног, опорной стойки и соединительной фасонки для конструктивной схемы мансарды №2 при hк=0,6 м

l, м	α,°	Шаг, мм	Сечение СНв, мм	Сечение СФ, мм	Сечение СНн, мм	Сечение ОС, мм
3,9	8-15	1200	2хТС-200-0,8	200х4,0	2хТС-200-0,8	ШГ100х50х4,0
4,2	8-15	1200	2хТС-200-0,8	200х4,0	2хТС-200-0,8	ШГ100х50х4,0
4,5	8-14	1200	2хТС-200-0,8	200х4,0	2хТС-200-0,8	ШГ100х50х4,0
	15	1200	2хТС-200-1,0	200х4,0	2хТС-200-1,0	ШГ100х50х4,0
4,8	8-12	1200	2хТС-200-1,0	200х4,0	2хТС-200-0,8	ШГ100х50х4,0
	13-14	1200	2хТС-200-1,0	200х4,0	2хТС-200-1,0	ШГ100х50х4,0
	15	1200	2хТС-200-1,2	200х6,0	2хТС-200-1,2	ШГ100х50х6,0
5,1	8-14	1200	2хТС-200-1,2	200х6,0	2хТС-200-1,0	ШГ100х50х6,0
	15	1200	2хТС-200-1,5	200х6,0	2хТС-200-1,2	ШГ100х50х6,0
5,4	8-14	1200	2хТС-200-1,5	200х6,0	2хТС-200-1,2	ШГ100х50х6,0
	15	1200	2хТС-200-2,0	200х6,0	2хТС-200-1,5	ШГ100х50х6,0
5,7	8-14	1200	2хТС-200-1,5	200х6,0	2хТС-200-1,5	ШГ100х50х6,0
	15	1200	2хТС-200-2,0	200х8,0	2хТС-200-1,5	ШГ120х50х6,0
6	8-14	1200	2хТС-200-2,0	200х8,0	2хТС-200-1,5	ШГ100х50х6,0
	15	1200	2хТС-250-1,5	200х8,0	2хТС-200-2,0	ШГ120х50х6,0
6,3	8-14	1200	2хТС-200-2,0	200х8,0	2хТС-200-2,0	ШГ120х50х6,0
	15	1200	2хТС-250-2,0	200х10,0	2хТС-200-2,0	ШГ120х60х6,0
6,6	8-14	1200	2хТС-250-1,5	200х10,0	2хТС-200-2,0	ШГ120х50х6,0
	15	1200	2хТС-250-2,0	200х10,0	2хТС-200-2,0	ШГ120х60х6,0
6,9	8-14	1200	2хТС-250-2,0	200х10,0	2хТС-200-2,0	ШГ120х50х6,0
	15	1200	2хТС-250-2,0	250х8,0	2хТС-250-2,0	ШГ120х60х6,0
7,2	8-14	1200	2хТС-250-2,0	200х10,0	2хТС-200-2,0	ШГ120х60х6,0
7,5	8-14	1000	2хТС-250-2,0	250х8,0	2хТС-250-2,0	ШГ120х60х6,0

Таблица 9. Результаты подбора сечений стропильных ног, опорной стойки и соединительной фасонки для конструктивной схемы мансарды №2 при hк=0,7 м

l, м	α,°	Шаг, мм	Сечение СНв, мм	Сечение СФ, мм	Сечение СНн, мм	Сечение ОС, мм
3,9	8-15	1200	2хТС-200-0,8	200х4,0	2хТС-200-0,8	ШГ100х50х4,0
4,2	8-15	1200	2хТС-200-0,8	200х4,0	2хТС-200-0,8	ШГ100х50х4,0
4,5	8-14	1200	2хТС-200-0,8	200х4,0	2хТС-200-0,8	ШГ100х50х4,0

l, м	α,°	Шаг, мм	Сечение СНв, мм	Сечение СФ, мм	Сечение СНн, мм	Сечение ОС, мм
	15	1200	2хТС-200-1,0	200х6,0	2хТС-200-1,0	ШГ100х50х4,0
4,8	8-14	1200	2хТС-200-1,0	200х4,0	2хТС-200-1,0	ШГ100х50х4,0
	15	1200	2хТС-200-1,2	200х6,0	2хТС-200-1,2	ШГ100х50х6,0
5,1	8-14	1200	2хТС-200-1,2	200х6,0	2хТС-200-1,0	ШГ100х50х6,0
	15	1200	2хТС-200-1,5	200х6,0	2хТС-200-1,2	ШГ100х50х6,0
5,4	8-14	1200	2хТС-200-1,5	200х6,0	2хТС-200-1,2	ШГ100х50х6,0
	15	1200	2хТС-200-2,0	200х8,0	2хТС-200-1,5	ШГ100х50х6,0
5,7	8-14	1200	2хТС-200-2,0	200х6,0	2хТС-200-1,5	ШГ100х50х6,0
	15	1200	2хТС-200-2,0	200х8,0	2хТС-200-1,5	ШГ120х50х6,0
6	8-14	1200	2хТС-200-2,0	200х8,0	2хТС-200-1,5	ШГ100х50х6,0
	15	1200	2хТС-250-1,5	200х8,0	2хТС-200-2,0	ШГ120х50х6,0
6,3	8-14	1200	2хТС-200-2,0	200х8,0	2хТС-200-2,0	ШГ120х50х6,0
	15	1200	2хТС-250-2,0	200х10,0	2хТС-200-2,0	ШГ120х60х6,0
6,6	8-14	1200	2хТС-250-1,5	200х10,0	2хТС-200-2,0	ШГ120х50х6,0
	15	1200	2хТС-250-2,0	200х10,0	2хТС-250-1,5	ШГ120х60х6,0
6,9	8-14	1200	2хТС-250-2,0	200х10,0	2хТС-200-2,0	ШГ120х60х6,0
	15	1200	2хТС-250-2,0	250х8,0	2хТС-250-2,0	ШГ120х60х6,0
7,2	8-14	1200	2хТС-250-2,0	200х10,0	2хТС-250-1,5	ШГ120х60х6,0
7,5	8-11	900	2хТС-250-2,0	250х8,0	2хТС-250-2,0	ШГ120х60х6,0

Таблица 10. Результаты подбора сечений стропильных ног, опорной стойки и соединительной фасонки для конструктивной схемы мансарды №2 при hк=0,8 м

l, м	α,°	Шаг, мм	Сечение СНв, мм	Сечение СФ, мм	Сечение СНн, мм	Сечение ОС, мм
3,9	8-15	1200	2хТС-200-0,8	200х4,0	2хТС-200-0,8	ШГ100х50х4,0
4,2	8-15	1200	2хТС-200-0,8	200х4,0	2хТС-200-0,8	ШГ100х50х4,0
4,5	8-14	1200	2хТС-200-1,0	200х4,0	2хТС-200-0,8	ШГ100х50х4,0
	15	1200	2хТС-200-1,2	200х4,0	2хТС-200-1,0	ШГ100х50х4,0
4,8	8-14	1200	2хТС-200-1,0	200х4,0	2хТС-200-1,0	ШГ100х50х4,0
	15	1200	2хТС-200-1,5	200х6,0	2хТС-200-1,2	ШГ100х50х6,0
5,1	8-14	1200	2хТС-200-1,2	200х6,0	2хТС-200-1,0	ШГ100х50х6,0

l, м	α,°	Шаг, мм	Сечение СНв, мм	Сечение СФ, мм	Сечение СНн, мм	Сечение ОС, мм
	15	1200	2хТС-200-1,5	200х6,0	2хТС-200-1,5	ШГ100х50х6,0
5,4	8-14	1200	2хТС-200-1,5	200х6,0	2хТС-200-1,2	ШГ100х50х6,0
	15	372,613	2хТС-200-2,0	200х6,0	2хТС-200-1,5	ШГ120х50х6,0
5,7	8-14	1200	2хТС-200-2,0	200х6,0	2хТС-200-1,5	ШГ100х50х6,0
	15	1200	2хТС-200-2,0	200х8,0	2хТС-200-2,0	ШГ120х50х6,0
6	8-14	1200	2хТС-200-2,0	200х8,0	2хТС-200-1,5	ШГ120х50х6,0
	15	1200	2хТС-250-1,5	200х10,0	2хТС-200-2,0	ШГ120х50х6,0
6,3	8-14	1200	2хТС-250-1,5	200х8,0	2хТС-200-2,0	ШГ120х50х6,0
	15	1200	2хТС-250-2,0	200х10,0	2хТС-200-2,0	ШГ120х60х6,0
6,6	8-14	1200	2хТС-250-1,5	200х10,0	2хТС-200-2,0	ШГ120х50х6,0
	15	1200	2хТС-250-2,0	250х8,0	2хТС-250-2,0	ШГ120х60х6,0
6,9	8-14	1200	2хТС-250-2,0	200х10,0	2хТС-200-2,0	ШГ120х60х6,0
	15	1000	2хТС-250-2,0	250х8,0	2хТС-250-2,0	ШГ120х60х6,0
7,2	8-14	1200	2хТС-250-2,0	250х8,0	2хТС-250-2,0	ШГ120х60х6,0

Таблица 11. Результаты подбора сечений стропильных ног, опорной стойки и соединительной фасонки для конструктивной схемы мансарды №2 при hк=0,9 м

l, м	α,°	Шаг, мм	Сечение СНв, мм	Сечение СФ, мм	Сечение СНн, мм	Сечение ОС, мм
3,9	8-15	1200	2хТС-200-0,8	200х4,0	2хТС-200-0,8	ШГ100х50х4,0
4,2	8-14	1200	2хТС-200-0,8	200х4,0	2хТС-200-0,8	ШГ100х50х4,0
	15	1200	2хТС-200-1,0	200х4,0	2хТС-200-0,8	ШГ100х50х4,0
4,5	8-14	1200	2хТС-200-1,0	200х4,0	2хТС-200-0,8	ШГ100х50х4,0
	15	1200	2хТС-200-1,2	200х4,0	2хТС-200-1,0	ШГ100х50х4,0
4,8	8-14	1200	2хТС-200-1,2	200х6,0	2хТС-200-1,0	ШГ100х50х6,0
	15	1200	2хТС-200-1,5	200х6,0	2хТС-200-1,2	ШГ100х50х6,0
5,1	8-14	1200	2хТС-200-1,5	200х6,0	2хТС-200-1,2	ШГ100х50х6,0
	15	1200	2хТС-200-1,5	200х6,0	2хТС-200-1,5	ШГ100х50х6,0
5,4	8-14	1200	2хТС-200-1,5	200х6,0	2хТС-200-1,2	ШГ100х50х6,0
	15	1200	2хТС-200-2,0	200х8,0	2хТС-200-1,5	ШГ120х50х6,0
5,7	8-14	1200	2хТС-200-2,0	200х8,0	2хТС-200-1,5	ШГ100х50х6,0
	15	1200	2хТС-200-2,0	200х8,0	2хТС-200-2,0	ШГ120х50х6,0
6	8-14	1200	2хТС-200-2,0	200х8,0	2хТС-200-1,5	ШГ120х50х6,0

	15	1200	2хТС-250-1,5	200х10,0	2хТС-200-2,0	ШГ120х50х6,0
6,3	8-14	1200	2хТС-250-1,5	200х8,0	2хТС-200-2,0	ШГ120х50х6,0
	15	1200	2хТС-250-2,0	200х10,0	2хТС-200-2,0	ШГ120х60х6,0
6,6	8-14	1200	2хТС-250-2,0	200х10,0	2хТС-200-2,0	ШГ120х50х6,0
	15	1200	2хТС-250-2,0	250х8,0	2хТС-250-2,0	ШГ120х60х6,0
6,9	8-14	1200	2хТС-250-2,0	200х10,0	2хТС-200-2,0	ШГ120х60х6,0
7,2	8-14	1200	2хТС-250-2,0	250х8,0	2хТС-250-2,0	ШГ120х60х6,0

Таблица 12. Результаты подбора сечений стропильных ног, опорной стойки и соединительной фасонки для конструктивной схемы мансарды №2 при hк=1,0 м

l, м	α,°	Шаг, мм	Сечение СНв, мм	Сечение СФ, мм	Сечение СНн, мм	Сечение ОС, мм
3,9	8-15	1200	2хТС-200-0,8	200х4,0	2хТС-200-0,8	ШГ100х50х4,0
4,2	8-14	1200	2хТС-200-0,8	200х4,0	2хТС-200-0,8	ШГ100х50х4,0
	15	1200	2хТС-200-1,0	200х4,0	2хТС-200-1,0	ШГ100х50х4,0
4,5	8-14	1200	2хТС-200-1,0	200х4,0	2хТС-200-0,8	ШГ100х50х4,0
	15	1200	2хТС-200-1,2	200х6,0	2хТС-200-1,0	ШГ100х50х6,0
4,8	8-14	1200	2хТС-200-1,2	200х6,0	2хТС-200-1,0	ШГ100х50х6,0
	15	1200	2хТС-200-1,5	200х6,0	2хТС-200-1,2	ШГ100х50х6,0
5,1	8-14	1200	2хТС-200-1,5	200х6,0	2хТС-200-1,2	ШГ100х50х6,0
	15	1200	2хТС-200-1,5	200х6,0	2хТС-200-1,5	ШГ120х50х6,0
5,4	8-14	1200	2хТС-200-1,5	200х6,0	2хТС-200-1,2	ШГ100х50х6,0
	15	1200	2хТС-200-2,0	200х8,0	2хТС-200-1,5	ШГ120х50х6,0
5,7	8-14	1200	2хТС-200-2,0	200х8,0	2хТС-200-1,5	ШГ100х50х6,0
	15	1200	2хТС-200-2,0	200х8,0	2хТС-200-2,0	ШГ120х50х6,0
6	8-14	1200	2хТС-200-2,0	200х8,0	2хТС-200-1,5	ШГ120х50х6,0
	15	1200	2хТС-250-1,5	200х10,0	2хТС-200-2,0	ШГ120х50х6,0
6,3	8-14	1200	2хТС-250-1,5	200х8,0	2хТС-200-2,0	ШГ120х50х6,0
	15	1200	2хТС-250-2,0	200х10,0	2хТС-200-2,0	ШГ120х60х6,0
6,6	8-14	1200	2хТС-250-2,0	200х10,0	2хТС-200-2,0	ШГ120х50х6,0
	15	1200	2хТС-250-2,0	250х8,0	2хТС-250-2,0	ШГ120х60х6,0
6,9	8-14	1200	2хТС-250-2,0	200х10,0	2хТС-200-2,0	ШГ120х60х6,0
7,2	8-14	1200	2хТС-250-2,0	250х8,0	2хТС-250-2,0	ШГ120х60х6,0

Таблица 13. Результаты подбора сечений стропильных ног, опорной стойки и соединительной фасонки для конструктивной схемы мансарды №2 при hк=1,1 м

l, м	α,°	Шаг, мм	Сечение СНв, мм	Сечение СФ, мм	Сечение СНн, мм	Сечение ОС, мм
3,9	8-15	1200	2хТС-200-0,8	200х4,0	2хТС-200-0,8	ШГ100х50х4,0
4,2	8-14	1200	2хТС-200-0,8	200х4,0	2хТС-200-0,8	ШГ100х50х4,0
	15	1200	2хТС-200-1,0	200х4,0	2хТС-200-1,0	ШГ100х50х4,0
4,5	8-14	1200	2хТС-200-1,0	200х4,0	2хТС-200-1,0	ШГ100х50х4,0
	15	1200	2хТС-200-1,2	200х6,0	2хТС-200-1,0	ШГ100х50х6,0
4,8	8-14	1200	2хТС-200-1,2	200х6,0	2хТС-200-1,0	ШГ100х50х6,0
	15	1200	2хТС-200-1,5	200х6,0	2хТС-200-1,2	ШГ100х50х6,0
5,1	8-14	1200	2хТС-200-1,5	200х6,0	2хТС-200-1,2	ШГ100х50х6,0
	15	1200	2хТС-200-2,0	200х6,0	2хТС-200-1,5	ШГ120х50х6,0
5,4	8-14	1200	2хТС-200-1,5	200х6,0	2хТС-200-1,5	ШГ100х50х6,0
	15	1200	2хТС-200-2,0	200х8,0	2хТС-200-1,5	ШГ120х50х6,0
5,7	8-14	1200	2хТС-200-2,0	200х8,0	2хТС-200-1,5	ШГ100х50х6,0
	15	1200	2хТС-200-2,0	200х8,0	2хТС-200-2,0	ШГ120х50х6,0
6	8-12	1200	2хТС-200-2,0	200х8,0	2хТС-200-1,5	ШГ120х50х6,0
	13-14	1200	2хТС-200-2,0	200х8,0	2хТС-200-2,0	ШГ120х50х6,0
	15	1200	2хТС-250-2,0	200х10,0	2хТС-200-2,0	ШГ120х50х6,0
6,3	8-14	1200	2хТС-250-1,5	200х8,0	2хТС-200-2,0	ШГ120х50х6,0
	15	1200	2хТС-250-2,0	200х10,0	2хТС-200-2,0	ШГ120х60х6,0
6,6	8-14	1200	2хТС-250-2,0	200х10,0	2хТС-200-2,0	ШГ120х50х6,0
	15	1200	2хТС-250-2,0	250х8,0	2хТС-250-2,0	ШГ120х60х6,0
6,9	8-14	1200	2хТС-250-2,0	200х10,0	2хТС-200-2,0	ШГ120х60х6,0
7,2	8-14	1100	2хТС-250-2,0	250х8,0	2хТС-250-2,0	ШГ120х60х6,0

Таблица 14. Результаты подбора сечений стропильных ног, опорной стойки и соединительной фасонки для конструктивной схемы мансарды №2 при hк=1,2 м

l, м	α,°	Шаг, мм	Сечение СНв, мм	Сечение СФ, мм	Сечение СНн, мм	Сечение ОС, мм
3,9	8-15	1200	2хТС-200-0,8	200х4,0	2хТС-200-0,8	ШГ100х50х4,0
4,2	8-14	1200	2хТС-200-0,8	200х4,0	2хТС-200-0,8	ШГ100х50х4,0
	15	1200	2хТС-200-1,0	200х6,0	2хТС-200-1,0	ШГ100х50х4,0
4,5	8-14	1200	2хТС-200-1,0	200х4,0	2хТС-200-1,0	ШГ100х50х4,0
	15	1200	2хТС-200-1,2	200х6,0	2хТС-200-1,2	ШГ100х50х6,0

l, м	α,°	Шаг, мм	Сечение СНв, мм	Сечение СФ, мм	Сечение СНн, мм	Сечение ОС, мм
4,8	8-14	1200	2хТС-200-1,2	200х6,0	2хТС-200-1,0	ШГ100х50х6,0
	15	1200	2хТС-200-1,5	200х6,0	2хТС-200-1,2	ШГ100х50х6,0
5,1	8-14	1200	2хТС-200-1,5	200х6,0	2хТС-200-1,2	ШГ100х50х6,0
	15	1200	2хТС-200-2,0	200х8,0	2хТС-200-1,5	ШГ120х50х6,0
5,4	8-14	1200	2хТС-200-1,5	200х6,0	2хТС-200-1,5	ШГ100х50х6,0
	15	1200	2хТС-200-2,0	200х8,0	2хТС-200-1,5	ШГ120х50х6,0
5,7	8-14	1200	2хТС-200-2,0	200х8,0	2хТС-200-1,5	ШГ100х50х6,0
	15	1200	2хТС-250-1,5	200х8,0	2хТС-200-2,0	ШГ120х50х6,0
6	8-14	1200	2хТС-200-2,0	200х8,0	2хТС-200-2,0	ШГ120х50х6,0
	15	1200	2хТС-250-2,0	200х10,0	2хТС-200-2,0	ШГ120х60х6,0
6,3	8-14	1200	2хТС-250-1,5	200х8,0	2хТС-200-2,0	ШГ120х50х6,0
	15	1200	2хТС-250-2,0	200х10,0	2хТС-250-1,5	ШГ120х60х6,0
6,6	8-14	1200	2хТС-250-2,0	200х10,0	2хТС-200-2,0	ШГ120х50х6,0
	15	1200	2хТС-250-2,0	250х8,0	2хТС-250-2,0	ШГ120х60х6,0
6,9	8-10	1200	2хТС-250-2,0	200х10,0	2хТС-200-2,0	ШГ120х60х6,0
	11-14	1200	2хТС-250-2,0	200х10,0	2хТС-250-1,5	ШГ120х60х6,0
7,2	8-14	900	2хТС-250-2,0	250х8,0	2хТС-250-2,0	ШГ120х60х6,0

3.3.2.2. Пример расчета

Таблица 15. Исходные данные

l_0, м	$l_р$,м	α, град	$h_{карн}$, м	$h_{ст}$, м	q_1, даН/м	q_2, даН/м	q_3, даН/м
6	6,34	10	0,5	0,63	308,37	191,8	49,64
p_1, м	p_2,м	p_3,м	n_1,м	n_2,м	n_3,м	EI, $даН \cdot м^2$	
1,77	0,47	1,83	1,03	5,87	5,96	$21 \cdot 10^9$	

Момент инерции принят единичным.

Вычисление коэффициента δ_{11}:

$$\delta_{11} = \frac{5{,}96}{6EI}[0 \cdot 0 + 4 \cdot 0{,}5171 \cdot 0{,}5171 + 1{,}0343 \cdot 1{,}0343] + \frac{1{,}83}{6EI}[1{,}0343 \cdot 1{,}0343 + 4 \cdot 1{,}9193 \cdot 1{,}9193 + 2{,}8043 \cdot 2{,}8043] + \frac{0{,}63}{6EI}[2{,}8043 \cdot 2{,}8043 + 4 \cdot 3{,}1193 \cdot 3{,}1193 + 3{,}4343 \cdot 3{,}4343] = 7{,}38242E - 10\ (м/даН) \quad (28)$$

Вычисление коэффициентов δ_{12} и δ_{21}:

$$\delta_{12} = \delta_{21} = \frac{5{,}96}{6EI}[0 \cdot 0 + 4 \cdot 0{,}5171 \cdot 2{,}9329 + 1{,}0343 \cdot 5{,}8657] + \frac{1{,}83}{6EI}[1{,}0343 \cdot 5{,}8657 + 4 \cdot 1{,}9193 \cdot 6{,}1029 + 2{,}8043 \cdot 6{,}34] + \frac{0{,}63}{6EI}[2{,}8043 \cdot 6{,}34 + 4 \cdot 3{,}1193 \cdot 6{,}34 + 3{,}4343 \cdot 6{,}34] = 2{,}19505E - 09(\text{м/даН}) \quad (29)$$

Вычисление коэффициента δ_{22}:

$$\delta_{22} = \frac{5{,}96}{6EI}[0 \cdot 0 + 4 \cdot 2{,}9329 \cdot 2{,}9329 + 5{,}8657 \cdot 5{,}8657] + \frac{1{,}83}{6EI}[5{,}8657 \cdot 5{,}8657 + 4 \cdot 6{,}1029 \cdot 6{,}1029 + 6{,}34 \cdot 6{,}34] + \frac{0{,}63}{6EI}[6{,}34 \cdot 6{,}34 + 4 \cdot 6{,}34 \cdot 6{,}34 + 6{,}34 \cdot 6{,}34] = 7{,}71039E - 09(\text{м/даН}) \quad (30)$$

Вычисление коэффициента Δ_{1p}:

$$\Delta_{1p} = \frac{5{,}96}{6EI}[0 \cdot 0 + 4 \cdot 0{,}5171 \cdot (-1326{,}25) + 1{,}0343 \cdot (-5305{,}01)] + \frac{1{,}83}{6EI}[1{,}0343 \cdot (-5305{,}01) + 4 \cdot 1{,}9193 \cdot (-5739{,}34) + 2{,}8043 \cdot (-6184{,}45)] + \frac{0{,}63}{6EI}[2{,}8043 \cdot (-6184{,}45) + 4 \cdot 3{,}1193 \cdot (-6184{,}45) + 3{,}4343 \cdot (-6184{,}45)] = -1{,}94061E - 06\ (\text{м}) \quad (31)$$

Вычисление коэффициента Δ_{2p}:

$$\Delta_{2p} = \frac{5{,}96}{6EI}[0 \cdot 0 + 4 \cdot 2{,}9329 \cdot (-1326{,}25) + 5{,}8657 \cdot (-5305{,}01)] + \frac{1{,}83}{6EI}[5{,}8657 \cdot (-5305{,}01) + 4 \cdot 6{,}1029 \cdot (-5739{,}34) + 6{,}34 \cdot (-6184{,}45)] + \frac{0{,}63}{6EI}[6{,}34 \cdot (-6184{,}45) + 4 \cdot 6{,}34 \cdot (-6184{,}45) + 6{,}34 \cdot (-6184{,}45)] = -6{,}44312E - 06(\text{м}) \quad (32)$$

Решение системы при помощи формулы Крамера:

$$\Delta = \begin{vmatrix} \delta_{11} & \delta_{12} \\ \delta_{21} & \delta_{22} \end{vmatrix} = 8{,}73892E - 19(\text{м}^2/\text{даН}^2) \quad (33)$$

$$\Delta_1 = \begin{vmatrix} \delta_{1p} & \delta_{12} \\ \delta_{2p} & \delta_{22} \end{vmatrix} = -8{,}19891E - 16\ (\text{м}^2/\text{даН}) \quad (34)$$

$$\Delta_2 = \begin{vmatrix} \delta_{11} & \delta_{1p} \\ \delta_{21} & \delta_{2p} \end{vmatrix} = -4{,}96848E - 16\ (\text{м}^2/\text{даН}) \quad (35)$$

$$X_1 = -\frac{\Delta_1}{\Delta} = 938{,}2054\ (\text{даН}) \quad (36)$$

$$X_2 = -\frac{\Delta_2}{\Delta} = 586{,}5462\ (\text{даН}) \quad (37)$$

Определение окончательных моментов:

$$M_{\text{ок}}^1 = 0\ (\text{даН} \cdot \text{м}) \quad (38)$$

$$M_{\text{ок}}^2 = 0{,}5171 \cdot 938{,}2054 + 2{,}9329 \cdot 586{,}5462 - 1326{,}25 = 826{,}4\ (\text{даН} \cdot \text{м}) \quad (39)$$

$$M_{\text{ок}}^3 = 1{,}0343 \cdot 938{,}2054 + 5{,}8657 \cdot 586{,}5462 - 5305{,}01 = -999{,}7\ (\text{даН} \cdot \text{м}) \quad (40)$$

$$M_{\text{ок}}^4 = 1{,}9193 \cdot 938{,}2054 + 6{,}1029 \cdot 586{,}5462 - 5739{,}34 = -468{,}9\ (\text{даН} \cdot \text{м}) \quad (41)$$

$$M_{\text{ок}}^5 = 2{,}8043 \cdot 938{,}2054 + 6{,}34 \cdot 586{,}5462 - 6184{,}45 = 51{,}1\ (\text{даН} \cdot \text{м}) \quad (42)$$

$$M_{\text{ок}}^6 = 3{,}1193 \cdot 938{,}2054 + 6{,}34 \cdot 586{,}5462 - 6184{,}45 = 346{,}7\ (\text{даН} \cdot \text{м}) \quad (43)$$

$$M_{\text{ок}}^7 = 3{,}4343 \cdot 938{,}2054 + 6{,}34 \cdot 586{,}5462 - 6184{,}45 = 642{,}2\ (\text{даН} \cdot \text{м}) \quad (44)$$

Проверка прочности:

Верхняя стропильная нога (2хТС-200-2,0):

$$\frac{|-999{,}7| * 100}{69{,}8} + \frac{|-1139{,}32|}{12{,}88 \cdot 0{,}75} \leq 2550 \cdot 0{,}95 \tag{45}$$

$$155{,}017(\text{МПа}) \leq 237{,}5(\text{МПа})$$

Условие выполняется.

Соединительная фасонка (200х8,0):

$$\frac{|-999{,}7| \cdot 100}{53{,}33 \cdot 10} = 187{,}44(\text{МПа}) \leq \frac{2550 \cdot 0{,}95}{10} = 242{,}3(\text{МПа}) \tag{46}$$

Условие выполняется.

Нижняя стропильная нога (2хТС-200-1,5):

$$\frac{|-999{,}7| * 100}{50{,}98} + \frac{|-1440{,}83|}{9{,}72 \cdot 0{,}986} \leq 2550 \cdot 0{,}95 \tag{47}$$

$$211{,}13(\text{МПа}) \leq 237{,}5(\text{МПа})$$

Условие выполняется.

Опорная стойка (ШГ 100х50х6,0):

$$\frac{642{,}2 * 100}{30{,}37} + \frac{|-1362{,}51|}{10{,}66 \cdot 0{,}971} \leq 2550 \cdot 0{,}95 \tag{48}$$

$$224{,}622(\text{МПа}) \leq 237{,}5(\text{МПа})$$

Условие выполняется.

При расчете прочности не учитывается бимомент, так как рассматриваемое сечение является симметричным, шаг стропил принимаем постоянным, следовательно, эксцентриситета распределения нагрузки не будет.

3.4. Обоснование нагрузок на фундамент

За основу для сбора нагрузок на фундамент до и после реконструкции скатной крыши было взято здание бизнес-центра по адресу: Санкт-Петербург, Октябрьская наб., д.104, к.1, лит.П.

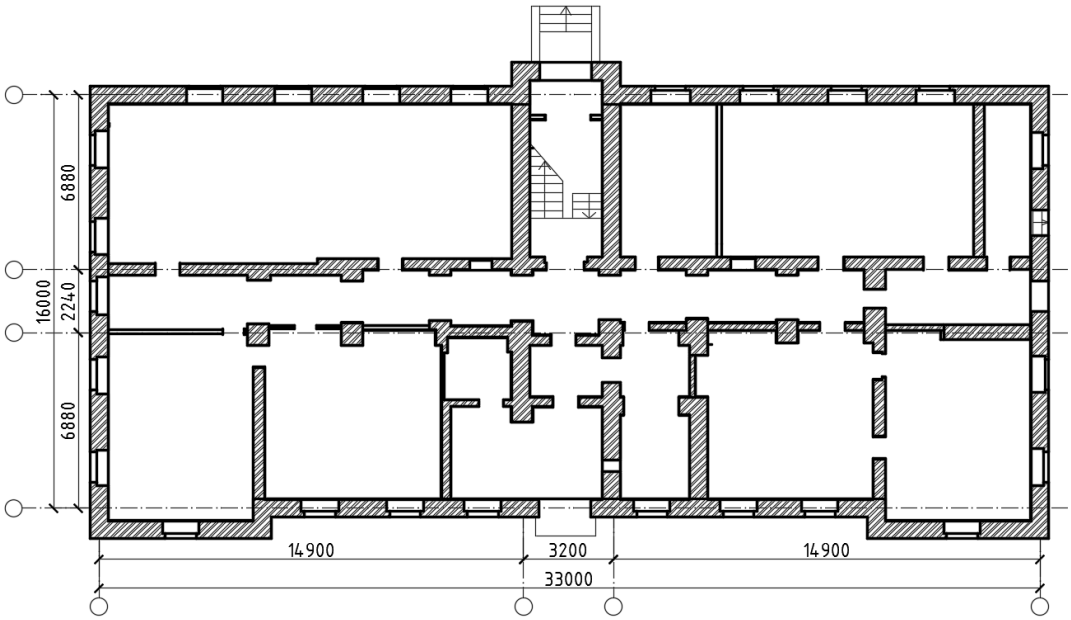

Рисунок 16. План здания

Сбор нагрузок на фундаменты производится согласно СП 20.13330.2016. Сбор нагрузок на фундаменты представлен в таблице.

Таблица 16. Исходные данные

$l_{зд}$, м	$b_{зд}$, м	$h_{эт}$, м	$n_{эт}$	$\alpha_{до}$, град	$\alpha_{после}$, град
33	16	3,3	2	28	15

Таблица 17. Сбор нагрузок на фундамент

Расчетная нагрузка до реконструкции	Расчетная нагрузка после реконструкции
Снеговая нагрузка	
268 даН/м^2	268 даН/м^2
Нагрузка от кровельного пирога	
17 даН/м^2	61 даН/м^2
Нагрузка от чердачного перекрытия	Нагрузка от мансардного перекрытия
365 даН/м^2	280 даН/м^2
Нагрузка от междуэтажного перекрытия	
2 х 450 = 900 даН/м^2	2 х 450 = 900 даН/м^2
Нагрузка от перегородок	
2 х 65 = 130 даН/м^2	3 х 65 = 195 даН/м^2
Полезная нагрузка	
91 + 2 х 240 = 571 даН/м^2	3 х 240 = 720 даН/м^2
Нагрузка от стен	
2303 даН/м^2	2303 даН/м^2
Итого	
4554 даН/м^2	4727 даН/м^2

Вычисление относительной величины перегруза фундамента:

$$\varepsilon = \frac{q_{после}}{q_{до}} \cdot 100\% \tag{49}$$

где $q_{после}$ – давление на 1 м^2 основания после реконструкции,

$q_{до}$ – давление на 1 м^2 основания до реконструкции.

$$\varepsilon = \frac{4727\ даН/м^2}{4554\ даН/м^2} \cdot 100\% = 103{,}8\% \tag{50}$$

Относительная величина перегруза фундамента находится в пределах инженерной погрешности.

4 Технико-экономическое сравнение капитального ремонта крыши и реконструкции крыши с надстройкой мансарды из ЛСТК.

4.1 Описание объекта

За основу для расчета стоимости работ по капитальному ремонту и реконструкции скатной крыши было взято здание Бизнес-центра по адресу: Санкт-Петербург, Октябрьская наб., д.104, к.1, лит.П.

Для капитального ремонта и реконструкции с использованием ЛСТК были разработаны следующие конструктивные схемы.

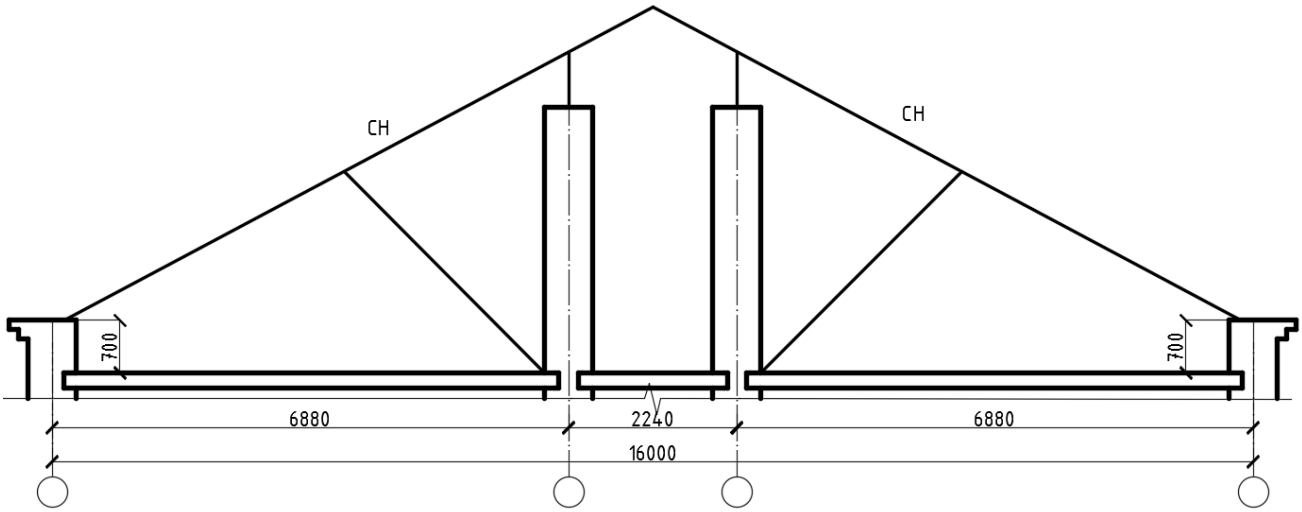

Рисунок 17. Конструктивное решение устройства крыши при капитальном ремонте

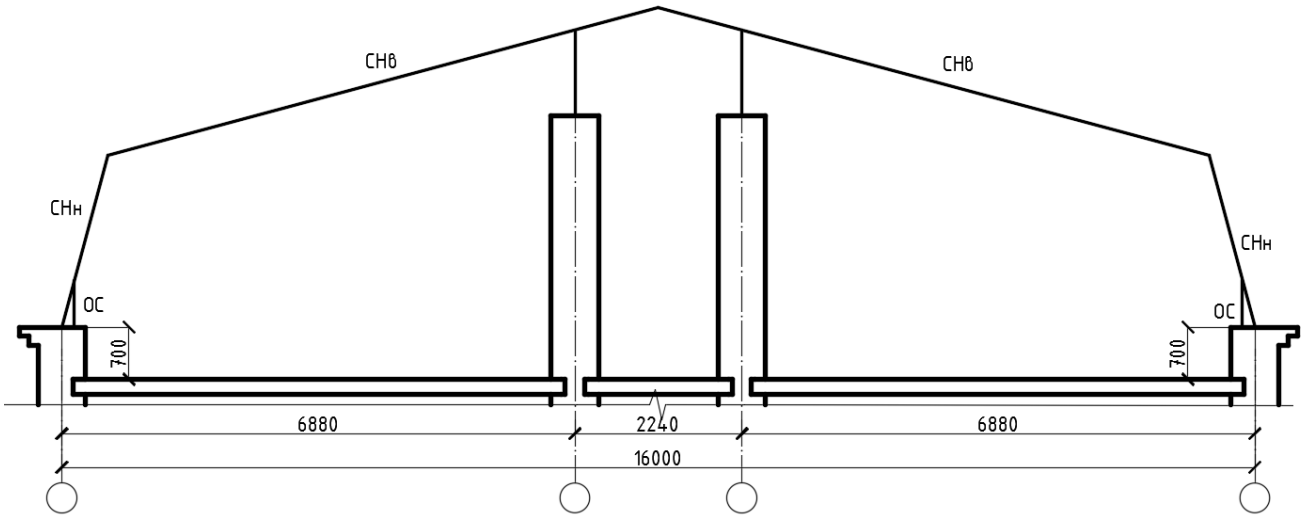

Рисунок 18. Конструктивное решение устройства мансарды при реконструкции

Сечения стропильных ног были приняты по результатам расчетов, представленных в таблицах в приложении В.

Таблица 18. Исходные данные

$l_{зд}$, м	$b_{зд}$, м	$h_к$, м	$\alpha_{до}$, град	$\alpha_{после}$, град
33	16	0,7	28	15

4.1 Экономическое сравнение капитального ремонта и реконструкции

С помощью программы ГРАНД-Смета были разработаны 2 сметы: на капитальный ремонт с заменой деревянной стропильной системы на стропильную систему из ЛСТК и на реконструкцию с надстройкой мансарды из ЛСТК. Сметы были составлены в ценах 2000 года с индексацией в цены на апрель 2017 года.

Стоимость капитального ремонта и реконструкции представлена в таблице.

Таблица 19. Результаты экономического расчета

	Сметная стоимость, вкл. НДС	ФОТ	Машины и механизмы	Материалы
Капитальный ремонт	2630985,02	327270,19	100002,55	1402354,90
Реконструкция	13732912,51	2789438,80	461535,24	4921457,93

По результатам представленным в таблице можно сделать вывод, что стоимость капитального ремонта скатной крыши на 80,8% меньше стоимости реконструкции. Однако, надстраивая здание бизнес-центра, предполагается дальнейшая сдача новых площадей в аренду.

Сумма новых площадей под сдачу в аренду составит 420 м^2. Предполагаемая арендная плата: 1000 руб/м^2 в месяц. Ставка дисконтирования 12% годовых.

Расчет срока окупаемости:

$$DPP = \min n, \text{ при котором} \sum_{t=0}^{N} \frac{CF_t}{(1+i)^t} > IC \tag{51}$$

где DPP – дисконтированный срок окупаемости,

IC – первоначальные вложения,

CF_t – денежный поток в t-тый период времени,

i – ставка дисконтирования,

t – срок реализации.

Расчет выполнялся с использованием программы MS Excel.

Срок окупаемости для реконструкции с надстройкой мансарды составил 3 года 4 месяца.

5 Заключение

В работе с целью обосновать экономическую эффективность применения ЛСТК для надстройки мансард при реконструкции скатных крыш общественных зданий с деревянными стропилами, находящихся в аварийном состоянии было рассмотрено состояние науки в области легких стальных тонкостенных конструкций и в области реконструкции скатных крыш. Также были разработаны новые конструктивные решения. По итогам проведено технико-экономическое сравнение капитального ремонта и реконструкции.

Полученные в работе результаты позволяют сделать следующие выводы:

1. Предложены к использованию 2 конструктивные схемы стропильных систем мансард из ЛСТК.
2. Решена статическая задача в аналитическом виде для разработанных конструктивных схем стропильных систем мансард.
3. Подобраны сечения стропильных ног из ЛСТК для конструктивных схем мансард по техническим условиям компании ООО «БалтПрофиль». Результаты подбора сечений представлены в виде таблиц.
4. Показано, что относительная величина перегруза фундамента при надстройке мансарды находится в пределах 5% инженерной погрешности.
5. Показано, что реконструкция крыши с настройкой мансарды окупается в течении 3 лет 4 месяцев, не смотря на то, что стоимость капитального ремонта на 80,8% меньше стоимости реконструкции.

Литература

[1]. Воловик М.В. Ключевые аспекты реконструкции зданий и сооружений // Технология и организация строительного производства. 2014. № 3(8). С. 31–32.

[2]. Бурцев В.М., Иодчик А.А. Обрешетка чердачных крыш при их ремонте и реконструкции // Дальний восток: проблемы развития архитектурно-строительного комплекса. 2014. № 1. С. 342–346.

[3]. Ватин Н.И., Володин В.В., Золотарева Е.А., Петров К.В., Жмарин Е.Н. Реконструкция крыш Санкт-Петербурга на основе легких стальных тонкостенных конструкций и антиобледенительной системы // Инженерно-строительный журнал. 2010. № 2(12). С. 59–64.

[4]. Семикин П.В., Стрижакова Л.К. Анализ аварийного состояния деревянных конструкций крыши общественного здания // Региональные архитектурно-художественные школы. 2016. №1. С. 160–171.

[5]. Мавлюбердинов А.Р., Альмеев И.М. Технологические особенности капитального ремонта кровель жилых домов 30-50 гг. постройки прошлого столетия // Известия казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2017. №1(39). С. 257–263.

[6]. Полищук А.И., Петухов А.А., Таюкин Г.И. Реконструкция здания генетической клиники НИИ медицинской генетики томского научного центра СО РАМН // Вестник пермского национального исследовательского политехнического университета. Строительство и архитектура. 2015. №1. С. 166-184.

[7]. Третьяков Н.В. Конструктивные особенности здания, являющегося объектом культурного наследия в Самаре // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Строительство. 2016. С. 39-42.

[8]. Юрченко В.В. Проектирование каркасов зданий из тонкостенных холодногнутых профилей в среде «SCAD Office» // Инженерно-строительный журнал. 2010. № 8(18). С. 38-46.

[9]. Ananina M.V., Beresneva N.A., Shurovkina L.L. Influence of corrosion on the light steel gauge framing // Construction of Unique Buildings and Structures. 2014. № 7(22). Pp. 55-70.

[10]. Trubina D.A, Abdulaev D.A., Pichugin E.D. and Garifullin M.R. The loss of local stability of thin-walled steel profiles. Applied Mechanics and Materials. 2014. Vols. 633-634. Pp 1052-1057.

[11]. Trubina D.A., Abdulaev D.A., Pichugin E.D. and Rybakov V.A. Effect of constructional measures on the total and local loss stability of the thin-walled profile under transverse bending. Applied Mechanics and Materials. 2014. Vols. 633-634. Pp 982-990.

[12]. Trubina D.A., Abdulaev D.A., Pichugin E.D. and Rybakov V.A. Geometric nonlinearity of the thin-walled profile under transverse bending . Applied Mechanics and Materials. 2014. Vols. 633-634. Pp 1133-1139.

[13]. Ал Али М., Томко М., Бадак М. Расчет сопротивления сжатых элементов легких стальных тонкостенных конструкций закрытого профиля. Часть 1 // Инженерно-строительный журнал. 2013. №5(40). С. 38-43.

[14]. Ал Али М., Томко М. Расчет сопротивления сжатых элементов легких стальных тонкостенных конструкций закрытого профиля. Часть 2 // Инженерно-строительный журнал. 2014. №1(45). С. 53-58.

[15]. Гордеева А.О., Ватин Н.И. Расчетная конечно-элементная модель холодногнутого перфорированного тонкостенного стержня в программно-вычислительном комплексе SCAD Office // Инженерно-строительный журнал. 2011. №3. С. 36-46.

[16]. Назмеева Т.В. Обеспечение пространственной жесткости покрытия в зданиях из ЛСТК. Инженерно-строительный журнал. 2009. № 6(8). С. 12-15.

[17]. Куражова В.Г., Назмеева Т.В. Виды узловых соединений в лёгких стальных тонкостенных конструкциях // Инженерно-строительный журнал. 2011. №3. С. 47-52.

[18]. Казакова Э.А. Изучение прочностных характеристик узловых соединений ферм из ЛСТК // Актуальные проблемы архитектуры, строительства, экологии и энергосбережения в условиях Западной Сибири. 2015. С. 100-104.

[19]. Мысак В.В., Туснина О.А., Данилов А.И., Туснин А.Р. Особенности работы соединений металлических элементов на заклепках различных типов // Вестник МГСУ. 2014. №3. С. 82-91.

[20]. Катранов И.Г. Эффективность применения болтов и самосверлящих самонарезающих винтов в соединениях тонкостенных стальных конструкций // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2011. №5(148). С. 30-31.

[21]. Катранов И.Г., Кунин Ю.С. Вытяжные заклепки в узлах соединений легких стальных тонкостенных конструкций // Промышленное и гражданское строительство. 2010. №3. С. 48-50.

[22]. Катранов И.Г., Кунин Ю.С. К вопросу расчета винтовых соединений легких стальных тонкостенных конструкций на растяжение // Промышленное и гражданское строительство. 2011. №3. С. 9-11.

[23]. Катранов И.Г. Испытания и расчет винтовых соединений легких стальных тонкостенных конструкций на растяжение // Вестник МГСУ. 2010. №2. С. 89-93.

[24]. Катранов И.Г. Экспериментальные исследования работы многовинтовых соединений легких стальных тонкостенных конструкций // Промышленное и гражданское строительство. 2010. №11. С. 63-65.

[25]. Семенов В.С., Черных-Рашевский В.С., Токарский А.В. Узловые соединения стальных тонкостенных конструкций. Основные типы, особенности работы // Вестник КГУСТА. 2015. №4(40). С. 27-33.

[26]. Ватин Н.И., Жмарин Е.Н., Куражова В.Г., Усанова К.Ю. Конструирование зданий и сооружений. Легкие стальные тонкостенные конструкции [Электронный ресурс]. Систем. требования: AdobeAcrobatReader. URL: http://elib.spbstu.ru/dl/2/3400.pdf/info (дата обращения: 28.05.2017).

[27]. Айрумян Э.Л., Каменщиков Н.И., Липленко М.А. Перспективы ЛСТК в России // Стройпрофиль. 2013. №10. С. 12.

[28]. Айрумян Э.Л. Рекомендации по расчету стальных конструкций из тонкостенных гнутых профилей // Стройпрофиль. 2009. №8.

[29]. Айрумян Э.Л. Особенности расчета стальных конструкций из тонкостенных гнутых профилей // Монтажные и специальные работы в строительстве. 2008. №3. С. 2.

[30]. Айрумян Э.Л., Белый Г.И. Исследования работы стальной фермы из холодногнутых профилей с учетом их местной и общей устойчивости // Промышленное и гражданское строительство. 2010. №5. С. 41-44.

[31]. Альхименко А. И., Ватин Н. И., Рыбаков В. А. Технологии легких стальных тонкостенных конструкций. 2008. 26 с.

[32]. Рыбаков В.А. Основы строительной механики легких стальных тонкостенных конструкций. СПб: Издательство СПб ГПУ, 2011. 206 с.

[33]. Жмарин Е.Н., Рыбаков В.А. ЛСТК – инструмент для реализации программы «Доступное и комфортное жилье» // СтройПРОФИль. 2007. №7(61). С. 118-119.

[34]. Trubina D.A., Pichugin E.D., Rybakov V.A., Garifullin M.R., Sokolova O.V. Comprasion of the bearing capacity of lst-profile depending on the thickness of its elements. Applied mechanics and materials. 2015. No. 725-726. Pp. 752-757. doi: 10.4028/www.scientific.net/AMM.725-726.752

[35]. Vatin N.I., Sinelnikov A.S., Garifullin M.R., Trubina D.A. Simulation of cold-formed steel beams in global and distortional buckling. Applied mechanics and materials. 2014. No. 633-634. Pp. 1037-1041. doi: 10.4028/www.scientific.net/AMM.633-634.1037

[36]. Garifullin M.R., Trubina D.A., Vatin N.I. Local buckling of cold-formed steel members with edge stiffened holes. Applied mechanics and materials. 2015. No. 725-726. Pp. 697-702. doi: 10.4028/www.scientific.net/AMM.725-726.697

[37]. Garifullin M.R., Nackenhorst U. Computational analysis of cold-formed steel columns with initial imperfections. Procedia engineering. 2015. No. 117. Pp. 1073-1079. doi: 10.1016/j.proeng.2015.08.239

[38]. Garifullin M.R., Bronzova M., Sinelnikov A.S., Vatin N.I. Buckling analysis of cold-formed c-shaped columns with reticular-stretched perforations. Interdisciplinarity in theory and practice. 2015. No. 7. Pp. 163-169.

[39]. Vatin N.I., Havula J., Martikainen L., Sinelnikov A.S., Orlova A.V., Salamakhin S.V. Thin-walled cross-sections and their joints: tests and fem-modelling. Advanced materials research. 2014. No. 945-949. Pp. 1211-1215. Doi: 10.4028.

[40]. Rybakov V.A., Panteleev A., Sharbabchev G., Epshtein E. Snow-retaining system as a temporary decision for providing of the suitable temperature and humidity level of pitched roofs. Applied mechanics and materials. 2014. No. 584-586. Pp. 1876-1880. doi: 10.4028/www.scientific.net/AMM.584-586.1876

[41]. СП 20.13330.2016. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*.

[42]. СП 16.13330.2011. Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-23-81* (с Изменением N 1).

[43]. СП 260.1325800.2016. Конструкции стальные тонкостенные из холодногнутых оцинкованных профилей и гофрированных листов. Правила проектирования.

[44]. ТУ 1121-001-1383-0080-2003. Профили стальные оцинкованные для системы каркасного строительства (ООО «Балтпрофиль»).

[45]. Дарков А.В., Шапошников Н.Н. Строительная механика: Учеб. для строит. спец. вузов. – 8-е изд., перераб. и доп.— М.: Высшая школа, 1986. — 607 с

[46]. Дьяков С.Ф., Лалин В.В. Построение и анализ конечных элементов тонкостенного стержня открытого профиля с учетом деформаций сдвига при кручении // Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. 2011. №2. С. 130-140.

Reconstruction of Pitched Roofs Using Steel Thin-walled Structures

V.A. Rybakov [1]*, T.V. Maslak [2], K.A. Fedotova [3], A.V. Smirnov [4], I.A. Ananeva [5]

[1-5] *Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, 29 Politechnicheskaya St., St. Petersburg, 195251, Russia*

Article info

scientific article

doi: 10.18720/CUBS.63.2

Article history

Received 08.06.2017

Keywords

stress strain state;
force method;
statically indeterminate systems;
attic roofs;
steel thin-walled structures;

ABSTRACT

The article considers the variants of application of BIM technologies to assess and minimize the risks at the stages of design, construction and operation of buildings and structures. Presents a conceptual model showing the relationship of the pyramid of accidents with the model of acceptable risk. The paper describes the application of risk assessment methodology for hazards based on BIM technology on a particular object, resulting in the average safety index. Obtaining a quantitative assessment of the risk situation in the insured object allows insurance companies to predict future actions, and the use of BIM technology will increase the competitive ability of insurance companies and the culture of the construction industry.

Contact information:

1* +79643312915, fishermanoff@mail.ru (Vladimir Rybakov, Ph.D., Associate Professor)

2 +79219218498, tmaslak@mail.ru (Tatiana Maslak, Ph.D., Assistant)

3 +79213262876, himole@rambler.ru (Kseniya Fedotova, Student)

4 +79213818040, andrewsmirnov@inbox.ru (Andrei Smirnov, Student)

5 +79319714391, irina.ananeva94@yandex.ru (Irina Ananeva, Student)

References

[1]. Volovik M.V. Klyuchevyye aspekty rekonstruktsii zdaniy i sooruzheniy // Tekhnologiya i organizatsiya stroitelnogo proizvodstva. 2014. № 3(8). S. 31–32.

[2]. Burtsev V.M., Iodchik A.A. Obreshetka cherdachnykh krysh pri ikh remonte i rekonstruktsii // Dalniy vostok: problemy razvitiya arkhitekturno-stroitelnogo kompleksa. 2014. № 1. S. 342–346.

[3]. Vatin N.I., Volodin V.V., Zolotareva Ye.A., Petrov K.V., Zhmarin Ye.N. Rekonstruktsiya krysh Sankt-Peterburga na osnove legkikh stalnykh tonkostennykh konstruktsiy i antiobledenitelnoy sistemy // Inzhenerno-stroitelnyy zhurnal. 2010. № 2(12). S. 59–64.

[4]. Semikin P.V., Strizhakova L.K. Analiz avariynogo sostoyaniya derevyannykh konstruktsiy kryshi obshchestvennogo zdaniya // Regionalnyye arkhitekturno-khudozhestvennyye shkoly. 2016. №1. S. 160–171.

[5]. Mavlyuberdinov A.R., Almeyev I.M. Tekhnologicheskiye osobennosti kapitalnogo remonta krovel zhilykh domov 30-50 gg. postroyki proshlogo stoletiya // Izvestiya kazanskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitelnogo universiteta. 2017. №1(39). S. 257–263.

[6]. Polishchuk A.I., Petukhov A.A., Tayukin G.I. Rekonstruktsiya zdaniya geneticheskoy kliniki NII meditsinskoy genetiki tomskogo nauchnogo tsentra SO RAMN // Vestnik permskogo natsionalnogo issledovatelskogo politekhnicheskogo universiteta. Stroitelstvo i arkhitektura. 2015. №1. S. 166-184.

[7]. Tretyakov N.V. Konstruktivnyye osobennosti zdaniya, yavlyayushchegosya obyektom kulturnogo naslediya v Samare // Traditsii i innovatsii v stroitelstve i arkhitekture. Ctroitelstvo. 2016. S. 39-42.

[8]. Yurchenko V.V. Proyektirovaniye karkasov zdaniy iz tonkostennykh kholodnognutykh profiley v srede «SCAD Office» // Inzhenerno-stroitelnyy zhurnal. 2010. № 8(18). S. 38-46.

[9]. Ananina M.V., Beresneva N.A., Shurovkina L.L. Influence of corrosion on the light steel gauge framing // Construction of Unique Buildings and Structures. 2014. № 7(22). Pp. 55-70.

[10]. Trubina D.A, Abdulaev D.A., Pichugin E.D. and Garifullin M.R. The loss of local stability of thin-walled steel profiles. Applied Mechanics and Materials. 2014. Vols. 633-634. Pp 1052-1057.

[11]. Trubina D.A., Abdulaev D.A., Pichugin E.D. and Rybakov V.A. Effect of constructional measures on the total and local loss stability of the thin-walled profile under transverse bending. Applied Mechanics and Materials. 2014. Vols. 633-634. Pp 982-990.

[12]. Trubina D.A., Abdulaev D.A., Pichugin E.D. and Rybakov V.A. Geometric nonlinearity of the thin-walled profile under transverse bending . Applied Mechanics and Materials. 2014. Vols. 633-634. Pp 1133-1139.

[13]. Al Ali M., Tomko M., Badak M. Raschet soprotivleniya szhatykh elementov legkikh stalnykh tonkostennykh konstruktsiy zakrytogo profilya. Chast 1 // Inzhenerno-stroitelnyy zhurnal. 2013. №5(40). S. 38-43.

[14]. Al Ali M., Tomko M. Raschet soprotivleniya szhatykh elementov legkikh stalnykh tonkostennykh konstruktsiy zakrytogo profilya. Chast 2 // Inzhenerno-stroitelnyy zhurnal. 2014. №1(45). S. 53-58.

[15]. Gordeyeva A.O., Vatin N.I. Raschetnaya konechno-elementnaya model kholodnognutogo perforirovannogo tonkostennogo sterzhnya v programmno-vychislitelnom komplekse SCAD Office // Inzhenerno-stroitelnyy zhurnal. 2011. №3. S. 36-46.

[16]. Nazmeyeva T.V. Obespecheniye prostranstvennoy zhestkosti pokrytiya v zdaniyakh iz LSTK. Inzhenerno-stroitelnyy zhurnal. 2009. № 6(8). S. 12-15.

[17]. Kurazhova V.G., Nazmeyeva T.V. Vidy uzlovykh soyedineniy v legkikh stalnykh tonkostennykh konstruktsiyakh // Inzhenerno-stroitelnyy zhurnal. 2011. №3. S. 47-52.

[18]. Kazakova E.A. Izucheniye prochnostnykh kharakteristik uzlovykh soyedineniy ferm iz LSTK // Aktualnyye problemy arkhitektury, stroitelstva, ekologii i energosberezheniya v usloviyakh Zapadnoy Sibiri. 2015. S. 100-104.

[19]. Mysak V.V., Tusnina O.A., Danilov A.I., Tusnin A.R. Osobennosti raboty soyedineniy metallicheskikh elementov na zaklepkakh razlichnykh tipov // Vestnik MGSU. 2014. №3. S. 82-91.

[20]. Katranov I.G. Effektivnost primeneniya boltov i samosverlyashchikh samonarezayushchikh vintov v soyedineniyakh tonkostennykh stalnykh konstruktsiy // Stroitelnyye materialy, oborudovaniye, tekhnologii XXI veka. 2011. №5(148). S. 30-31.

[21]. .Katranov I.G., Kunin Yu.S. Vytyazhnyye zaklepki v uzlakh soyedineniy legkikh stalnykh tonkostennykh konstruktsiy // Promyshlennoye i grazhdanskoye stroitelstvo. 2010. №3. S. 48-50.

[22]. Katranov I.G., Kunin Yu.S. K voprosu rascheta vintovykh soyedineniy legkikh stalnykh tonkostennykh konstruktsiy na rastyazheniye // Promyshlennoye i grazhdanskoye stroitelstvo. 2011. №3. S. 9-11.

[23]. Katranov I.G. Ispytaniya i raschet vintovykh soyedineniy legkikh stalnykh tonkostennykh konstruktsiy na rastyazheniye // Vestnik MGSU. 2010. №2. S. 89-93.

[24]. Katranov I.G. Eksperimentalnyye issledovaniya raboty mnogovintovykh soyedineniy legkikh stalnykh tonkostennykh konstruktsiy // Promyshlennoye i grazhdanskoye stroitelstvo. 2010. №11. S. 63-65.

[25]. Semenov V.S., Chernykh-Rashevskiy V.S., Tokarskiy A.V. Uzlovyye soyedineniya stalnykh tonkostennykh konstruktsiy. Osnovnyye tipy, osobennosti raboty // Vestnik KGUSTA. 2015. №4(40). S. 27-33.

[26]. Vatin N.I., Zhmarin Ye.N., Kurazhova V.G., Usanova K.Yu. Konstruirovaniye zdaniy i sooruzheniy. Legkiye stalnyye tonkostennyye konstruktsii [Elektronnyy resurs]. Sistem. trebovaniya: AdobeAcrobatReader. URL: http://elib.spbstu.ru/dl/2/3400.pdf/info (data obrashcheniya: 28.05.2017).

[27]. Ayrumyan E.L., Kamenshchikov N.I., Liplenko M.A. Perspektivy LSTK v Rossii // Stroyprofil. 2013. №10. S. 12.

[28]. Ayrumyan E.L. Rekomendatsii po raschetu stalnykh konstruktsiy iz tonkostennykh gnutykh profiley // Stroyprofil. 2009. №8.

[29]. Ayrumyan E.L. Osobennosti rascheta stalnykh konstruktsiy iz tonkostennykh gnutykh profiley // Montazhnyye i spetsialnyye raboty v stroitelstve. 2008. №3. S. 2.

[30]. Ayrumyan E.L., Belyy G.I. Issledovaniya raboty stalnoy fermy iz kholodnognutykh profiley s uchetom ikh mestnoy i obshchey ustoychivosti // Promyshlennoye i grazhdanskoye stroitelstvo. 2010. №5. S. 41-44.

[31]. Alkhimenko A. I., Vatin N. I., Rybakov V. A. Tekhnologii legkikh stalnykh tonkostennykh konstruktsiy. 2008. 26 s.

[32]. Rybakov V.A. Osnovy stroitelnoy mekhaniki legkikh stalnykh tonkostennykh konstruktsiy. SPb GPU, 2011. 206 s.

[33]. Zhmarin Ye.N., Rybakov V.A. LSTK – instrument dlya realizatsii programmy «Dostupnoye i komfortnoye zhilye» // CtroyPROFII. 2007. №7(61). S. 118-119.

[34]. Trubina D.A., Pichugin E.D., Rybakov V.A., Garifullin M.R., Sokolova O.V. Comprasion of the bearing capacity of lst-profile depending on the thickness of its elements. Applied mechanics and materials. 2015. No. 725-726. Pp. 752-757. doi: 10.4028/www.scientific.net/AMM.725-726.752

[35]. Vatin N.I., Sinelnikov A.S., Garifullin M.R., Trubina D.A. Simulation of cold-formed steel beams in global and distortional buckling. Applied mechanics and materials. 2014. No. 633-634. Pp. 1037-1041. doi: 10.4028/www.scientific.net/AMM.633-634.1037

[36]. Garifullin M.R., Trubina D.A., Vatin N.I. Local buckling of cold-formed steel members with edge stiffened holes. Applied mechanics and materials. 2015. No. 725-726. Pp. 697-702. doi: 10.4028/www.scientific.net/AMM.725-726.697

[37]. Garifullin M.R., Nackenhorst U. Computational analysis of cold-formed steel columns with initial imperfections. Procedia engineering. 2015. No. 117. Pp. 1073-1079. doi: 10.1016/j.proeng.2015.08.239

[38]. Garifullin M.R., Bronzova M., Sinelnikov A.S., Vatin N.I. Buckling analysis of cold-formed c-shaped columns with reticular-stretched perforations. Interdisciplinarity in theory and practice. 2015. No. 7. Pp. 163-169.

[39]. Vatin N.I., Havula J., Martikainen L., Sinelnikov A.S., Orlova A.V., Salamakhin S.V. Thin-walled cross-sections and their joints: tests and fem-modelling. Advanced materials research. 2014. No. 945-949. Pp. 1211-1215. Doi: 10.4028.

[40]. Rybakov V.A., Panteleev A., Sharbabchev G., Epshtein E. Snow-retaining system as a temporary decision for providing of the suitable temperature and humidity level of pitched roofs. Applied mechanics and materials. 2014. No. 584-586. Pp. 1876-1880. doi: 10.4028/www.scientific.net/AMM.584-586.1876

[41]. SP 20.13330.2016. Nagruzki i vozdeystviya. Aktualizirovannaya redaktsiya SNiP 2.01.07-85*.

[42]. SP 16.13330.2011. Stalnyye konstruktsii. Aktualizirovannaya redaktsiya SNiP II-23-81* (s Izmeneniyem N 1).

[43]. SP 260.1325800.2016. Konstruktsii stalnyye tonkostennyye iz kholodnognutykh otsinkovannykh profiley i gofrirovannykh listov. Pravila proyektirovaniya.

[44]. TU 1121-001-1383-0080-2003. Profili stalnyye otsinkovannyye dlya sistemy karkasnogo stroitelstva (OOO «Baltprofil»).

[45]. Darkov A.V., Shaposhnikov N.N. Stroitelnaya mekhanika: Ucheb. dlya stroit. spets. vuzov. – 8-ye izd., pererab. i dop. — M.: Vysshaya shkola, 1986. — 607 s

[46]. Dyakov S.F., Lalin V.V. Postroyeniye i analiz konechnykh elementov tonkostennogo sterzhnya otkrytogo profilya s uchetom deformatsiy sdviga pri kruchenii // Transport. Transportnyye sooruzheniya. Ekologiya. 2011. №2. S. 130-140.

Рыбаков В.А., Маслак Т.В., Федотова К.А., Смирнов А.В., Ананьева И.А., Реконструкция скатных крыш с использованием легких стальных тонкостенных конструкций, Строительство уникальных зданий и сооружений, 2017, №12(63). С.20-48.

Rybakov V.A.,Maslak T.V.,Fedotova K.A.,Smirnov A.V.,Ananeva I.A.Reconstruction Pitched Roofs Using Steel Thin-walled Structures, Construction of Unique Buildings and Structures. 2017. 12 (63). Pp. 20-48. (rus)