ТОО «Проект Альфа Групп»

Лицензия № 08814 от 09.09.2022г.

ТОМ 4 Расчет деревянных конструкций кровли

Капитальный ремонт ГККП "Ясли-сад №14 "Ақбөпе" акимата города Астана, по адресу: г.Астана, ул.Мәскеу 29/4

Директор
ТОО «Проект Альфа Групп» Нестренко Е.А.

г.Караганда, 2025г

Содержание

1 Введение 3
2 Конструктивная схема объекта 4
3 Расчётная схема 7
3.1 Общая характеристика расчётной схемы 7
3.2 Визуализация расчётной схемы здания 9
3.3 Жесткости и расчётные характеристики 15
3.3.1 Жесткости 16
4 Сбор нагрузок 20
4.1 Постоянные нагрузки 20
4.2 Снеговые нагрузки 23
4.3 Ветровые нагрузки 27
5 Результаты расчёта 37
5.1 Протокол расчёта 37
5.2 Перемещение основных узлов 39
5.3 Расчёт деревянных элементов кровли 41
5.3.1 Обрешётка 42
5.3.2 Стропила 50
5.3.3 Накосные ноги 55
5.3.4 Прогоны 61
5.3.5 Стойки 69
5.3.6 Связи 78
6 Выводы 80
7 Список ссылочной и нормативной литературы 81

1 Введение

Настоящий расчёт принят для проверки принятых проектных решений по конструированию деревянных элементов кровли здания в осях А-Л/7-9 по рабочему проекту «Капитальный ремонт ГККП "Ясли-сад №14 "Ақбөпе" акимата города Астана, по адресу: г. Астана, ул. Мәскеу 29/4. Здание ясли-сад № 14». Для здания в осях А-Г/1-6 конструкции приняты применительно.

Уровень ответственности здания – II.

Снеговая нагрузка на грунт с годовой вероятностью превышения 0,02 – 1,5 кПа (III снеговая зона, НП. 3НП к СП РК EN 1991-1-3:2003/2011). Снеговая нагрузка на грунт с исключительно низкой вероятностью – 3,0 кПа (III снеговая зона, НП. 3 НП к СП РК EN 1991-1-3:2003/2011). Снеговая нагрузка на покрытие с чрезвычайными наносами (в результате выпадения снега с чрезвычайно низкой вероятностью) – 1,8 кПа (IV снеговая зона, НП. 3 НП к СП РК EN 1991-1-3:2003/2011).

Базовая скорость ветра с годовой вероятностью превышения 0,02 – 35 м/с (0,77 кПа), (IV ветровой район, НП. 3 НП к СП РК EN 1991-1-3:2003/2011). Средняя скорость ветра за зимний период – 5 м/с (III ветровой район, НП. 3 НП к СП РК EN 1991-1-3:2003/2011).

Класс расчётного срока эксплуатации – 2 (10-25 лет, таблица НП.2.1НП к СП РК EN 1990:2002+A1:2005/2011).

Значения коэффициентов ψ принимаем как для офисных площадей (таблица НП.А1.1 СП РК EN 1990:2002+A1:2005/2011): ψ_0=07, ψ_1=0,5, ψ_2=0,3. Значения коэффициентов ψ для снеговых нагрузок (таблица НП.А1.1 СП РК EN 1990:2002+A1:2005/2011): ψ_0=0,5, ψ_1=0,2, ψ_2=0. Значения коэффициентов ψ для ветровых нагрузок (таблица НП.А1.1 СП РК EN 1990:2002+A1:2005/2011): ψ_0=0,6, ψ_1=0,2, ψ_2=0.

Расчёт произведён на основе метода конечных элементов (МКЭ) в форме метода перемещений с использованием программного комплекса ЛИРА-САПР 2025 R2. Расчёт выполнен в соответствии с требованиями первой и второй групп предельных состояний, результатом которого является проверка принятых жесткостей, материалов, граничных условий в программном комплексе, на основании рабочего проекта.

При выполнении расчёта в соответствии с указанием НП.2.2.4 НП к СП РК EN 1990:2002+A1:2005/2011реализуется подход 1 указанный в пункте А1.3.1СП РК EN 1990:2002+A1:2005/2011: предполагает выполнение двух независимых расчетных проверок, в первой из которых расчетные значения геотехнических и других воздействий на сооружение или от сооружения

принимают по Таблице A1.4(C), а во второй – по Таблице A1.4(B). В общих случаях, размеры фундаментов регулируются данными Таблицы A1.2(C), а сопротивляемость – данными Таблицы A1.2(B).

2 Конструктивная схема объекта

Чердачная кровля с покрытием из металлочерепицы по деревянной обрешётке и стропилам.

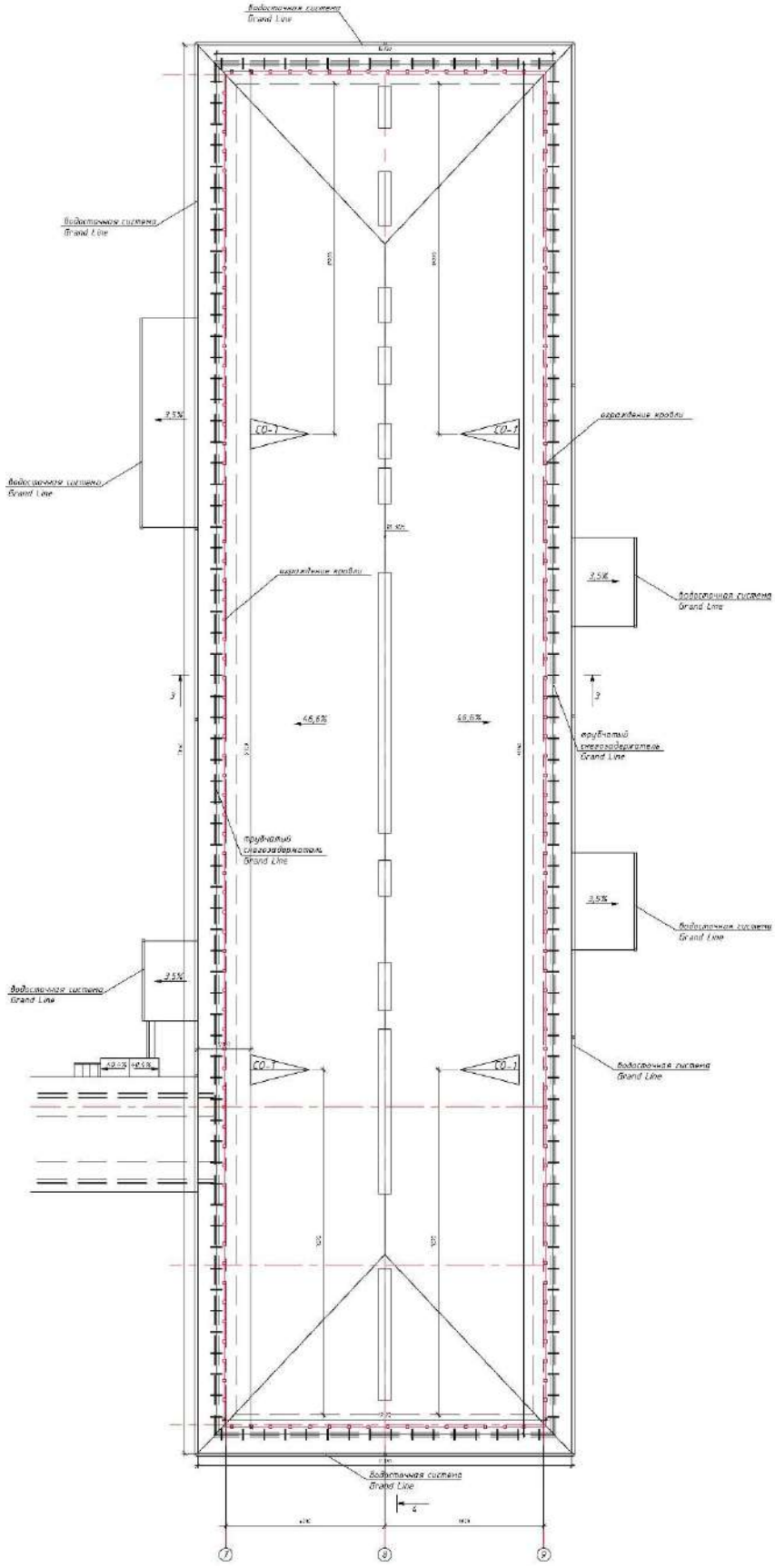

Водосточная система
Grand Line
3,5%
СО-1
46,6%
трубчатый
снегозадержатель
Grand Line

Рис. 2.1 План

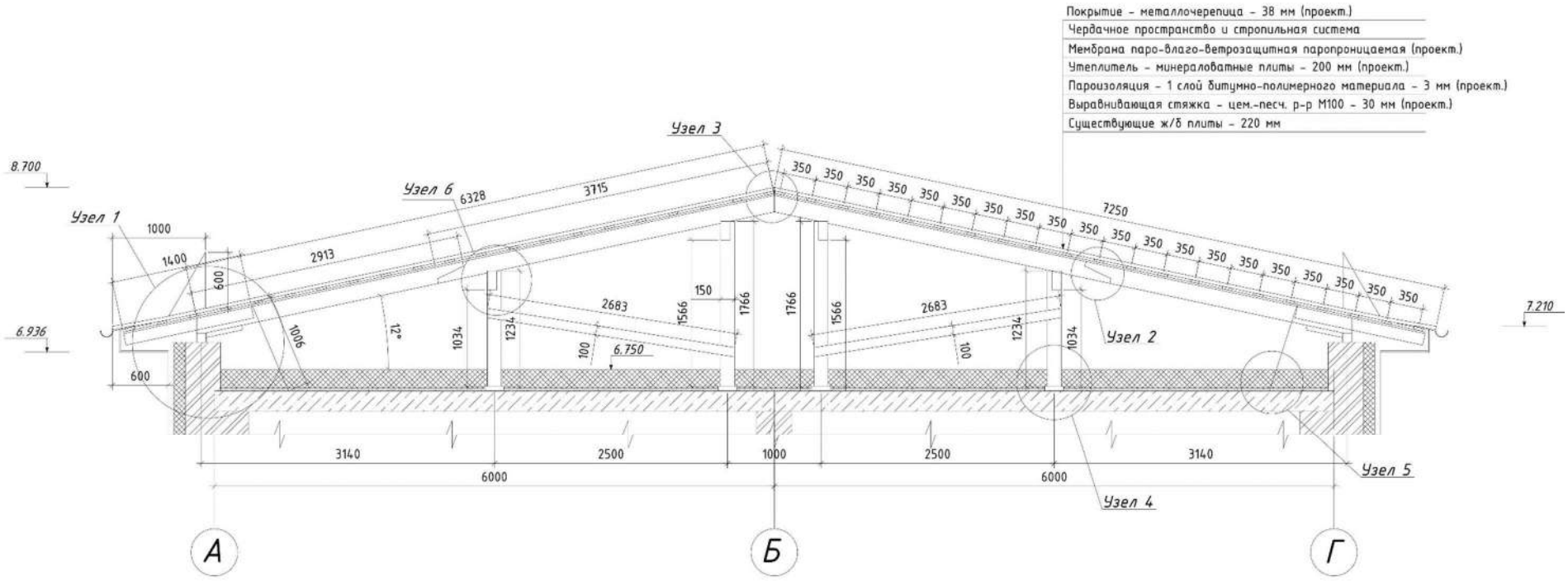


Рис. 2.2 Разрез

3 Расчётная схема

3.1 Общая характеристика расчётной схемы

Расчёт производится в пространственной постановке с упругими жесткостными характеристиками материалов на действие основных сочетаний нагрузок. Создание расчётной схемы и все расчёты производились с использованием программного комплекса LIRA-FEM 2025 R2.

В основу расчёта положен метод конечных элементов с использованием в качестве основных неизвестных перемещений и поворотов узлов расчётной схемы. В связи с этим идеализация конструкций выполнена в форме, приспособленной к использованию этого метода, а именно: система представлена в виде набора тел стандартного типа (стержней, оболочек, пластин и т.д.), называемых конечными элементами и присоединённых к узлам.

В состав расчётной схемы включены конструкции, работа которых является существенной и определяющей для данной системы. Все прочие конструкции, мало влияющие, на схему системы и её работу из расчётной схемы исключены. Конфигурация схемы принята по чертежам, в соответствии с заданием на расчёт. При создании конечно-элементной модели использован 5 тип конечных элементов – пространственный стержень.

Собственный вес конструкций и нагрузки приняты в виде линейных распределённых нагрузок, приложенных к элементам схемы и сосредоточенных нагрузок, приложенных в узлы схемы и на элементы.

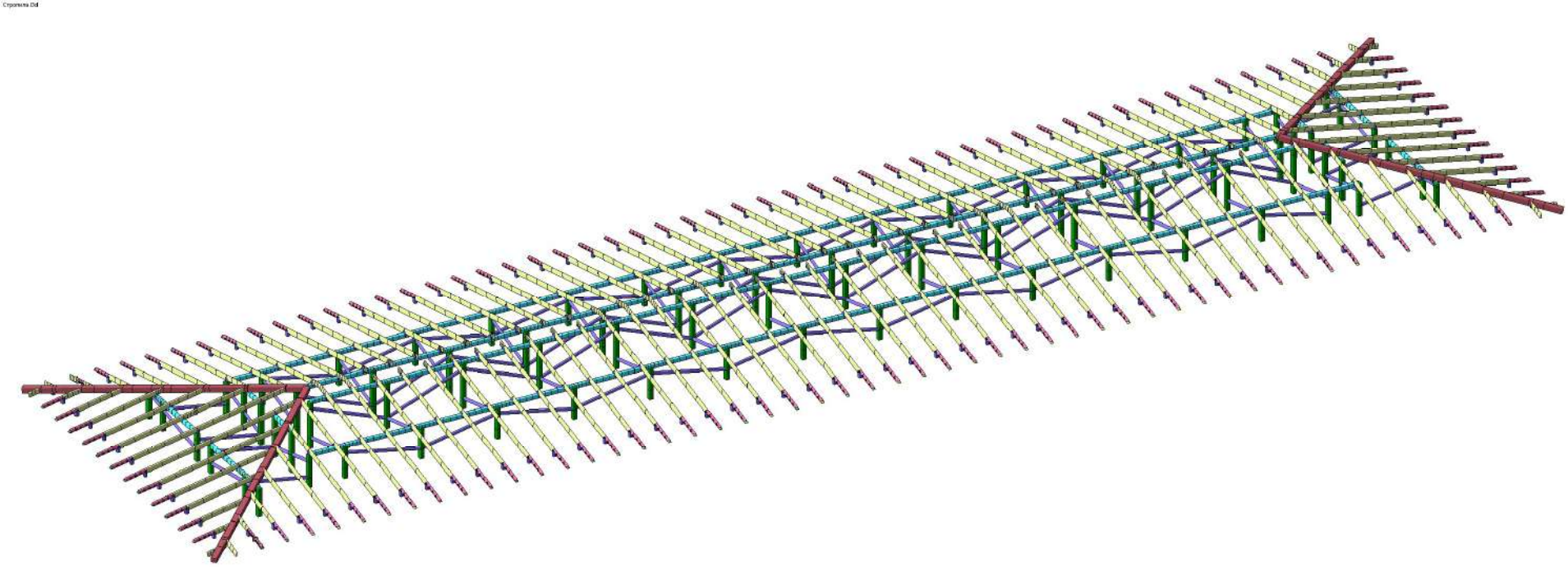
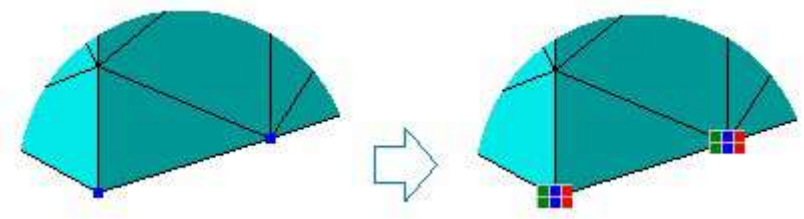


Рис. 3.1 3D вид

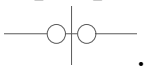
3.2 Визуализация расчётной схемы здания

Объект расчёта предоставлен системой конечных элементов, показанной на нижеследующих рисунках подраздела. Конечно-элементной схеме предшествует 3D-изображение.

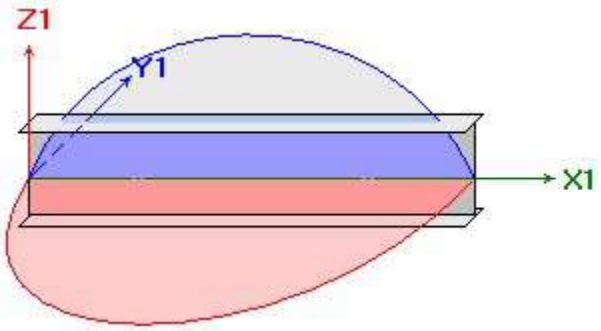
Опорные узлы представлены цветной палеткой из шести ячеек, где три верхних ячейки соответствуют X, Y. Z, а три нижних – UX, UY, UZ. Присутствие цвета в ячейке обозначает наложенную связь



.

Визуализация шарнирного соединения выполняется значком окружности на концах элемента  .

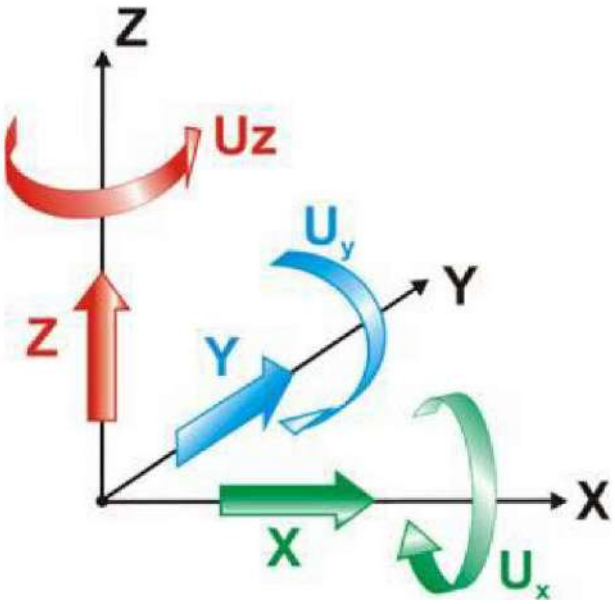
Расчётные длины элементов назначаются относительно местных осей элемента. Расчетная длина относительно оси Y1 соответствует расчету в синей плоскости, а расчетная длина относительно оси Z1 соответствует расчету в красной плоскости.



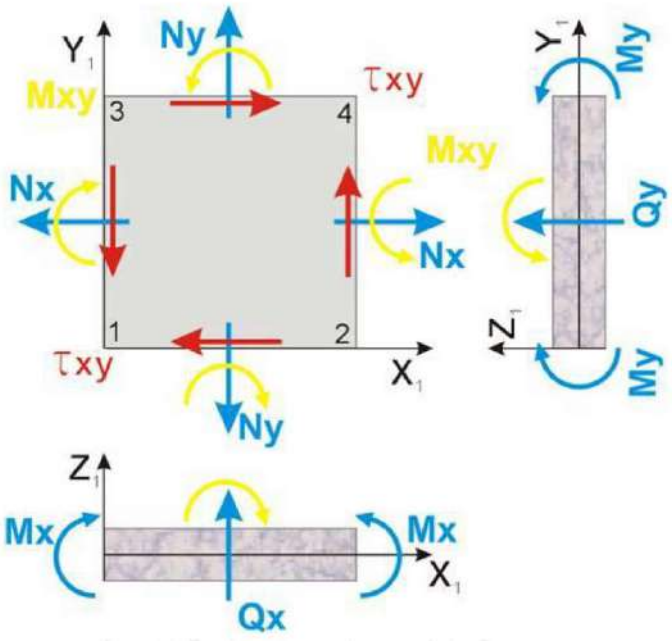
Ось выдачи результатов и армирования X элементов ростверков и плит направлена вдоль глобальной оси X.

Ось выдачи результатов и армирования X для диафрагм жёсткости направлена горизонтально.

Правила знаков при чтении результатов МКЭ-расчета.



Правила знаков перемещений. Линейные перемещения положительны, если они направлены вдоль соответствующих осей глобальной системы координат. Угловые перемещения (повороты) положительны, если они вращают узел против часовой стрелки, если смотреть с конца соответствующих осей глобальной системы координат.



Правила знаков усилий в оболочках:

N_x – Нормальное напряжение вдоль оси X1. Положительный знак соответствует растяжению.

N_y – Нормальное напряжение вдоль оси Y1. Положительный знак соответствует растяжению.

T_{xy} – Сдвигающее напряжение. Положительный знак соответствует удлинению диагонали 1-4 четырехугольного КЭ или медианы треугольного КЭ, выходящей из узла 1.

M_x – Момент, действующий на сечение, ортогональное оси X1. Положительный знак соответствует растяжению нижнего относительно оси Z1 волокна.

M_y – Момент, действующий на сечение, ортогональное оси Y1. Положительный знак соответствует растяжению нижнего относительно оси Z1 волокна.

M_{xy} – Крутящий момент. Положительный знак соответствует кривизне диагонали 1-4 (или медианы, выходящей из узла 1), направленной относительно оси Z1 выпуклостью вниз.

Q_x – Перерезывающая сила вдоль оси Z1 в сечении, ортогональном оси X1. Усилие положительного знака сонаправлено оси Z1 на той части КЭ, в которой отсутствует узел 1.

Q_y – Перерезывающая сила вдоль оси Z1 в сечении, ортогональном оси Y1. Усилие положительного знака сонаправлено оси Z1 на той части КЭ, в которой отсутствует узел 1.

R_z – Давление на грунт. Положительный знак соответствует растяжению грунта.

Размерности напряжений N_x, N_y, T_{xy} – $[F/L^2]$; моментов M_x, M_y, M_{xy} – $[F \cdot L/L]$; сил Q_x, Q_y – $[F/L]$; давления R_z – $[F/L^2]$, где F – размерность силы L – размерность длины.

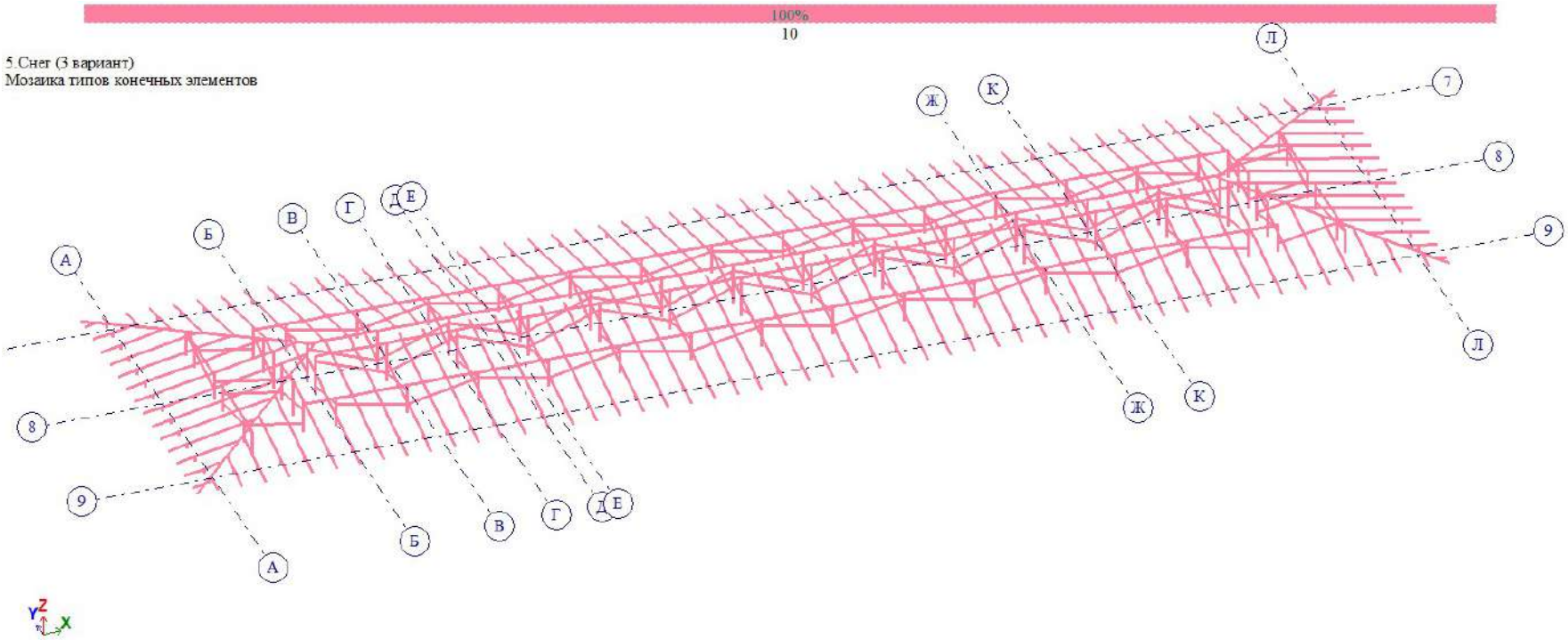


Рис. 3.2 Мозаика типов конечных элементов

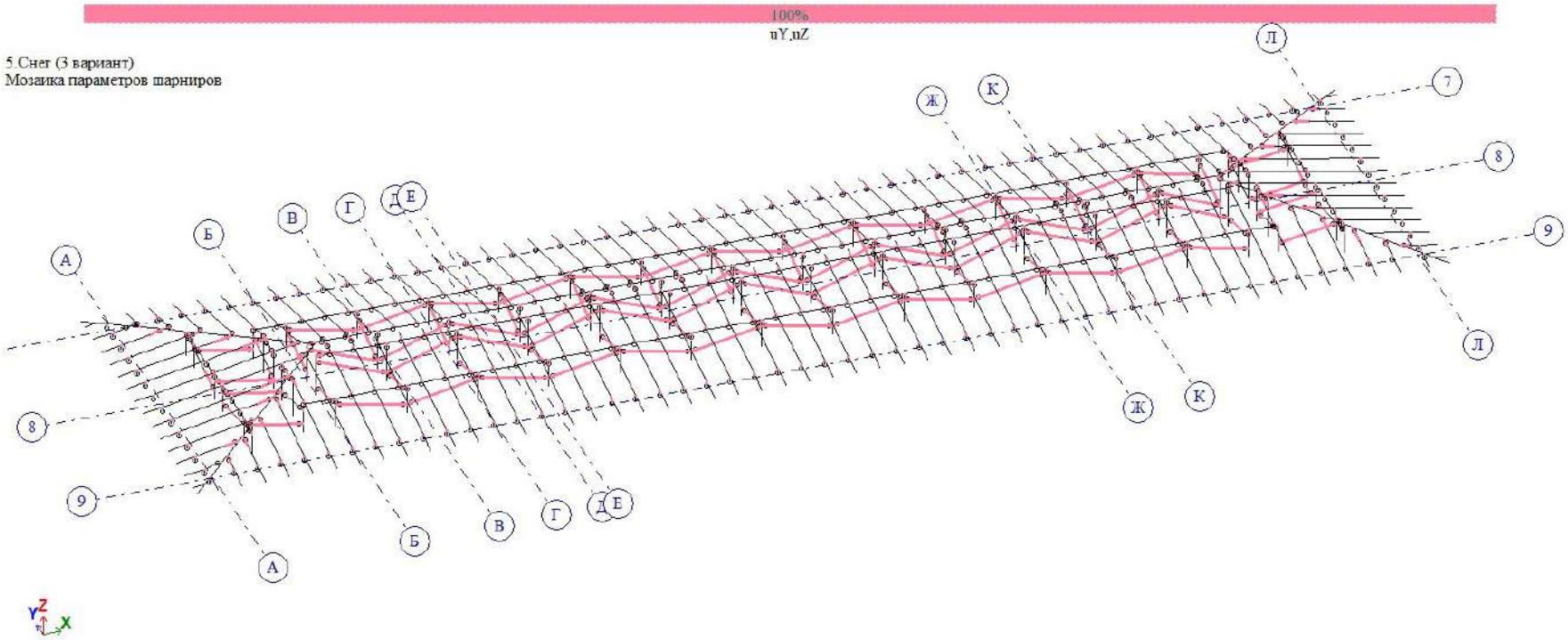


Рис. 3.3 Мозаика параметров шарниров

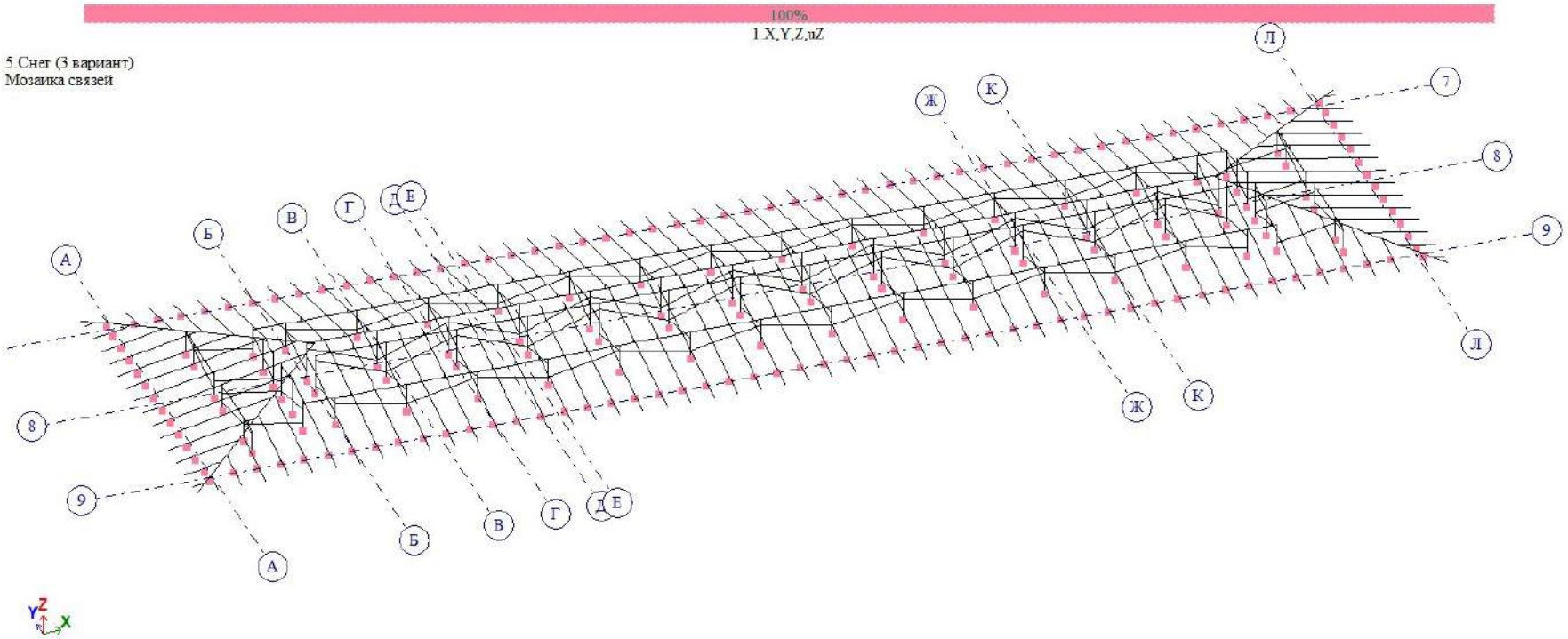


Рис. 3.4 Мозаика связей

3.3 Жесткости и расчётные характеристики

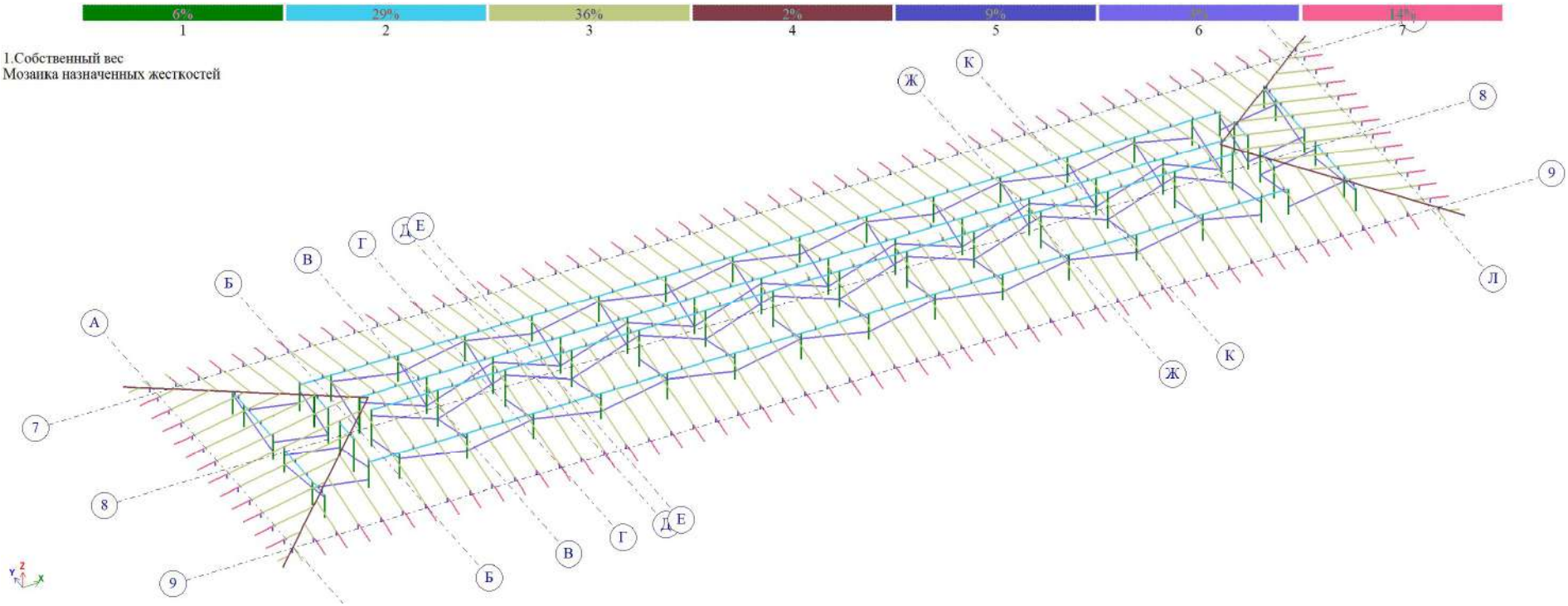


Рис. 3.5 Мозаика назначенных жесткостей

3.3.1 Жесткости

Таблица 3.1 Жесткостные характеристики

Таблица 3.1 Жесткостные характеристики. Стержни

Цвет	Имя с номером	Комментарий	E, кН/м2	Ro, кН/м3	V	EF, кН	EIy, кН*м2	EIz, кН*м2	Glk, кН*м2	Y1, см	Y2, см	Z1, см	Z2, см	Ru_Y, см	Ru_Z, см	q, кН/м	GFy, кН	GFz, кН
	1. Брус 15 Х 15 (Стойка)	Стойка	4.7e+06	6	0.5	105750	198.281	198.281	111.038	2.5	2.5	2.5	2.5	0	0	0.135	29375	29375
	2. Брус 10 Х 20 (Прогон)	Прогон	4.7e+06	6	0.5	94000	313.333	78.3333	73.8074	1.66667	1.66667	3.33333	3.33333	0	0	0.12	26111.1	26111.1
	3. Брус 5 Х 17.5 (Стропильная нога)	Стропильная нога	4.7e+06	6	0.5	41125	104.954	8.56771	9.47616	0.833333	0.833333	2.91667	2.91667	0	0	0.0525	11423.6	11423.6
	4. Брус 10 Х 17.5 (Накосная нога)	Накосная нога	4.7e+06	6	0.5	82250	209.909	68.5417	60.8389	1.66667	1.66667	2.91667	2.91667	0	0	0.105	22847.2	22847.2
	5. КЭ 10 численное (Связь между узлами, близкая по жесткости к АЖТ)	Связь между узлами, близкая по жесткости к АЖТ	-	0	0	9.80665e+06	9.80665e+06	9.80665e+06	9.80665e+06	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Таблица 3.1 Жесткостные характеристики. Стержни

Цвет	Имя с номером	Комментарий	E, кН/м2	Ro, кН/м3	V	EF, кН	EIy, кН*м2	EIz, кН*м2	GIk, кН*м2	Y1, см	Y2, см	Z1, см	Z2, см	Ru_Y, см	Ru_Z, см	q, кН/м	GFy, кН	GFz, кН
	6. Брус 5 X 10 (Ветровая связь)	Ветровая связь	4.7e+06	6	0.5	23500	19.5833	4.89583	4.61296	0.833333	0.833333	1.66667	1.66667	0	0	0.03	6527.78	6527.78
	7. Брус 5 X 12.5 (Кобылка)	Кобылка	4.7e+06	6	0.5	29375	38.2487	6.11979	6.23403	0.833333	0.833333	2.08333	2.08333	0	0	0.0375	8159.72	8159.72

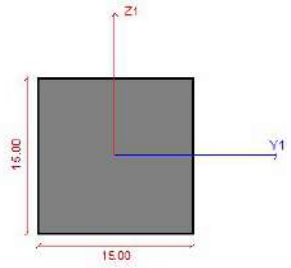


Рис. 3.6 Жесткость 1 «Брус 15 Х 15»

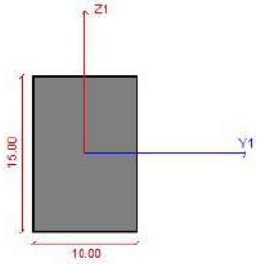


Рис. 3.7 Жесткость 2 «Брус 10 Х 15»

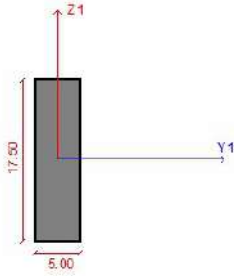


Рис. 3.8 Жесткость 3 «Брус 5 Х 17.5»

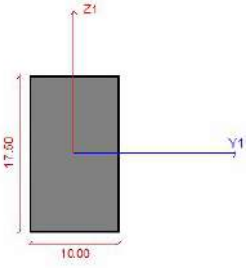


Рис. 3.9 Жесткость 4 «Брус 10 Х 17.5»

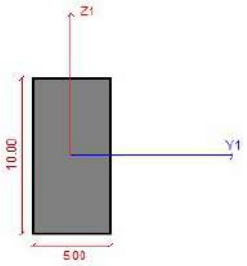


Рис. 3.10 Жесткость 6 «Брус 5 Х 10»

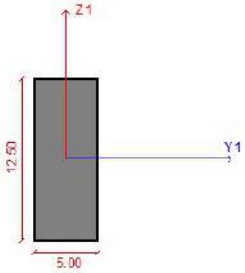


Рис. 3.11 Жесткость 7 «Брус 5 Х 12.5»

4 Сбор нагрузок

4.1 Постоянные нагрузки

Сбор нагрузок на каркас сводим в таблицу. Для покрытия нагрузку собираем в виде распределённой по длине на прогоны покрытия и колонны.

Расчётные значения воздействий принимаются в соответствии с таблицами А1.2(А), А1.2(В) СП РК EN 1990:2002+А1:2005/2011.

Сбор постоянных нагрузок на каркас сводим в таблицу.

Вид нагрузки	Ед. изм.	Эффект воздействий	Частный коэффициент для воздействия	Расчетное значение эффекта воздействий
Покрытие кровли				
Постоянная нагрузка				
Металлочерепица	кН/м²	0,050	1,35	*0,068*
Обрешётка 25х100, шаг 350мм	кН/м²	0,056	1,35	*0,076*
Контробрешётка 20х50, по верху стропил	кН/м²	0,008	1,35	*0,011*
Итого:	*кН/м²*	*0,11*		*0,15*
На грузовую площадь шириной 1м	*кН/м*	*0,11*		*0,2*

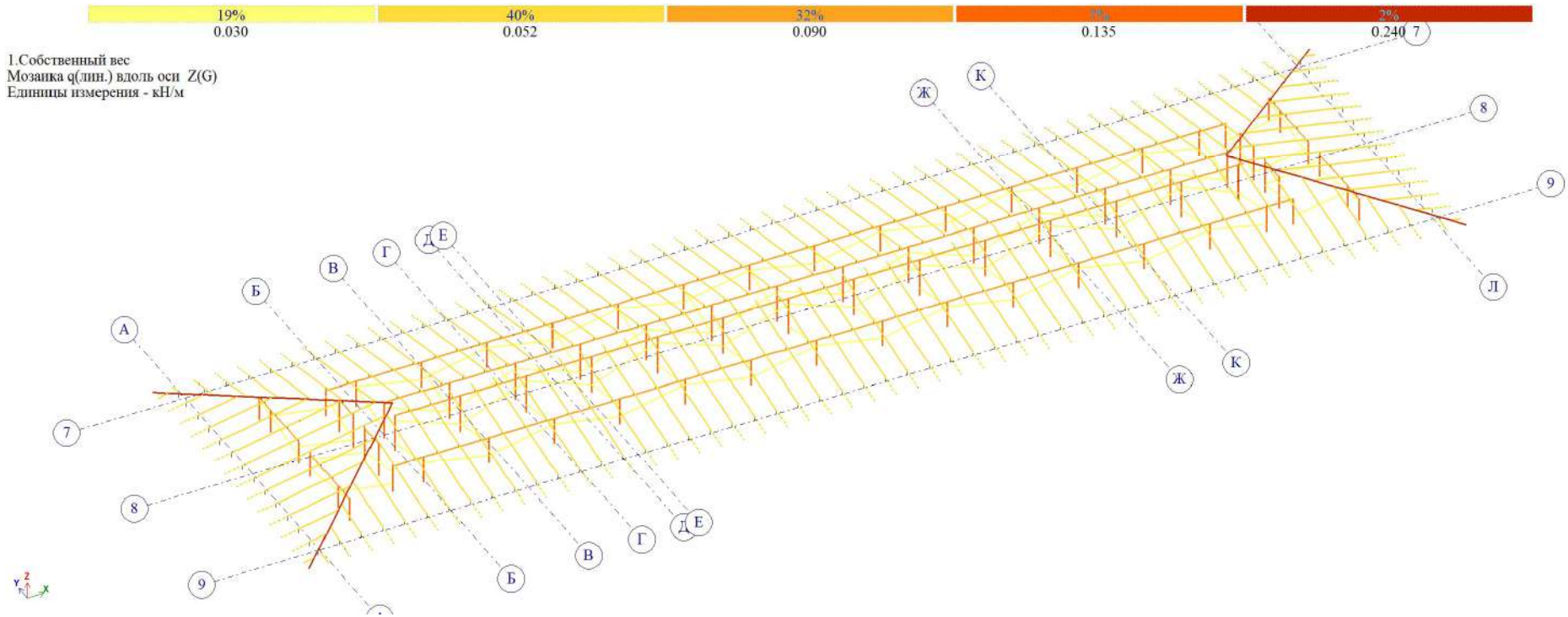


Рис. 4.1 Загружение 1. Мозаика q(лин.) вдоль оси Z(G)

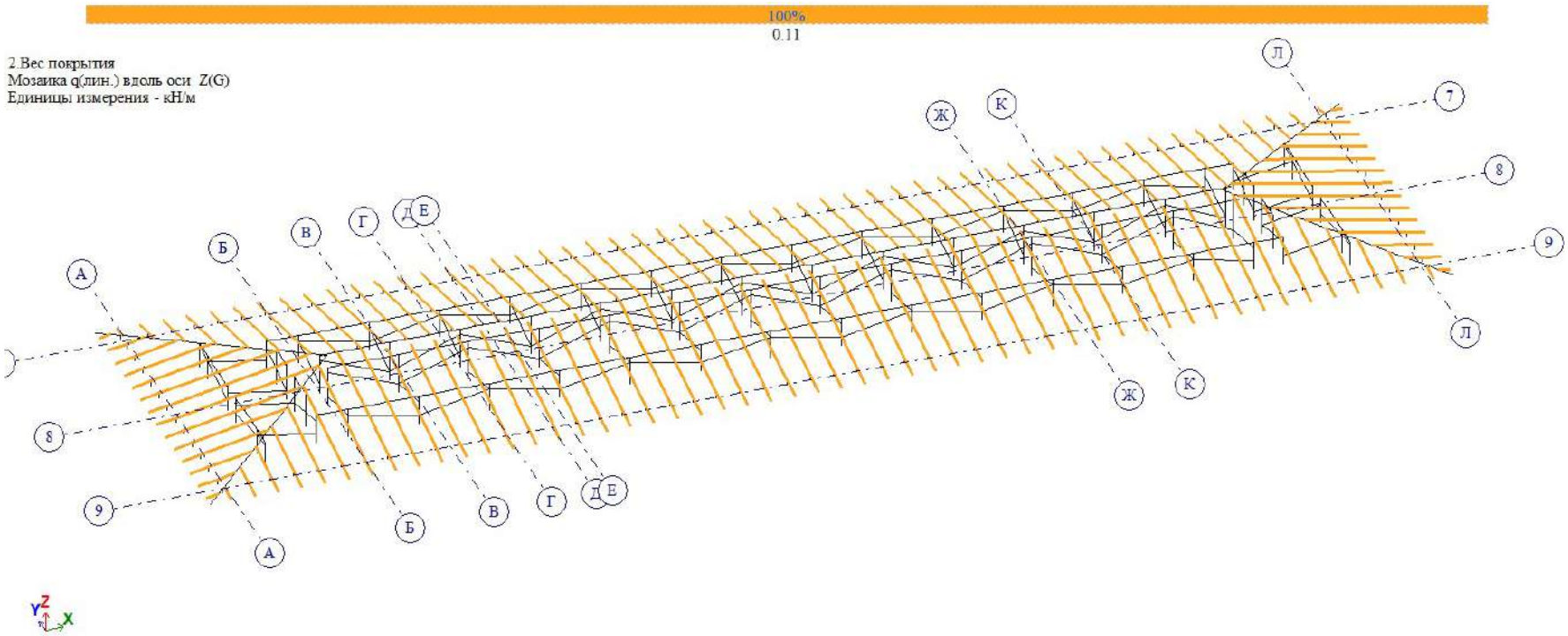


Рис. 4.2 Загружение 2. Мозаика q(лин.) вдоль оси Z(G)(2)

4.2 Снеговые нагрузки

Снеговая нагрузка принимается в соответствии с пунктом 5.3.3 СП РК EN 1991-1-3:2004/2011.

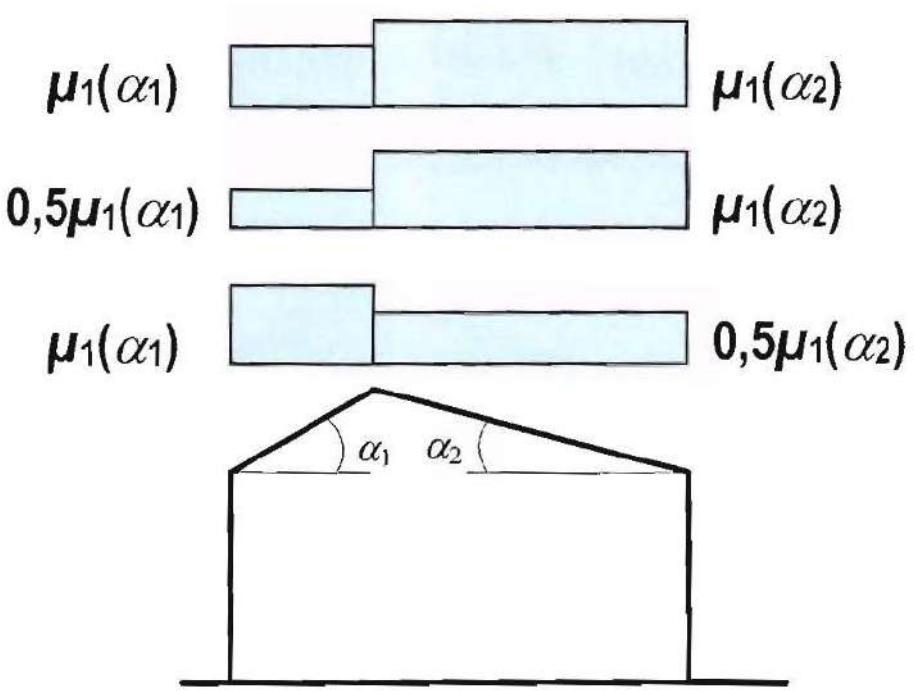


Рис. 1 Схемы приложения снеговой нагрузки

Для поперечного сечения кровли:

$$\alpha_1 = \alpha_2 = 12°$$

В соответствии с таблицей 5.2 СП РК EN 1991-1-3:2004/2011 при уклоне кровли от 0° до 30° принимаем коэф. 0,8, с учётом указаний п.5.3.3(2) СП РК EN 1991-1-3:2004/2011 принимаем минимальное значение коэф. формы снеговой нагрузки 0,8.

Интенсивность снеговой нагрузки составит:

$$s = 0.8*1{,}5 = 1{,}2 \text{ кН/м}^2$$

Вид нагрузки	Эффект воздействий, кН/м²	Частный коэффициент для воздействия	Расчетное значение эффекта воздействий, кН/м²
Снеговая нагрузка	1,20	1,5	1,80
На грузовую площадь шириной 1м	*1,2*		*1,8*

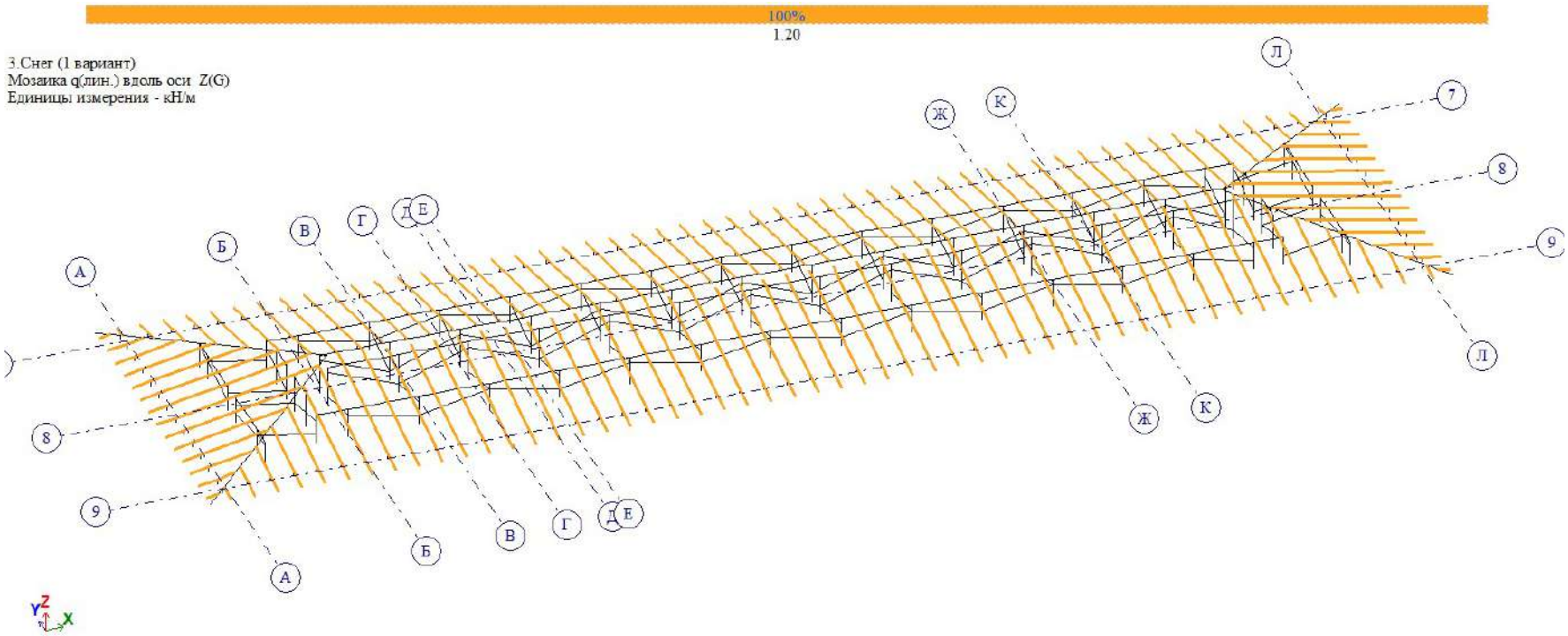


Рис. 4.3 Загружение 3. Мозаика q(лин.) вдоль оси Z(G)

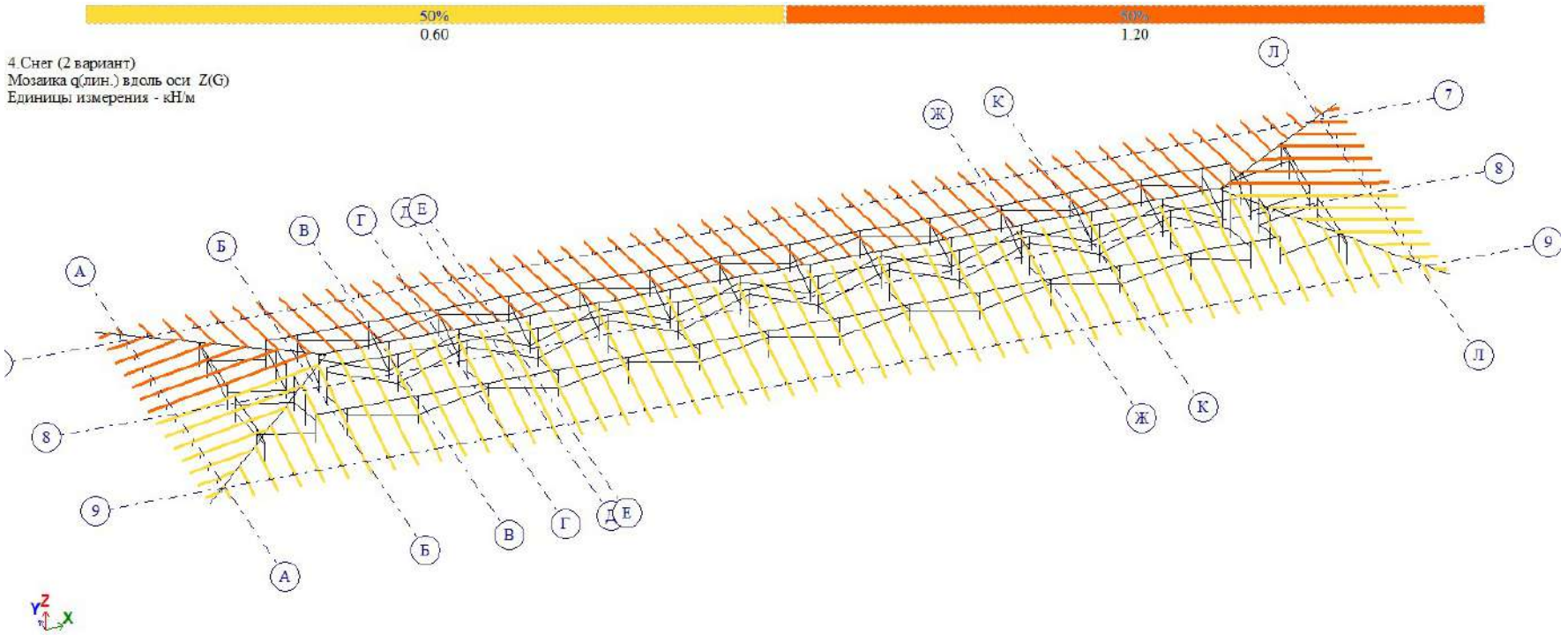


Рис. 4.4 Загружение 4. Мозаика q(лин.) вдоль оси Z(G)

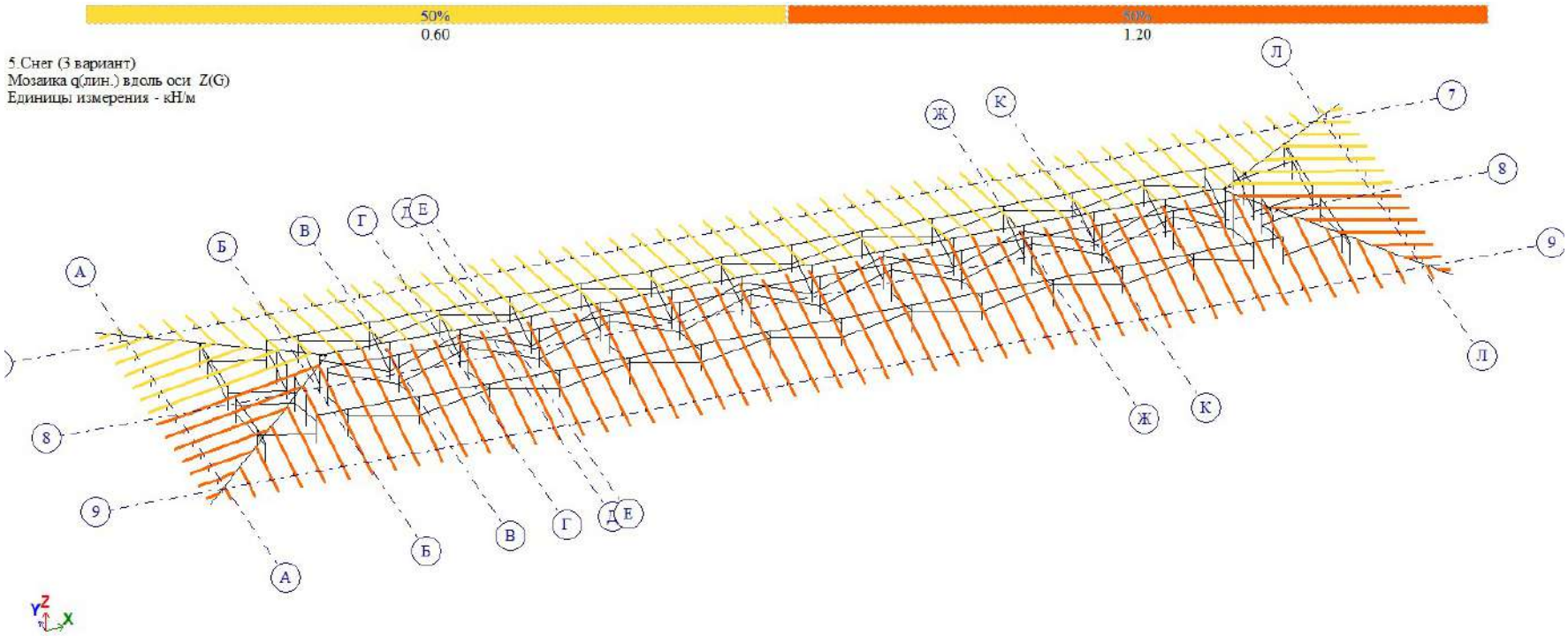


Рис. 4.5 Загружение 5. Мозаика q(лин.) вдоль оси Z(G)

4.3 Ветровые нагрузки

Базовое значение скорости ветра определяем в соответствии с пунктом 4.2 СП РК EN 1991-1-4:2005/2011 и указаниями НП.2.2.2 НП к СП РК EN 1991-1-4:2005/2011.

$$v_b = 1*1*35 = 35 \text{ м/с}$$

Тип местности принимаем по таблице 4.1 СП РК EN 1991-1-4:2005/2011 – II, $z_0 = 0.05$ и параметры шероховатости Средняя скорость ветра на высоте z=8.82 м над уровнем земли составит:

$$k_r = 0{,}19*\left(\frac{0{,}05}{0{,}05}\right)^{0.07} = 0{,}19$$

$$c_z(r) = 0{,}19*\ln\left(\frac{8.82}{0{,}05}\right) = 0.98$$

$$v_m(z) = 0.98*1*35 = 34.3 \text{ м/с}$$

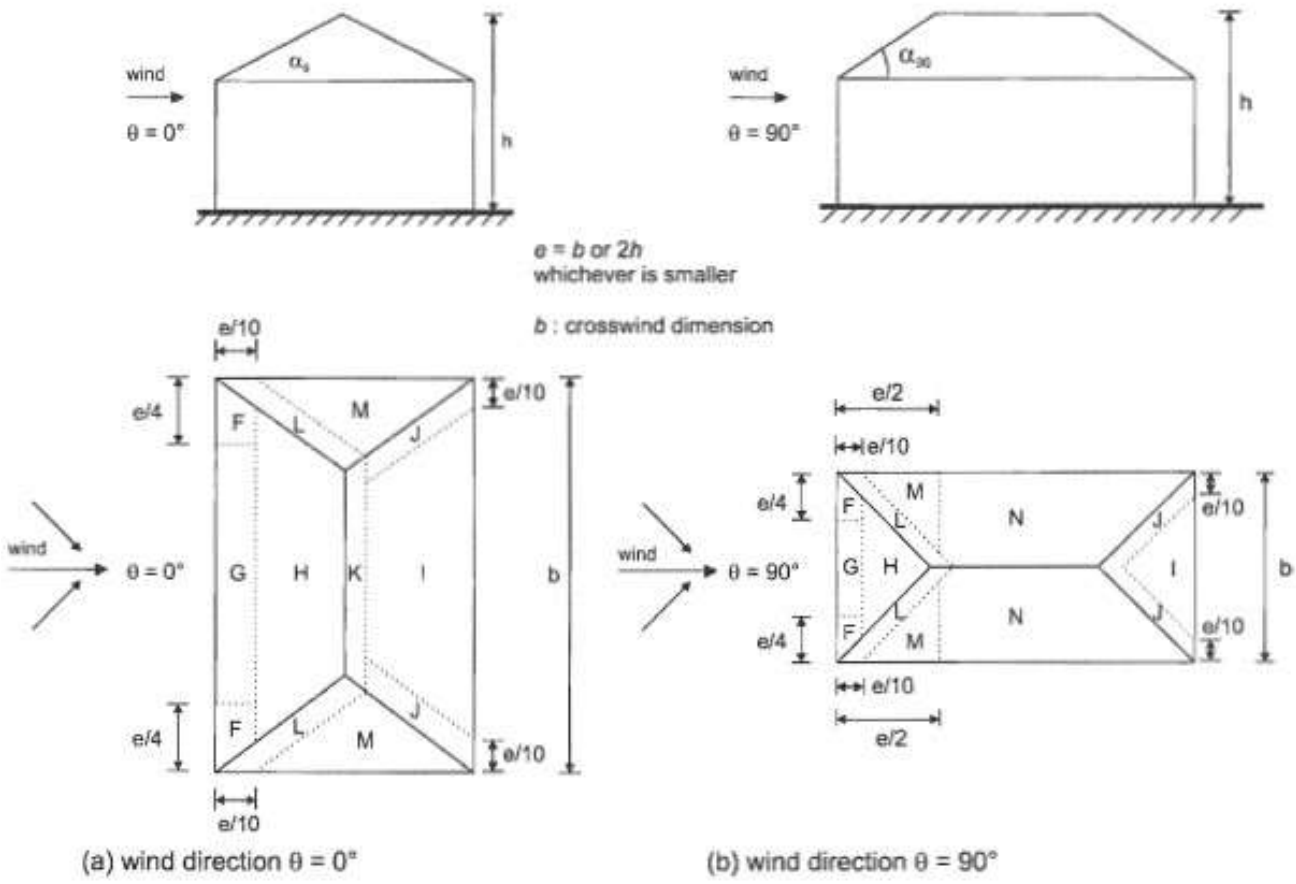
Влиянием орографии пренебрегаем, т.к. средний уклон местности с наветренной стороны менее 3°.

Пиковое значение скоростного напора $q_p(z)$на высоте z=8.82 м составит:

$$\sigma_v = 0{,}19*35*1 = 6.65 \text{ м/с}$$

$$I_v(z) = \frac{1}{1{,}0*\ln\left(\frac{8.82}{0{,}05}\right)} = 0{,}193$$

$$q_p(z) = [1 + 7*0{,}193]*\frac{1}{2}*1{,}25*34.3^2 = 1.73 \text{ кПа}$$



Распределение давления для односкатной крыши

Ветер вдоль конька:

$$e = \min\begin{cases} b = 13{,}92 \text{ м} \\ 2h = 2*8{,}82 = 17{,}64 \text{ м} \end{cases} = 13{,}92 \text{ м}$$

F	G	H	I	J	L	M	N
-1.14	-0.92	-0.39	-0.44	-0.88	-1.34	-0.6	-0.33
-1.97	-1.59	-0.67	-0.76	-1.52	-2.32	-1.04	-0.57

Вид нагрузки	Ед. изм.	Эффект воздействий, кН/м²	Частный коэффициент для воздействия	Расчетное значение эффекта воздействий, кН/м²
Ветер вдоль конька (1 вариант)	-			
Зона F. Ширина грузовой площади 1 м	кН/м	-1,97	1,5	-2,96
Зона F и G. Ширина грузовой площади 0,515 м и 0,485 м	кН/м	-1,79	1,5	-2,68
Зона G. Ширина грузовой площади 1 м	кН/м	-1,59	1,5	-2,39

Зона H. Ширина грузовой площади 1 м	кН/м	-0,67	1,5	-1,01
Зона L. Ширина грузовой площади 1 м	кН/м	-2,32	1,5	-3,48
Зона L и M. Ширина грузовой площади 0,585 м и 0,415 м		-1,79	1,5	-2,68
Зона M. Ширина грузовой площади 1 м	кН/м	-1,04	1,5	-1,56
Зона N. Ширина грузовой площади 1 м	кН/м	-0,57	1,5	-0,86
Зона I. Ширина грузовой площади 1 м	кН/м	-0,76	1,5	-1,14
Зона J. Ширина грузовой площади 1 м	кН/м	-1,52	1,5	-2,28

F	G	H	I	J	L	M	N
+0,14	+0,14	+0,14	-0.44	-0.88	-1.34	-0.6	-0.33
+0,24	+0,24	+0,24	-0.76	-1.52	-2.32	-1.04	-0.57

Вид нагрузки	Ед. изм.	Эффект воздействий, кН/м²	Частный коэффициент для воздействия	Расчетное значение эффекта воздействий, кН/м²
Ветер вдоль конька (2 вариант)	-			
Зона F. Ширина грузовой площади 1 м	кН/м	0,24	1,5	0,36
Зона F и G. Ширина грузовой площади 0,515 м и 0,485 м	кН/м	0,24	1,5	0,36
Зона G. Ширина грузовой площади 1 м	кН/м	0,24	1,5	0,36
Зона H. Ширина грузовой площади 1 м	кН/м	-0,67	1,5	-1,01
Зона L. Ширина грузовой площади 1 м	кН/м	-2,32	1,5	-3,48
Зона L и M. Ширина грузовой площади 0,585 м и 0,415 м		-1,79	1,5	-2,68
Зона M. Ширина грузовой площади 1 м	кН/м	-1,04	1,5	-1,56
Зона N. Ширина грузовой площади 1 м	кН/м	-0,57	1,5	-0,86
Зона I. Ширина грузовой площади 1 м	кН/м	-0,76	1,5	-1,14
Зона J. Ширина грузовой площади 1 м	кН/м	-1,52	1,5	-2,28

Ветер поперёк конька:

$$e = \min\begin{cases} b = 52{,}95 \text{ м} \\ 2h = 2*8{,}82 = 17{,}64 \text{ м} \end{cases} = 17{,}64 \text{ м}$$

F	G	H	I	J	K	L	M	N
-1.14	-0.92	-0.39	-0.44	-0.88	-1,02	-1.34	-0.6	-0.33
-1.97	-1.59	-0.67	-0.76	-1.52	-1,76	-2.32	-1.04	-0.57

Вид нагрузки	Ед. изм.	Эффект воздействий, кН/м²	Частный коэффициент для воздействия	Расчетное значение эффекта воздействий, кН/м²
Ветер поперёк конька (1 вариант)	-			
Зона F. Ширина грузовой площади 1 м	кН/м	-1,97	1,5	-2,96
Зона F и G. Ширина грузовой площади 0,04 м и 0,96 м	кН/м	-1,61	1,5	-2,41
Зона G. Ширина грузовой площади 1 м	кН/м	-1,59	1,5	-2,39
Зона H. Ширина грузовой площади 1 м	кН/м	-0,67	1,5	-1,01
Зона L. Ширина грузовой площади 1 м	кН/м	-2,32	1,5	-3,48
Зона M. Ширина грузовой площади 1 м	кН/м	-1,04	1,5	-1,56
Зона K. Ширина грузовой площади 1 м	кН/м	-1,76	1,5	-2,64
Зона I. Ширина грузовой площади 1 м	кН/м	-0,76	1,5	-1,14
Зона J. Ширина грузовой площади 1 м	кН/м	-1,52	1,5	-2,28
Ветер поперёк конька (2 вариант)	-			
Зона F. Ширина грузовой площади 1 м	кН/м	0,24	1,5	0,36
Зона F и G. Ширина грузовой площади 0,515 м и 0,485 м	кН/м	0,24	1,5	0,36
Зона G. Ширина грузовой площади 1 м	кН/м	0,24	1,5	0,36
Зона H. Ширина грузовой площади 1 м	кН/м	0,24	1,5	0,36
Зона L. Ширина грузовой площади 1 м	кН/м	-2,32	1,5	-3,48
Зона M. Ширина грузовой площади 1 м	кН/м	-1,04	1,5	-1,56
Зона K. Ширина грузовой площади 1 м	кН/м	-1,76	1,5	-2,64

Зона I. Ширина грузовой площади 1 м	кН/м	-0,76	1,5	-1,14
Зона J. Ширина грузовой площади 1 м	кН/м	-1,52	1,5	-2,28

Ветровые нагрузки показанные на рисунках ниже приложены относительно локальных осей стержневого элемента.

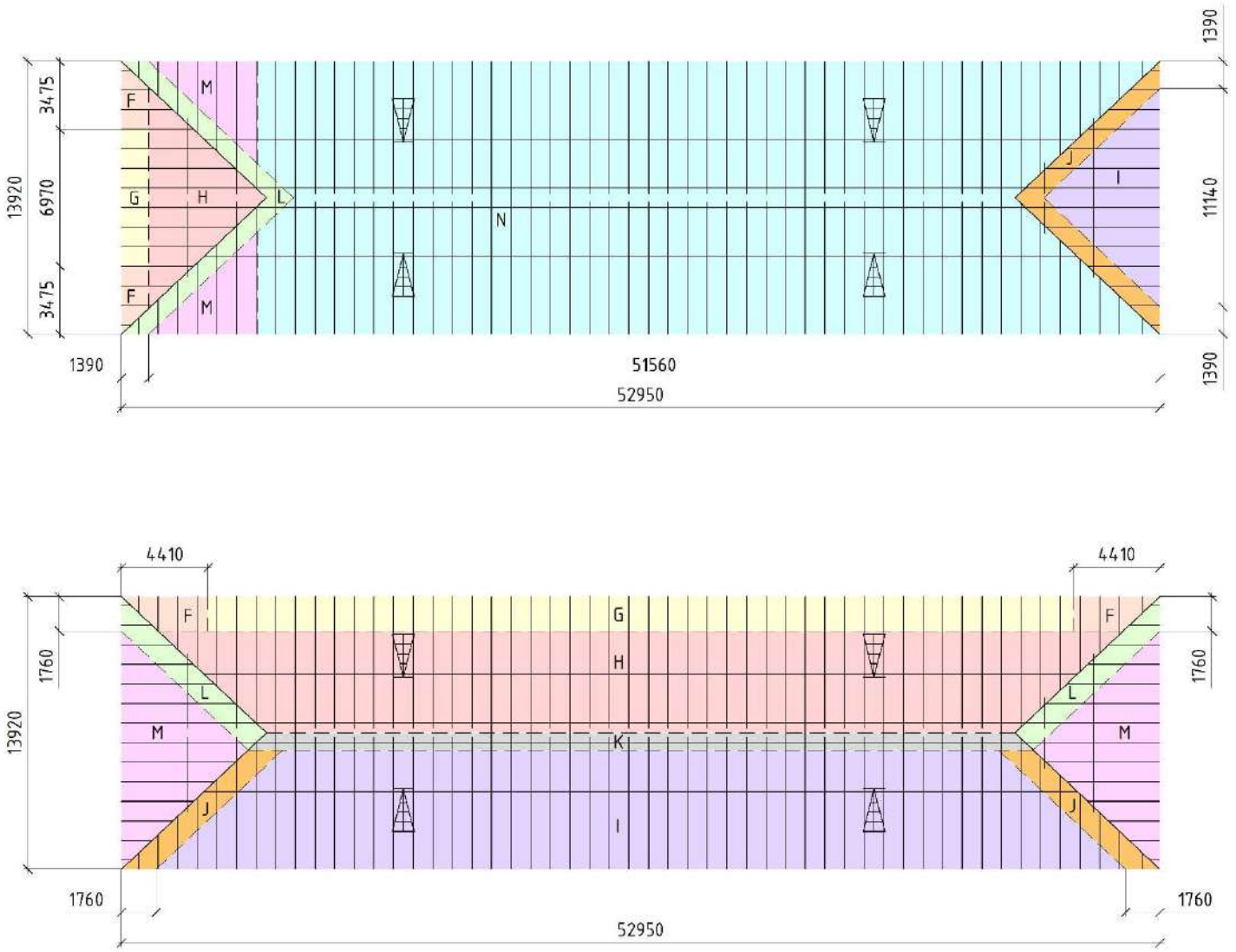


Рис. 4.6 Схемы распределения зон ветровой нагрузки на кровлю

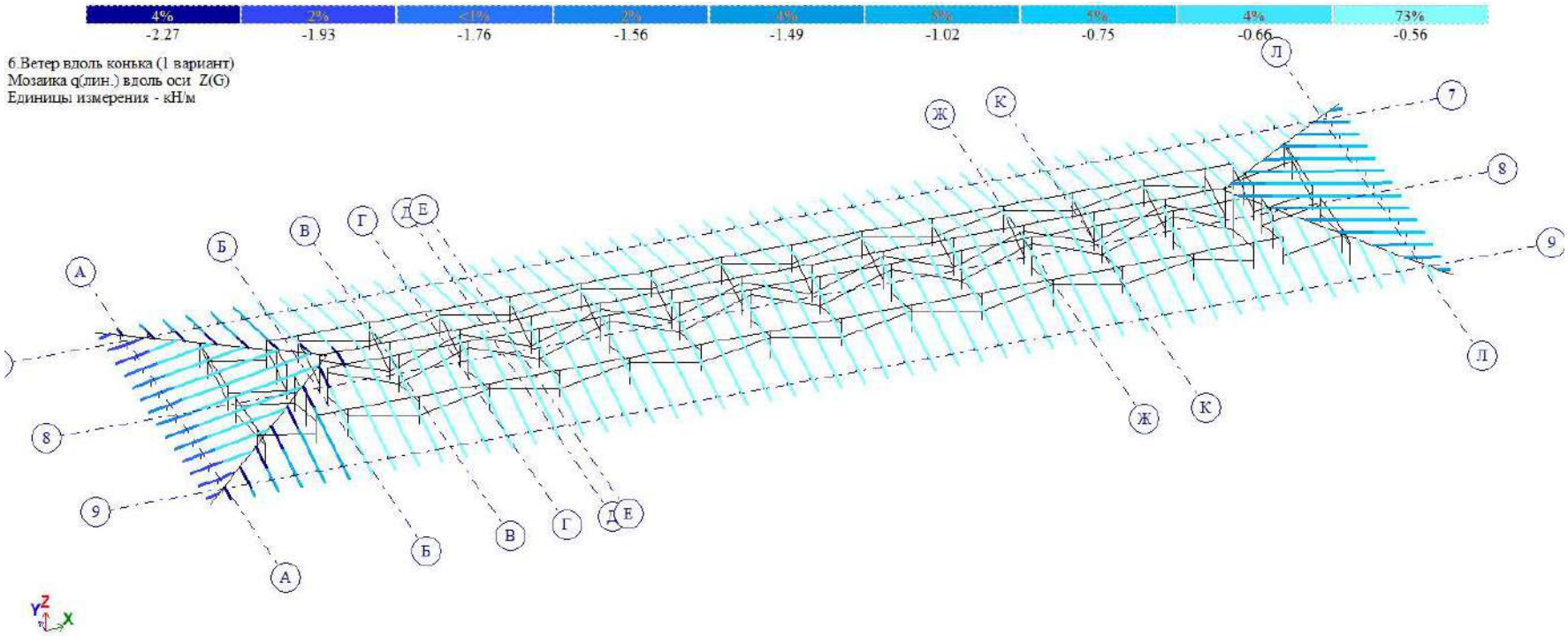


Рис. 4.7 Загружение 6. Мозаика q(лин.) вдоль оси Z(G)

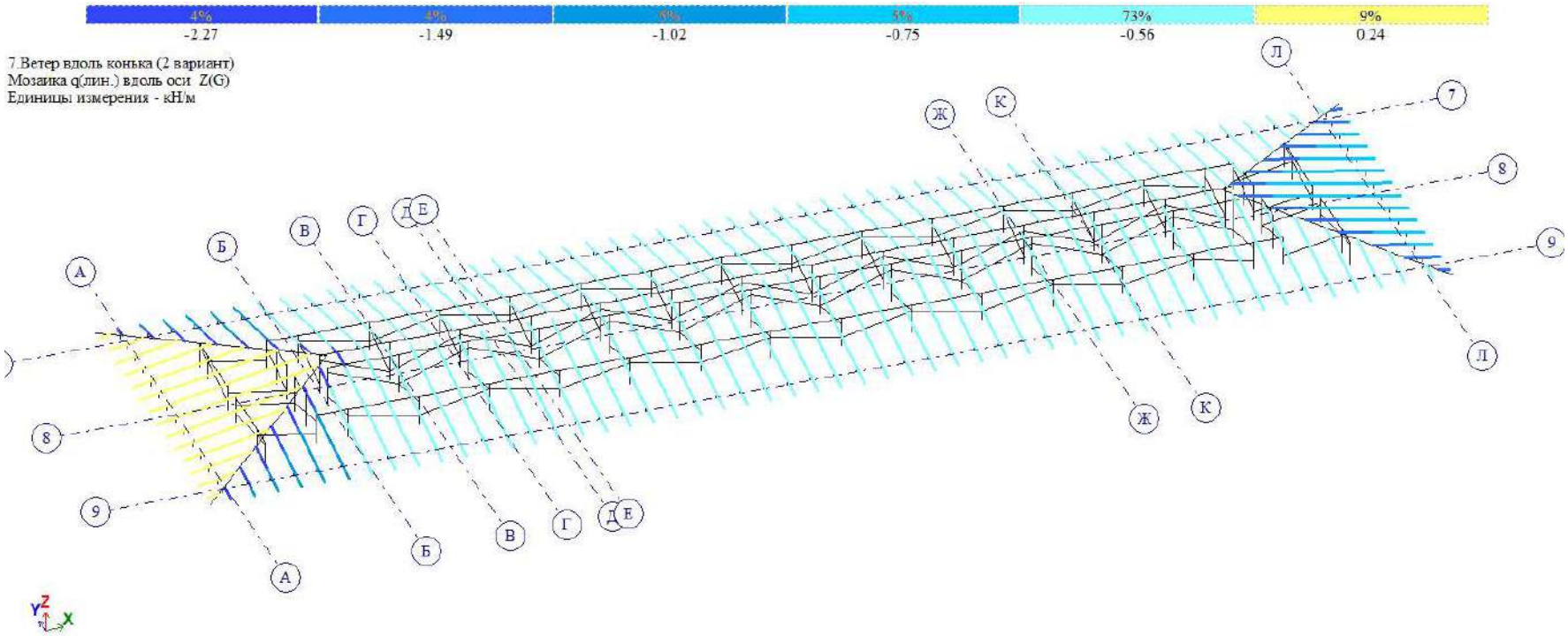


Рис. 4.8 Загружение 7. Мозаика q(лин.) вдоль оси Z(G)

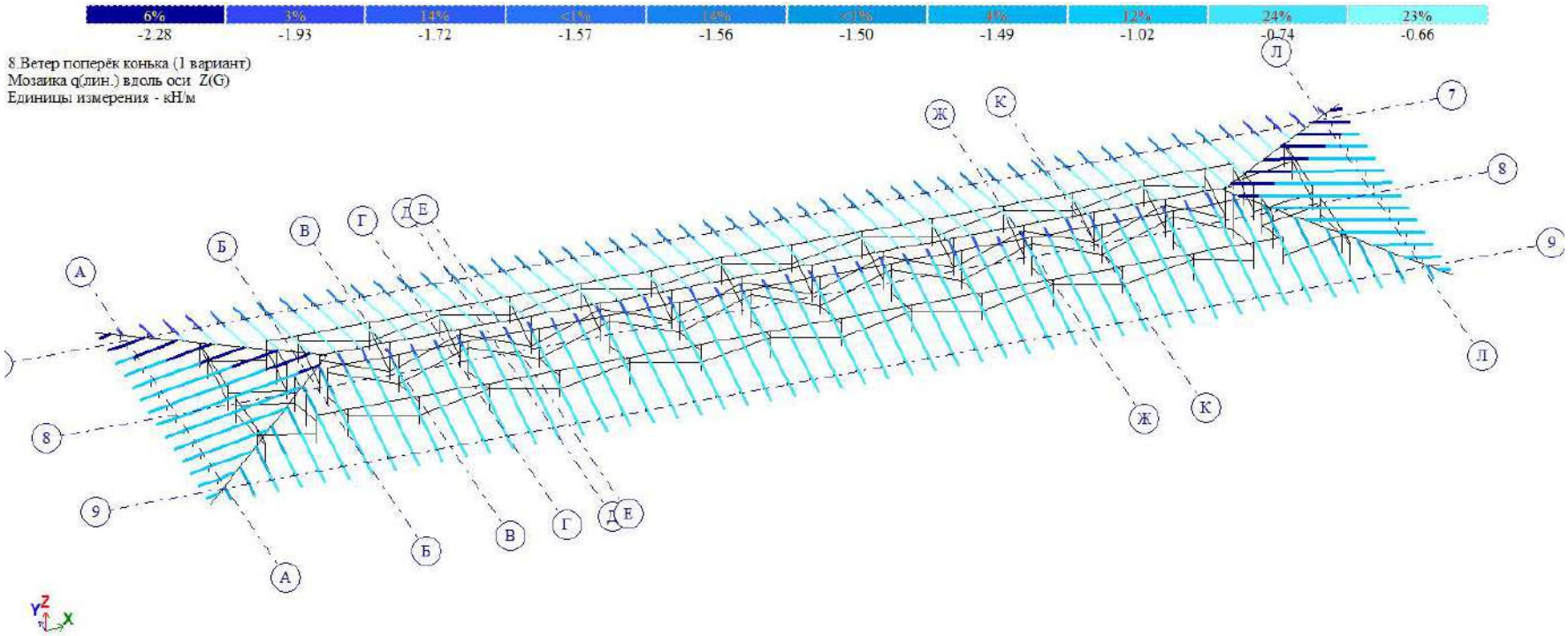


Рис. 4.9 Загружение 8. Мозаика q(лин.) вдоль оси Z(G)

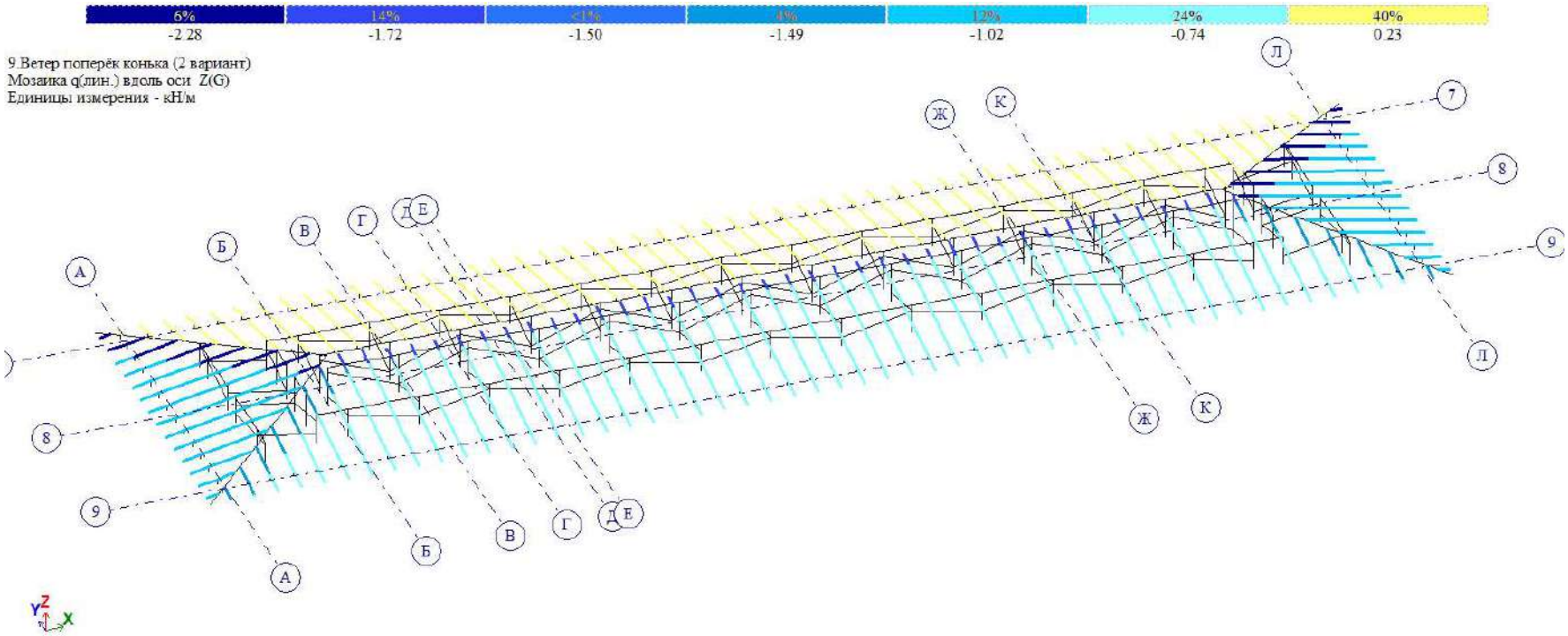


Рис. 4.10 Загружение 9. Мозаика q(лин.) вдоль оси Z(G)

5 Результаты расчёта

5.1 Протокол расчёта

Протокол расчета
Дата: 08.07.2025
FESolver.exe 2025.2.0.0 15.04.2025 15:04
GenuineIntel Intel(R) Core(TM) i9-10900F CPU @ 2.80GHz 10 cores 20 threads 10(2621440) L2 cache
Microsoft Windows 10 Professional RUS 64-bit. Build 19045
Размер доступной физической памяти = 17473527296
08:59 Чтение исходных данных из файла E:\Data\Стропила.txt
08:59 Контроль исходных данных основной схемы
Количество узлов = 3277 (из них количество неудаленных = 3277)
Количество элементов = 3490 (из них количество неудаленных = 3490)
08:59 Разделение линейных загружений на блоки
Линейные загружения разделены на 1 блока
ОСНОВНАЯ СХЕМА
08:59 Оптимизация порядка неизвестных
РАСЧЕТ БЛОКА ЗАГРУЖЕНИЙ №№ 1-9
Количество неизвестных = 18830
РАСЧЕТ НА СТАТИЧЕСКИЕ ЗАГРУЖЕНИЯ
08:59 Формирование матрицы жесткости
08:59 Формирование векторов нагрузок
08:59 Разложение матрицы жесткости
08:59 Вычисление неизвестных
08:59 Контроль решения
Формирование результатов
08:59 Формирование топологии
08:59 Формирование перемещений
08:59 Вычисление и формирование усилий в элементах
08:59 Вычисление и формирование реакций в элементах
08:59 Вычисление и формирование эпюр усилий в стержнях
08:59 Вычисление и формирование эпюр прогибов в стержнях
Суммарные узловые нагрузки на основную схему:
Загружение 1 PX=7.87063e-18 PY=-6.96769e-18 PZ=8.87927 PUX=0.000603197 PUY=0.000873393 PUZ=-7.45622e-20 PW=0
Загружение 2 PX=5.20417e-18 PY=6.78982e-18 PZ=8.29411 PUX=-3.46799e-05 PUY=-9.02746e-05 PUZ=0 PW=0
Загружение 3 PX=1.47451e-17 PY=3.25261e-18 PZ=90.4811 PUX=-0.000378325 PUY=-0.000984812 PUZ=0 PW=0
Загружение 4 PX=1.00831e-17 PY=2.57606e-16 PZ=67.8608 PUX=-0.0172996 PUY=0.00063755 PUZ=0 PW=0

Загружение 5 PX=1.20346e-17 PY=-2.52728e-16 PZ=67.8608 PUX=0.0167321 PUY=-0.00211477 PUZ=0 PW=0

Загружение 6 PX=0.030915 PY=0.0111865 PZ=-50.9769 PUX=-0.00132827 PUY=-0.00915019 PUZ=0 PW=0

Загружение 7 PX=-1.31225 PY=0.0111865 PZ=-44.2565 PUX=-0.00132827 PUY=-0.0282634 PUZ=0 PW=0

Загружение 8 PX=-0.0387295 PY=-0.306633 PZ=-72.6488 PUX=0.0113425 PUY=-0.00303299 PUZ=0 PW=0

Загружение 9 PX=-0.0387295 PY=7.68424 PZ=-35.0192 PUX=-0.049041 PUY=-0.00303299 PUZ=0 PW=0

Расчет успешно завершен

Затраченное время = 0 мин

5.2 Перемещение основных узлов

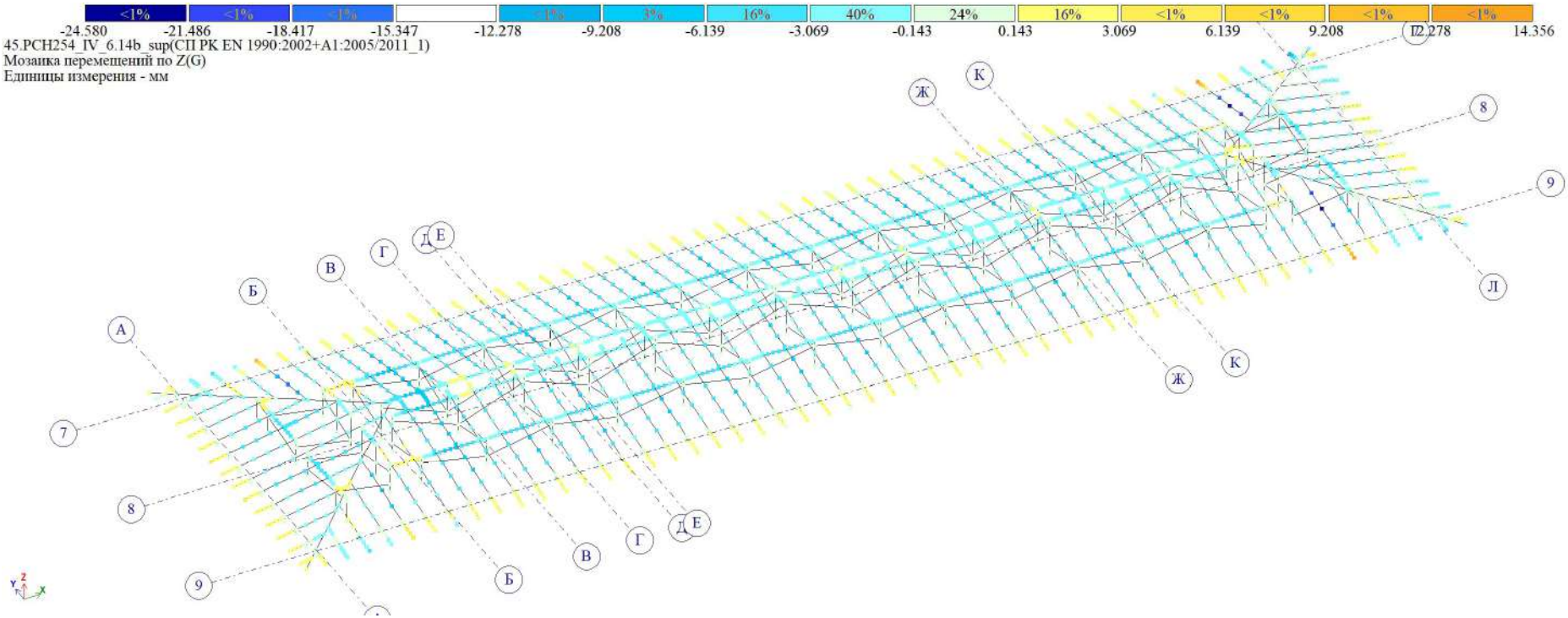


Рис. 5.1 Мозаика перемещений по Z(G)

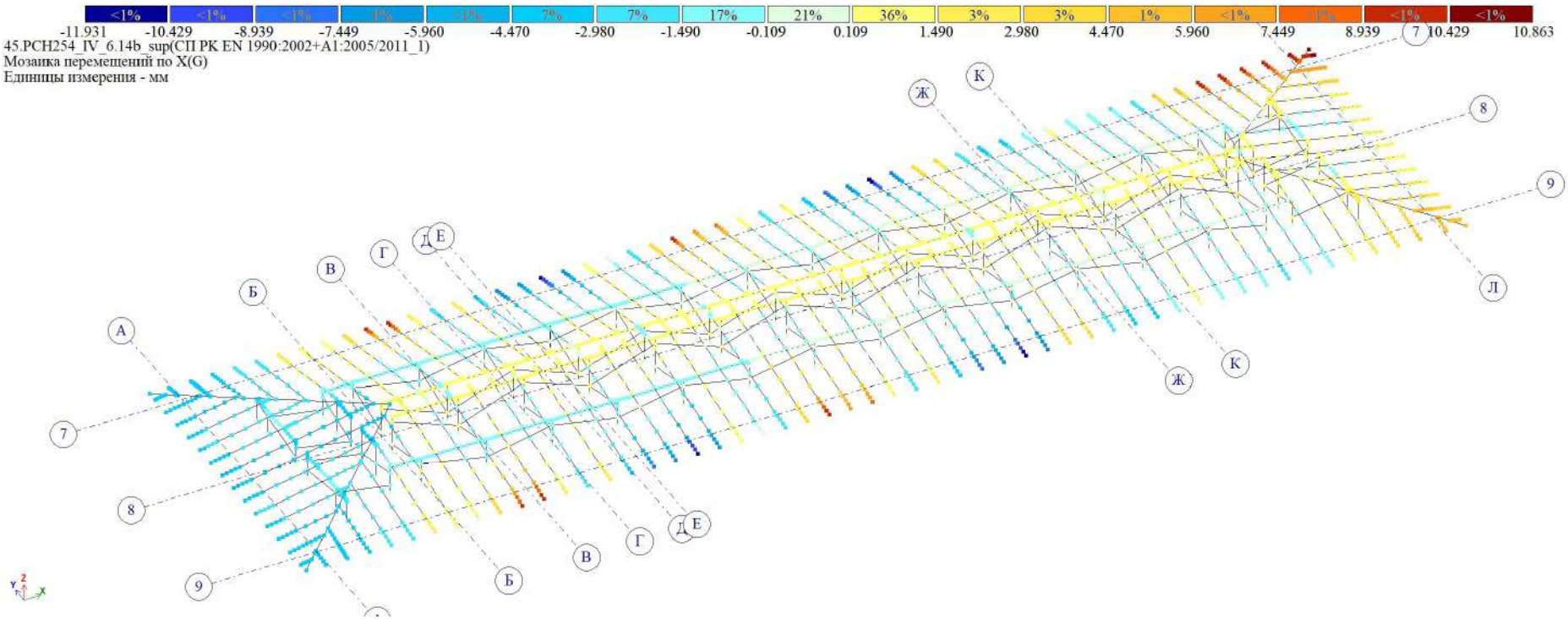


Рис. 5.2 Мозаика перемещений по X(G)

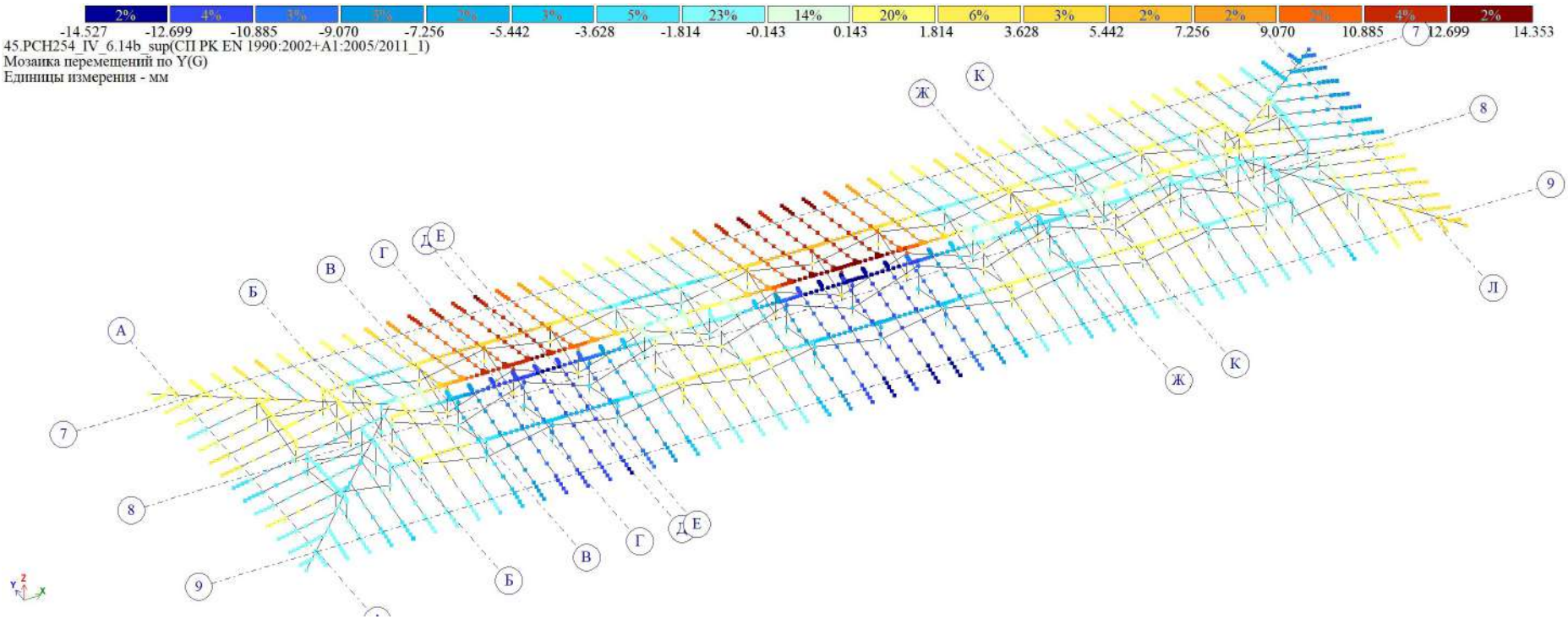


Рис. 5.3 Мозаика перемещений по Y(G)

5.3 Расчёт деревянных элементов кровли

5.3.1 Обрешётка

Рис. 5.4 Длина элемента

Таблица 5.1 Жесткости. Стержни

Цвет	Имя с номером	Комментарий	E, кН/м2	Ro, кН/м3	V	EF, кН	EIy, кН*м2	EIz, кН*м2	GIk, кН*м2	Y1, см	Y2, см	Z1, см	Z2, см	Ru_Y, см	Ru_Z, см	q, кН/м	GFy, кН	GFz, кН
	1. Брус 10 X 2.5 (Обрешётка)	Обрешётка	4.7e+06	6	0.5	11750	0.611979	9.79167	0.693576	1.66667	1.66667	0.416667	0.416667	0	0	0.015	3263.89	3263.89

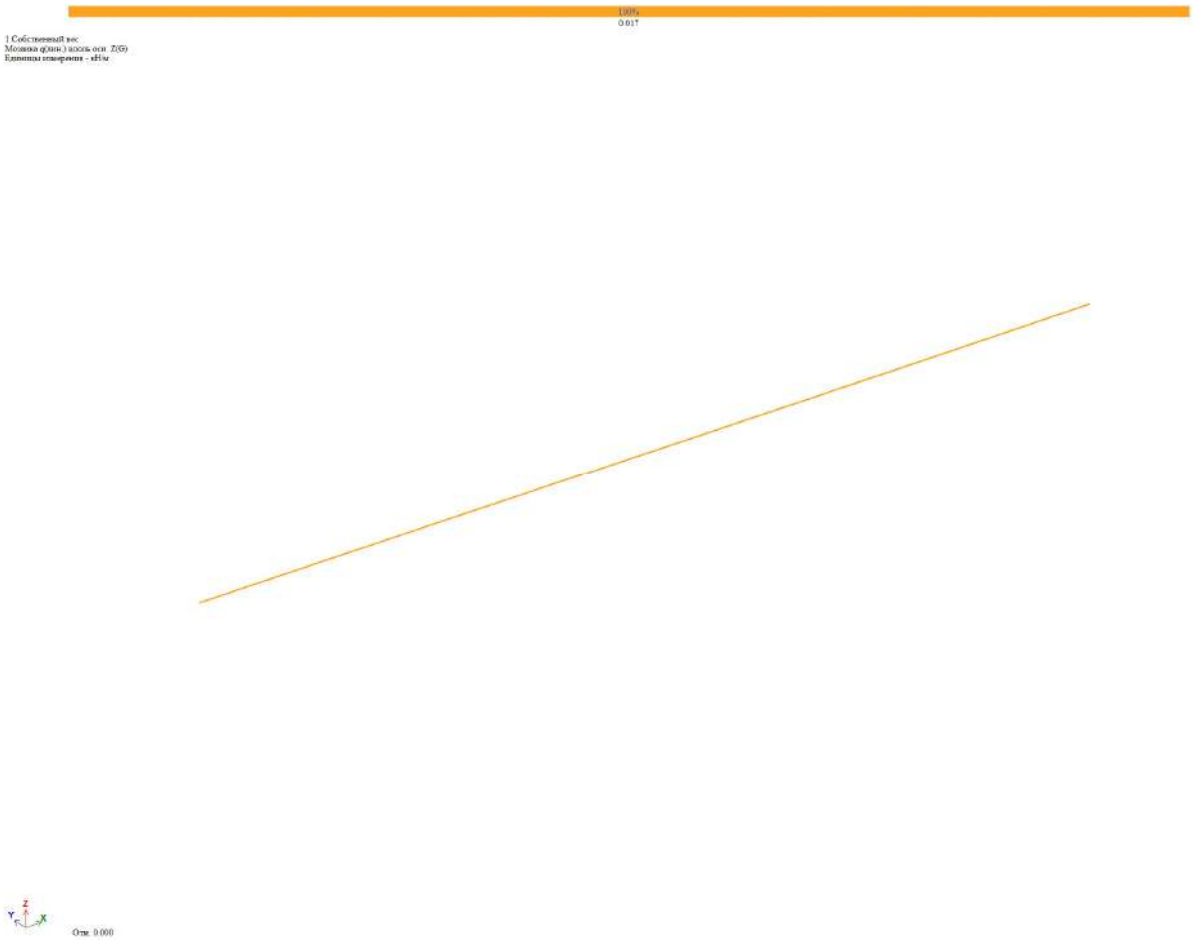


Рис. 5.5 Загружение 1. Нагрузки линейные. Собственный вес

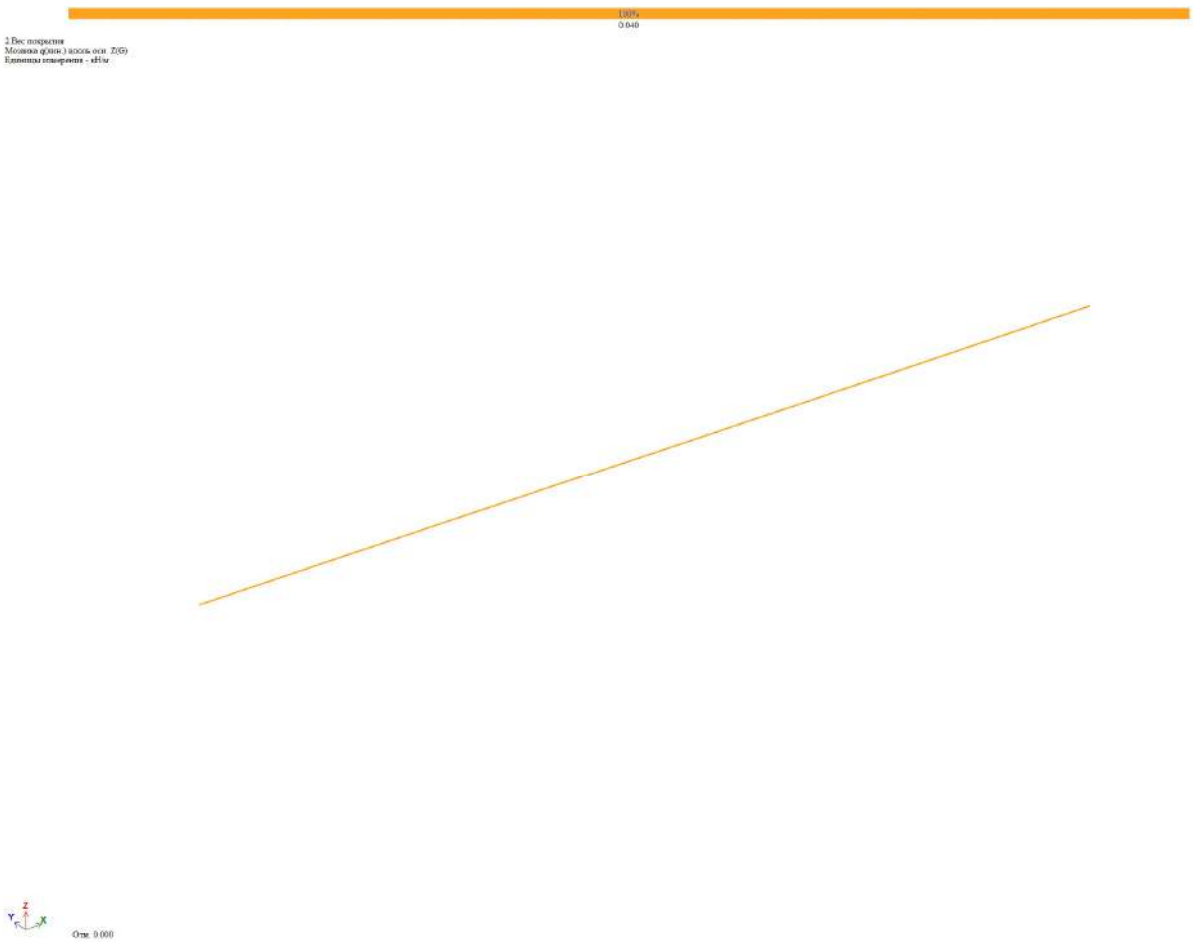


Рис. 5.6 Загружение 2. Нагрузки линейные. Вес покрытия

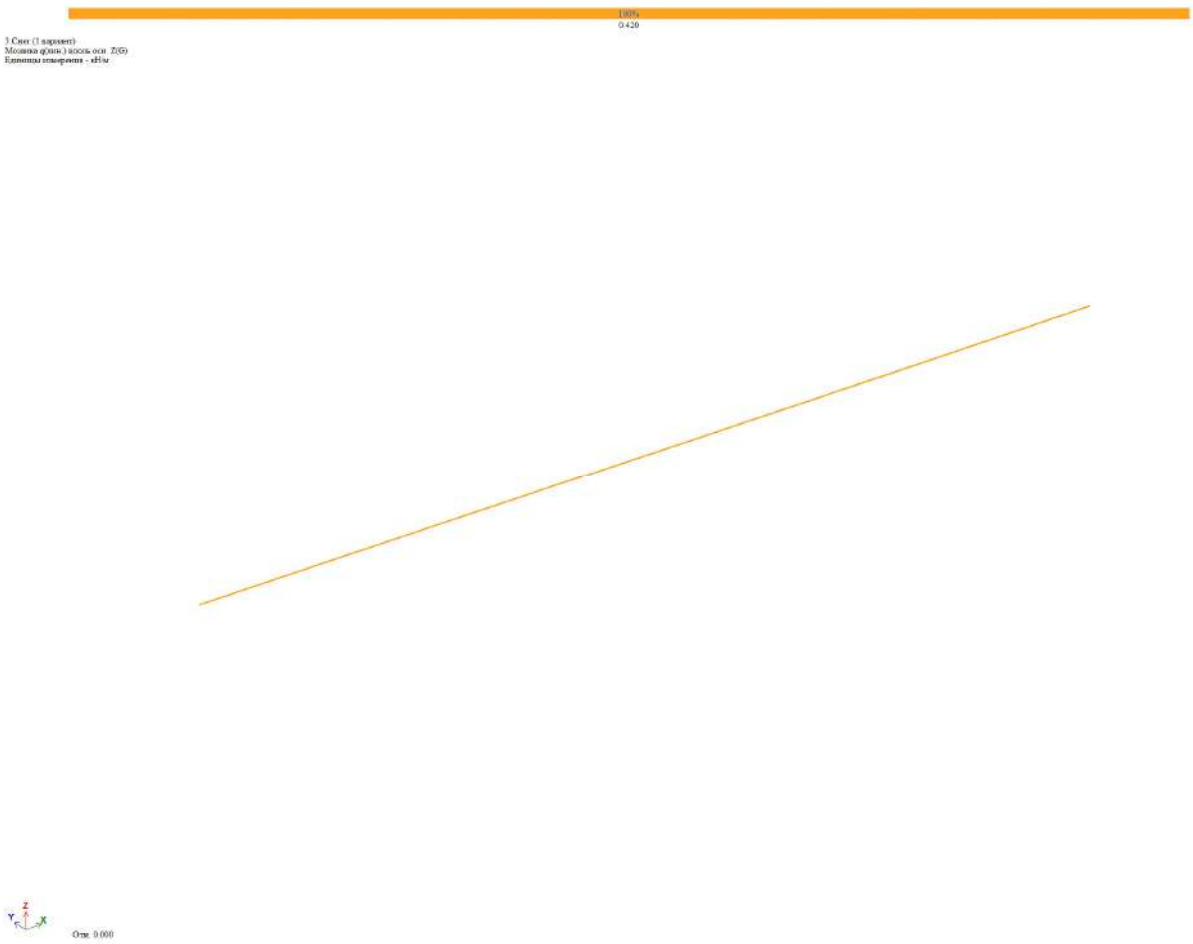


Рис. 5.7 Загружение 3. Нагрузки линейные. Снег (1 вариант)

Таблица 8.3 (03)

Таблица 8.3 (03)

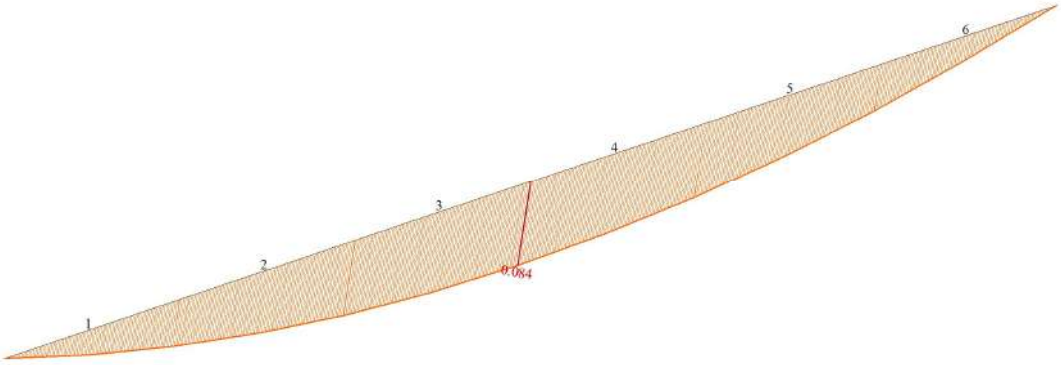
Номер комбинации	Имя комбинации	Тип комбинации	Состав комбинации (формула)
1	PCH1_I_6.10a_sup	I - ULS	1.35(Gsup)1 + 1(Gsup)2
2	PCH2_I_6.10b_sup	I - ULS	1.15(Gsup)1 + 0.85(Gsup)2 + 1.5(Qs)3
3	PCH4_IV_6.14b_sup	IV - SLS CHR	1(Gsup)1 + 1(Gsup)2 + 1(Qs)3
4	PCH4_V_6.15b_sup	V - SLS FRE	1(Gsup)1 + 1(Gsup)2
5	PCH5_VI_6.16b_sup	VI - SLS QPR	1(Gsup)1 + 1(Gsup)2

Таблица 5.2 Усилия от РСН [СП РК EN 1990:2002+A1:2005/2011_1]

Таблица 5.2 Усилия от РСН [СП РК EN 1990:2002+A1:2005/2011_1]. Стержни

Номер РСН	КоЭ/Тип КЭ	ЭЛЕМ	СЕЧ	N	MX	MY	QZ	MZ	QY
1 (I) - PCH1_I_6.10a_sup	10	1	1	0.0	0.0	0.0	.030655	0.0	.006516
2 (I) - PCH2_I_6.10b_sup	10	1	1	0.0	0.0	0.0	.334174	0.0	.071031
2 (I) - PCH2_I_6.10b_sup	10	3	2	0.0	0.0	.083543	0.0	-.017758	0.0
2 (I) - PCH2_I_6.10b_sup	10	6	2	0.0	0.0	0.0	-.334174	0.0	-.071031

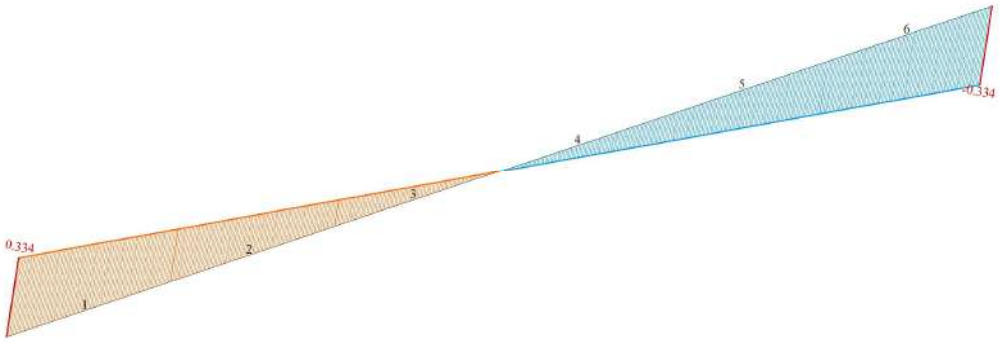
2.РСН2_I_6.10b_sup(СП РК EN 1990:2002+A1:2005/2011_I)
Эпюра My
Единицы измерения - кН*м



Отм. 0.000
Максимальное значение 0.0835434

Рис. 5.8 Эпюра My

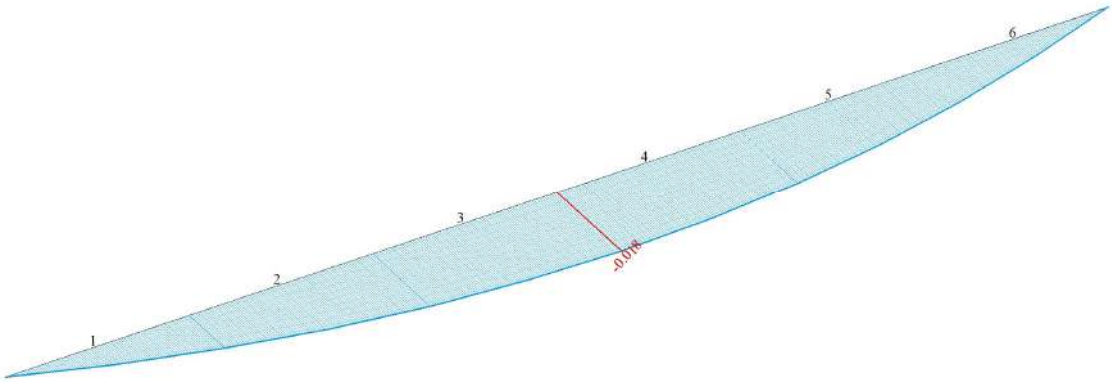
2.РСН2_I_6.10b_sup(СП РК EN 1990:2002+A1:2005/2011_I)
Эпюра Qz
Единицы измерения - кН



Отм. 0.000
Минимальное значение -0.334173; Максимальное значение 0.334173

Рис. 5.9 Эпюра Qz

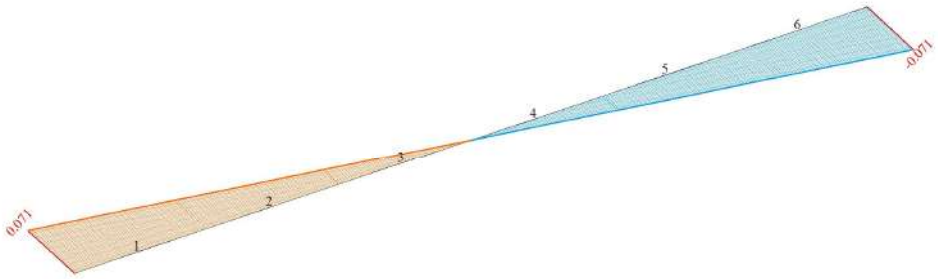
2.PCH2_I_6.10b_sup(СП РК EN 1990:2002+A1:2005/2011_1)
Эпюра Mz
Единицы измерения - кН*м



Отм. 0.000
Минимальное значение -0.0177577;

Рис. 5.10 Эпюра Mz

2.PCH2_I_6.10b_sup(СП РК EN 1990:2002+A1:2005/2011_1)
Эпюра Qy
Единицы измерения - кН

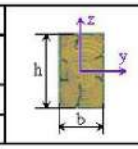


Отм. 0.000
Минимальное значение -0.0710308; Максимальное значение 0.0710308

Рис. 5.11 Эпюра Qy

Отчет по расчету деревянных конструкций

1. Исходные данные

№ п/п	Параметр	Значение	
1	Тип элемента	Балка	
2	Размеры сечения	h = 25мм b = 100мм	
3	Расчетная длина	Lp=1000 мм	
4	Класс эксплуатации	2	
5	Класс древесины	C14	

п/п	Расчетные усилия, кН				
	My, кН·м	Qz, кН	Mz, кН·м	Qy, кН	Флаги
1	0.09	0.01	-0.02	0.01	P+L

2. Расчет

№ РСУ	Проверка	Формула (номер по ENV 1995-1-1:1993)	Левая часть	Правая часть	% Использ.	Пригодн.
1	Прочность при косом изгибе	$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \le 1$ (5.1.6a) $\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \le 1$ (5.1.6b) $f_d = \frac{k_{mod} \cdot f_k}{\gamma_M}$ (2.2.3.2a) $\sigma_{m,y,d}$=8.64;$\sigma_{m,z,d}$=0.48; $f_{m,y,d}$=9.8; $f_{m,z,d}$=9.8; k_m=0.7; k_{mod}=0.7; γ_M=1.3;	0.66612 0.91592	1	66.612	√
	Устойчивость плоской формы деформирования при изгибе	$\sigma_{m,d} \le k_{crit} f_{m,d}$ (5.2.2b) $k_{crit} = \begin{cases} 1 & for\ \lambda_{rel,m} \le 0,75 \\ 1,56 - 0,75\lambda_{rel,m} & for\ 0,75 < \lambda_{rel,m} \le 1,4 \\ 1/\lambda^2_{rel,m} & for\ 1,4 < \lambda_{rel,m} \end{cases}$ $\sigma_{m,d}$=0.48; $f_{m,d}$=9.8; k_{crit}=1; $\lambda_{rel,m}$=0.11141;	0.48	9.8	4.898	√
	Прочность по скалыванию при изгибе	$\sqrt{\left(\frac{Q_z S_y}{I_y h}\right)^2 + \left(\frac{Q_y S_z}{I_z h}\right)^2} \le f_{v,d}$ (5.1.7.1) $f_d = \frac{k_{mod} \cdot f_k}{\gamma_M}$ (2.2.3.2a) $T_{y,d}$=(($Q_y \cdot S_z$)÷($I_z \cdot h$))=0.006; $T_{z,d}$=(($Q_z \cdot S_y$)÷($I_y \cdot b$))=0.006; S_y=7812.5; S_z=31250; I_y=1.3021e+005; I_z=2.0833e+006;	0.0084853	0.91538	0.92696	√
	Прочность на местное сжатие на опорах	$\sigma_{c,90,d} \le f_{c,90,d}$ (5.1.5) $\sigma_{c,90,y,d}$=0.001; $\sigma_{c,90,z,d}$=0.004; $f_{c,90,d}$=1.0769;	0.0041231	1.0769	0.38286	√

3. Вывод

1. Прочность по нормальным напряжениям при изгибе обеспечена;
2. Устойчивость плоской формы деформирования при изгибе обеспечена;
3. Прочность по скалыванию при изгибе обеспечена;
4. Прочность на местное сжатие на опорах обеспечена;

Условия проверки полностью прошли **1** из **1** расчетных сочетаний усилий данного элемента деревянной конструкции. Всего выполнено **4** проверок, из которых **4** - успешно.

Рис. 5.12 Обрешётка

5.3.2 Стропила

Таблица 5.3 Усилия от РСН для стропил

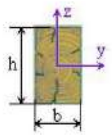
Единицы измерения усилий: кН
Единицы измерения напряжений: кН/м2
Единицы измерения моментов: кН*м
Единицы измерения распределенных моментов: (кН*м)/м
Единицы измерения распределенных перерезывающих сил: кН/м
Единицы измерения перемещений поверхностей в элементах: м
Единицы измерения бимоментов: кН*м*м
Единицы измерения изгибно-крутильного момента: кН*м
Tue Jul 8 09:02:52 2025 Стропила основная схема

Таблица 5.3 Усилия от РСН для стропил. Стержни

Номер РСН	КоЭ/Тип КЭ	ЭЛЕМ	СЕЧ	N, кН	MX, кН*м	MY, кН*м	QZ, кН	MZ, кН*м	QY, кН
42 (I) - РСН170_I_6.10b_sup	10	1571	1	-.047251	-.012696	0.0	6.04724	0.0	-.010482
35 (I) - РСН77_I_6.10b_sup	10	1663	1	-12.4698	.009976	-1.12378	2.05419	.046977	.087129
33 (I) - РСН68_I_6.10b_sup	10	1683	1	1.31283	-.209877	-.464025	2.28570	-1.26398	-6.21890
37 (I) - РСН85_I_6.10b_sup	10	1687	1	12.3335	.292017	.133070	-.817304	1.24396	6.12046
36 (I) - РСН81_I_6.10b_sup	10	1690	2	12.5056	.283782	0.0	-1.06440	0.0	5.90478
40 (I) - РСН88_I_6.10b_sup	10	1707	1	-3.08863	.030519	1.99108	-6.80165	.152616	.480836
5 (I) - РСН5_I_6.10b_sup	10	3196	2	-.190348	0.0	3.53439	.262994	0.0	0.0
40 (I) - РСН88_I_6.10b_sup	10	3300	2	.828215	0.0	-2.48638	-.557391	0.0	0.0

Отчет по расчету деревянных конструкций

1. Исходные данные

№ п/п	Параметр	Значение	
1	Тип элемента	Колонна	
2	Размеры сечения	h = 175мм b = 50мм	
3	Расчетная длина	Loy = 350мм Loz = 2560мм	
4	Класс эксплуатации	2	
5	Класс древесины	C27	

п/п	Расчетные усилия, кН					
	N, кН	My, кН·м	Qz, кН	Mz, кН·м	Qy, кН	Флаги
1	-0.05	0	6.05	0	-0.01	P+S
2	-12.47	-1.12	2.05	0.05	0.09	P+L+In
3	1.31	-0.46	2.29	-1.26	-6.22	P+S
4	12.33	0.13	-0.82	1.24	6.12	P+L+In
5	12.51	0	-1.06	0	5.9	P+L+In
6	-3.09	1.99	-6.8	0.15	0.48	P+S
7	-0.19	3.53	0.26	0	0	P+S
8	0.83	-2.49	-0.56	0	0	P+S

2. Расчет

№ РСУ	Проверка	Формула (номер по ENV 1995-1-1:1993)	Левая часть	Правая часть	% Использ.	Пригодн.
1	Устойчивость плоской формы деформирования при центральном сжатии	$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 \le 1$ (5.1.10) если $\lambda_{rel,z} \le 0.5$ и $\lambda_{rel,y} \le 0.5$: $\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} \le 1;\ \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} \le 1$ (5.2.1e, 5.2.1f) $f_d = \frac{k_{mod} f_k}{\gamma_M}$ (2.2.3.2a) $\sigma_{c,0,d}$=0.0057143; $f_{c,0,d}$=15.231; $\lambda_{rel,z}$=3.0177; $\lambda_{rel,y}$=0.11788;	0.0036273	1	0.36273	√
	Прочность при центральном сжатии	$\sigma_{c,0,d} \le f_{c,0,d}$ (5.1.4) $f_d = \frac{k_{mod} f_k}{\gamma_M}$ (2.2.3.2a) $\sigma_{c.o.d}$=0.0057143; $f_{c.o.d}$=15.231;	0.0057143	15.231	0.037518	√
	Прочность по скалыванию при изгибе	$\sqrt{\left(\frac{Q_z S_y}{I_y b}\right)^2 + \left(\frac{Q_y S_z}{I_z h}\right)^2} \le f_{v,d}$ (5.1.7.1) $f_d = \frac{k_{mod} f_k}{\gamma_M}$ (2.2.3.2a) $T_{y,d}$=⟨$Q_y \cdot S_z \div (I_z \cdot h)$⟩=0.0017143; $T_{z,d}$=⟨$Q_z \cdot S_y \div (I_y \cdot b)$⟩=1.0371; S_y=1.9141e+005; S_z=54688; I_y=2.2331e+007; I_z=1.8229e+006;	1.0371	1.9385	53.503	√

Рис. 5.13 Расчёт стропил в ЭСПРИ 2020

	Устойчивость плоской формы деформирования при внецентренном сжатии	$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \le 1$ (5.1.10a) $\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \le 1$ (5.1.10a) если $\lambda_{rel,z} \le 0.5$ и $\lambda_{rel,y} \le 0.5$: $\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \le 1$ (5.2.1e) $\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \le 1$ (5.2.1f) $f_d = \frac{k_{mod} \cdot f_k}{\gamma_M}$ (2.2.3.2a) $\sigma_{c,0,d}$=0.076557; $f_{c,0,d}$=18.615; k_m=0.7; $\sigma_{m,y,d}$=0.21348; $f_{m,y,d}$=22.846; $\sigma_{m,z,d}$=0.10487; $f_{m,z,d}$=22.846;	0.99447 0.35751	1	99.447	√
2	Прочность при внецентренном сжатии	$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \le 1$ (5.1.10a) $\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \le 1$ (5.1.10a) $\sigma_{c,0,d}$=0.076557; $f_{c,0,d}$=18.615; k_m=0.7; $\sigma_{m,y,d}$=0.21348; $f_{m,y,d}$=22.846; $\sigma_{m,z,d}$=0.10487; $f_{m,z,d}$=22.846;	0.29275	1	29.275	√
	Прочность по скалыванию при изгибе	$\sqrt{\left(\frac{Q_z S_y}{I_y b}\right)^2 + \left(\frac{Q_y S_z}{I_z h}\right)^2} \le f_{v,d}$ (5.1.7.1) $f_d = \frac{k_{mod} \cdot f_k}{\gamma_M}$ (2.2.3.2a) $T_{y,d}$=⟨$Q_y \cdot S_z \div$⟨$I_z \cdot h$⟩⟩=0.015429; $T_{z,d}$=⟨$Q_z \cdot S_y \div$⟨$I_y \cdot b$⟩⟩=0.35143; S_y=1.9141e+005; S_z=54688; I_y=2.2331e+007; I_z=1.8229e+006;	0.35177	2.3692	14.847	√
3	Прочность при внецентренном растяжении	$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \le 1$ (5.1.9a) $\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \le 1$ (5.1.9b) $f_d = \frac{k_{mod} \cdot f_k}{\gamma_M}$ (2.2.3.2a) $\sigma_{t,0,d}$=0.01085; $f_{t,0,d}$=13.799; k_m=0.7; $\sigma_{m,y,d}$=0.079611; $f_{m,y,d}$=23.286; $\sigma_{m,z,d}$=0.74981; $f_{m,z,d}$=23.286;	0.81638 0.61532	1	81.638	√
	Прочность по скалыванию при изгибе	$\sqrt{\left(\frac{Q_z S_y}{I_y b}\right)^2 + \left(\frac{Q_y S_z}{I_z h}\right)^2} \le f_{v,d}$ (5.1.7.1) $f_d = \frac{k_{mod} \cdot f_k}{\gamma_M}$ (2.2.3.2a) $T_{y,d}$=⟨$Q_y \cdot S_z \div$⟨$I_z \cdot h$⟩⟩=1.0663; $T_{z,d}$=⟨$Q_z \cdot S_y \div$⟨$I_y \cdot b$⟩⟩=0.39257; S_y=1.9141e+005; S_z=54688; I_y=2.2331e+007; I_z=1.8229e+006;	1.1363	1.9385	58.616	√
	Прочность при внецентренном растяжении	$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \le 1$ (5.1.9a) $\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \le 1$ (5.1.9b) $f_d = \frac{k_{mod} \cdot f_k}{\gamma_M}$ (2.2.3.2a) $\sigma_{t,0,d}$=0.083553; $f_{t,0,d}$=16.865; k_m=0.7;	0.76491 0.57829	1	76.491	√

Рис. 5.14 Расчёт стропил в ЭСПРИ 2020

		$\sigma_{m,y,d}$=0.034874; $f_{m,y,d}$=28.46; $\sigma_{m,z,d}$=0.65694; $f_{m,z,d}$=28.46;				
4	Прочность по скалыванию при изгибе	$\sqrt{\left(\frac{Q_z S_y}{I_y b}\right)^2 + \left(\frac{Q_y S_z}{I_z h}\right)^2} \le f_{v,d}$ (5.1.7.1) $f_d = \frac{k_{mod} f_k}{\gamma_M}$ (2.2.3.2a) $T_{y,d}$=⟨Q_y·S_z÷⟨I_z·h⟩⟩=1.0491; $T_{z,d}$=⟨Q_z·S_y÷⟨I_y·b⟩⟩=0.14057; S_y=1.9141e+005; S_z=54688; I_y=2.2331e+007; I_z=1.8229e+006;	1.0585	2.3692	44.678	√
5	Прочность при центральном растяжении	$\sigma_{t,0,d} \le f_{t,0,d}$ (5.1.2) $f_d = \frac{k_{mod} f_k}{\gamma_M}$ (2.2.3.2a) $\sigma_{t.o.d}$=1.4297; $f_{t.o.d}$=16.865;	1.4297	16.865	8.4773	√
5	Прочность по скалыванию при изгибе	$\sqrt{\left(\frac{Q_z S_y}{I_y b}\right)^2 + \left(\frac{Q_y S_z}{I_z h}\right)^2} \le f_{v,d}$ (5.1.7.1) $f_d = \frac{k_{mod} f_k}{\gamma_M}$ (2.2.3.2a) $T_{y,d}$=⟨Q_y·S_z÷⟨I_z·h⟩⟩=1.0114; $T_{z,d}$=⟨Q_z·S_y÷⟨I_y·b⟩⟩=0.18171; S_y=1.9141e+005; S_z=54688; I_y=2.2331e+007; I_z=1.8229e+006;	1.0276	2.3692	43.374	√
6	Устойчивость плоской формы деформирования при внецентренном сжатии	$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \le 1$ (5.1.10a) $\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \le 1$ (5.1.10a) если $\lambda_{rel,z} \le 0.5$ и $\lambda_{rel,y} \le 0.5$: $\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \le 1$ (5.2.1e) $\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \le 1$ (5.2.1f) $f_d = \frac{k_{mod} f_k}{\gamma_M}$ (2.2.3.2a) $\sigma_{c,0,d}$=0.023186; $f_{c,0,d}$=15.231;k_m=0.7; $\sigma_{m,y,d}$=0.42363; $f_{m,y,d}$=18.692; $\sigma_{m,z,d}$=0.13272; $f_{m,z,d}$=18.692;	0.65343 0.53792	1	65.343	√
6	Прочность при внецентренном сжатии	$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \le 1$ (5.1.10a) $\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \le 1$ (5.1.10a) $\sigma_{c,0,d}$=0.023186; $f_{c,0,d}$=15.231; k_m=0.7; $\sigma_{m,y,d}$=0.42363; $f_{m,y,d}$=18.692; $\sigma_{m,z,d}$=0.13272; $f_{m,z,d}$=18.692;	0.51707	1	51.707	√
	Прочность по скалыванию при изгибе	$\sqrt{\left(\frac{Q_z S_y}{I_y b}\right)^2 + \left(\frac{Q_y S_z}{I_z h}\right)^2} \le f_{v,d}$ (5.1.7.1) $f_d = \frac{k_{mod} f_k}{\gamma_M}$ (2.2.3.2a) $T_{y,d}$=⟨Q_y·S_z÷⟨I_z·h⟩⟩=0.082286; $T_{z,d}$=⟨Q_z·S_y÷⟨I_y·b⟩⟩=1.1657;	1.1686	1.9385	60.286	√

Рис. 5.15 Расчёт стропил в ЭСПРИ 2020

		S_y=1.9141e+005; S_z=54688; I_y=2.2331e+007; I_z=1.8229e+006;				
7	Устойчивость плоской формы деформирования при внецентренном сжатии	$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \le 1$ (5.1.10) если $\lambda_{rel,z} \le 0.5$ и $\lambda_{rel,y} \le 0.5$: $\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \le 1$ (5.2.1) $f_d = \frac{k_{mod} \cdot f_k}{\gamma_M}$ (2.2.3.2a) $\sigma_{c,0,d}$=0.0014257; $f_{c,0,d}$=15.231;k_m=0.7; $\sigma_{m,y,d}$=0.74037; $f_{m,y,d}$=18.692; $f_{m,z,d}$=18.692;	0.74266	1	74.266	√
	Прочность при внецентренном сжатии	$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \le 1$ (5.1.10) $\sigma_{c,0,d}$=0.0014257; $f_{c,0,d}$=15.231; k_m=0.7; $\sigma_{m,y,d}$=0.74037; $f_{m,y,d}$=18.692; $f_{m,z,d}$=18.692;	0.74135	1	74.135	√
	Прочность по скалыванию при изгибе	$\tau_{z,d} = \frac{Q_z S_y}{I_y b} \le f_{v,d}$ (5.1.7.1) $f_d = \frac{k_{mod} \cdot f_k}{\gamma_M}$ (2.2.3.2a) $T_{z,d}$=0.044571; S_y=1.9141e+005; I_y=2.2331e+007;	0.044571	1.9385	2.2993	√
8	Прочность при внецентренном растяжении	$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \le 1$ (5.1.9) $f_d = \frac{k_{mod} \cdot f_k}{\gamma_M}$ (2.2.3.2a) $\sigma_{t,0,d}$=0.0068743; $f_{t,0,d}$=13.799; k_m=0.7; $\sigma_{m,y,d}$=0.4204; $f_{m,y,d}$=23.286; $f_{m,z,d}$=23.286;	0.4307	1	43.07	√
	Прочность по скалыванию при изгибе	$\tau_{z,d} = \frac{Q_z S_y}{I_y b} \le f_{v,d}$ (5.1.7.1) $f_d = \frac{k_{mod} \cdot f_k}{\gamma_M}$ (2.2.3.2a) $T_{z,d}$=0.096; S_y=1.9141e+005; I_y=2.2331e+007;	0.096	1.9385	4.9524	√

3. Вывод

1. Устойчивость плоской формы деформирования при центральном сжатии обеспечена;
2. Прочность при центральном сжатии обеспечена;
3. Прочность по скалыванию при изгибе обеспечена;
4. Устойчивость плоской формы деформирования при внецентренном сжатии обеспечена;
5. Прочность при внецентренном сжатии обеспечена;
6. Прочность при внецентренном растяжении обеспечена;
7. Прочность при центральном растяжении обеспечена;

Условия проверки полностью прошли **8** из **8** расчетных сочетаний усилий данного элемента деревянной конструкции. Всего выполнено **20** проверок, из которых **20** - успешно.

Рис. 5.16 Расчёт стропил в ЭСПРИ 2020

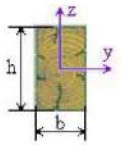
5.3.3 Накосные ноги

Таблица 5.4 Усилия от РСН [СП РК EN 1990:2002+A1:2005/2011_1]
Единицы измерения усилий: кН
Единицы измерения напряжений: кН/м2
Единицы измерения моментов: кН*м
Единицы измерения распределенных моментов: (кН*м)/м
Единицы измерения распределенных перерезывающих сил: кН/м
Единицы измерения перемещений поверхностей в элементах: м
Единицы измерения бимоментов: кН*м*м
Единицы измерения изгибно-крутильного момента: кН*м
Tue Jul 8 09:42:18 2025 Стропила основная схема
Таблица 5.4 Усилия от РСН [СП РК EN 1990:2002+A1:2005/2011_1]. Стержни

Номер РСН	КоЭ/Тип КЭ	ЭЛЕМ	СЕЧ	N, кН	MX, кН*м	MY, кН*м	QZ, кН	MZ, кН*м	QY, кН
39 (I) - PCH87_I_6.10b_sup	10	148	1	1.69884	1.11559	.056487	1.65478	-1.22972	2.52796
39 (I) - PCH87_I_6.10b_sup	10	156	1	4.83335	.993933	1.11869	-2.69899	-3.78440	-6.43750
42 (I) - PCH170_I_6.10b_sup	10	161	2	1.11673	-.206602	-2.24666	-5.05267	-.131062	-.238182
39 (I) - PCH87_I_6.10b_sup	10	165	1	1.03183	-1.11256	.375011	-.566341	.711554	-1.48680
39 (I) - PCH87_I_6.10b_sup	10	166	1	4.68836	-.989960	1.18404	-2.68587	3.74994	6.39397
38 (I) - PCH86_I_6.10b_sup	10	171	2	2.99354	-.459670	2.19814	3.49583	.034430	-.116816
37 (I) - PCH85_I_6.10b_sup	10	246	1	19.8111	.290901	-.514995	-.411432	.497329	-1.96418
41 (I) - PCH89_I_6.10b_sup	10	247	2	-9.70170	-.025656	1.02934	1.21861	.768694	-3.24071
42 (I) - PCH170_I_6.10b_sup	10	252	1	1.35877	.137277	-1.61195	5.36821	-.269778	.199476
35 (I) - PCH77_I_6.10b_sup	10	256	1	1.87753	.612074	.737319	-3.62748	.268728	-8.74332
35 (I) - PCH77_I_6.10b_sup	10	256	2	1.86040	.612074	-.854909	-3.74519	4.04520	-8.74332

Отчет по расчету деревянных конструкций

1. Исходные данные

№ п/п	Параметр	Значение	
1	Тип элемента	Колонна	
2	Размеры сечения	h = 175мм b = 100мм	
3	Расчетная длина	Loy = 1000мм Loz = 3580мм	
4	Класс эксплуатации	2	
5	Класс древесины	C27	

п/п	Расчетные усилия, кН					
	N, кН	My, кН·м	Qz, кН	Mz, кН·м	Qy, кН	Флаги
1	1.7	0.06	1.65	-1.23	2.53	P+L
2	4.83	1.12	-2.07	-3.78	-6.44	P+L
3	1.12	-2.25	-5.05	-0.13	-0.24	P+L
4	1.03	0.38	-0.57	0.71	-1.49	P+L
5	4.69	1.18	-2.69	3.75	6.39	P+L
6	2.99	2.2	3.5	0.03	-0.12	P+L
7	19.81	-0.51	-0.41	0.5	-1.96	P+L+S+In
8	-9.7	1.03	1.22	0.77	-3.24	P+L+S+In
9	1.36	-1.61	5.37	-0.27	0.2	P+L
10	1.88	0.74	-3.63	0.27	-8.74	P+L
11	1.86	-0.85	-3.75	4.05	-8.74	P+L

2. Расчет

№ РСУ	Проверка	Формула (номер по ENV 1995-1-1:1993)	Левая часть	Правая часть	% Использ.	Пригодн.
1	Прочность при внецентренном растяжении	$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \le 1$ (5.1.9a) $\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \le 1$ (5.1.9b) $f_d = \frac{k_{mod} \cdot f_k}{\gamma_M}$ (2.2.3.2a) $\sigma_{t,0,d}$=0.010397; $f_{t,0,d}$=9.3431; k_m=0.7; $\sigma_{m,y,d}$=0.011681; $f_{m,y,d}$=15.767; $\sigma_{m,z,d}$=0.27117; $f_{m,z,d}$=15.767;	0.28974 0.2119	1	28.974	√
	Прочность по скалыванию при изгибе	$\sqrt{\left(\frac{Q_z S_y}{I_y b}\right)^2 + \left(\frac{Q_y S_z}{I_z h}\right)^2} \le f_{v,d}$ (5.1.7.1) $f_d = \frac{k_{mod} \cdot f_k}{\gamma_M}$ (2.2.3.2a) $T_{y,d}$=⟨$Q_y \cdot S_z \div$⟨$I_z \cdot h$⟩⟩=0.21686; $T_{z,d}$=⟨$Q_z \cdot S_y \div$⟨$I_y \cdot b$⟩⟩=0.14143; S_y=3.8281e+005; S_z=2.1875e+005; I_y=4.4661e+007; I_z=1.4583e+007;	0.2589	1.5077	17.172	√

Рис. 5.17 Накосная нога

2	Прочность при внецентренном растяжении	$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \le 1$ (5.1.9a) $\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \le 1$ (5.1.9b) $f_d = \frac{k_{mod} \cdot f_k}{\gamma_M}$ (2.2.3.2a) $\sigma_{t,0,d}$=0.02954; $f_{t,0,d}$=9.3431; k_m=0.7; $\sigma_{m,y,d}$=0.15118; $f_{m,y,d}$=15.767; $\sigma_{m,z,d}$=0.8325; $f_{m,z,d}$=15.767;	0.96786 0.76347	1	96.786	√
	Прочность по скалыванию при изгибе	$\sqrt{\left(\frac{Q_z S_y}{I_y b}\right)^2 + \left(\frac{Q_y S_z}{I_z h}\right)^2} \le f_{v,d}$ (5.1.7.1) $f_d = \frac{k_{mod} \cdot f_k}{\gamma_M}$ (2.2.3.2a) $T_{y,d}$=⟨$Q_y \cdot S_z \div$⟨$I_z \cdot h$⟩⟩=0.552; $T_{z,d}$=⟨$Q_z \cdot S_y \div$⟨$I_y \cdot b$⟩⟩=0.17743; S_y=3.8281e+005; S_z=2.1875e+005; I_y=4.4661e+007; I_z=1.4583e+007;	0.57981	1.5077	38.457	√
3	Прочность при внецентренном растяжении	$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \le 1$ (5.1.9a) $\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \le 1$ (5.1.9b) $f_d = \frac{k_{mod} \cdot f_k}{\gamma_M}$ (2.2.3.2a) $\sigma_{t,0,d}$=0.0068499; $f_{t,0,d}$=9.3431; k_m=0.7; $\sigma_{m,y,d}$=0.28237; $f_{m,y,d}$=15.767; $\sigma_{m,z,d}$=0.030705; $f_{m,z,d}$=15.767;	0.31072	1	31.072	√
	Прочность по скалыванию при изгибе	$\sqrt{\left(\frac{Q_z S_y}{I_y b}\right)^2 + \left(\frac{Q_y S_z}{I_z h}\right)^2} \le f_{v,d}$ (5.1.7.1) $f_d = \frac{k_{mod} \cdot f_k}{\gamma_M}$ (2.2.3.2a) $T_{y,d}$=⟨$Q_y \cdot S_z \div$⟨$I_z \cdot h$⟩⟩=0.020571; $T_{z,d}$=⟨$Q_z \cdot S_y \div$⟨$I_y \cdot b$⟩⟩=0.43286; S_y=3.8281e+005; S_z=2.1875e+005; I_y=4.4661e+007; I_z=1.4583e+007;	0.43335	1.5077	28.742	√
4	Прочность при внецентренном растяжении	$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \le 1$ (5.1.9a) $\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \le 1$ (5.1.9b) $f_d = \frac{k_{mod} \cdot f_k}{\gamma_M}$ (2.2.3.2a) $\sigma_{t,0,d}$=0.0062995; $f_{t,0,d}$=9.3431; k_m=0.7; $\sigma_{m,y,d}$=0.049779; $f_{m,y,d}$=15.767; $\sigma_{m,z,d}$=0.15664; $f_{m,z,d}$=15.767;	0.19778 0.16572	1	19.778	√
	Прочность по скалыванию при изгибе	$\sqrt{\left(\frac{Q_z S_y}{I_y b}\right)^2 + \left(\frac{Q_y S_z}{I_z h}\right)^2} \le f_{v,d}$ (5.1.7.1) $f_d = \frac{k_{mod} \cdot f_k}{\gamma_M}$ (2.2.3.2a) $T_{y,d}$=⟨$Q_y \cdot S_z \div$⟨$I_z \cdot h$⟩⟩=0.12771; $T_{z,d}$=⟨$Q_z \cdot S_y \div$⟨$I_y \cdot b$⟩⟩=0.048857;	0.13674	1.5077	9.0695	√

Рис. 5.18 Накосная нога_01

		S_y=3.8281e+005; S_z=2.1875e+005; I_y=4.4661e+007; I_z=1.4583e+007;				
5	Прочность при внецентренном растяжении	$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \le 1$ (5.1.9a) $\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \le 1$ (5.1.9b) $f_d = \frac{k_{mod} \cdot f_k}{\gamma_M}$ (2.2.3.2a) $\sigma_{t,0,d}$=0.028684; $f_{t,0,d}$=9.3431; k_m=0.7; $\sigma_{m,y,d}$=0.15828; $f_{m,y,d}$=15.767; $\sigma_{m,z,d}$=0.82567; $f_{m,z,d}$=15.767;	0.96515 0.76494	1	96.515	√
	Прочность по скалыванию при изгибе	$\sqrt{\left(\frac{Q_y S_y}{I_y b}\right)^2 + \left(\frac{Q_y S_z}{I_z h}\right)^2} \le f_{v,d}$ (5.1.7.1) $f_d = \frac{k_{mod} \cdot f_k}{\gamma_M}$ (2.2.3.2a) $T_{y,d}$=⟨$Q_y \cdot S_z \div$⟨$I_z \cdot h$⟩⟩=0.54771; $T_{z,d}$=⟨$Q_z \cdot S_y \div$⟨$I_y \cdot b$⟩⟩=0.23057; S_y=3.8281e+005; S_z=2.1875e+005; I_y=4.4661e+007; I_z=1.4583e+007;	0.59427	1.5077	39.416	√
6	Прочность при внецентренном растяжении	$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \le 1$ (5.1.9a) $\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \le 1$ (5.1.9b) $f_d = \frac{k_{mod} \cdot f_k}{\gamma_M}$ (2.2.3.2a) $\sigma_{t,0,d}$=0.018287; $f_{t,0,d}$=9.3431; k_m=0.7; $\sigma_{m,y,d}$=0.28081; $f_{m,y,d}$=15.767; $\sigma_{m,z,d}$=0.013026; $f_{m,z,d}$=15.767;	0.30821	1	30.821	√
	Прочность по скалыванию при изгибе	$\sqrt{\left(\frac{Q_z S_y}{I_y b}\right)^2 + \left(\frac{Q_y S_z}{I_z h}\right)^2} \le f_{v,d}$ (5.1.7.1) $f_d = \frac{k_{mod} \cdot f_k}{\gamma_M}$ (2.2.3.2a) $T_{y,d}$=⟨$Q_y \cdot S_z \div$⟨$I_z \cdot h$⟩⟩=0.010286; $T_{z,d}$=⟨$Q_z \cdot S_y \div$⟨$I_y \cdot b$⟩⟩=0.3; S_y=3.8281e+005; S_z=2.1875e+005; I_y=4.4661e+007; I_z=1.4583e+007;	0.30018	1.5077	19.91	√
7	Прочность при внецентренном растяжении	$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \le 1$ (5.1.9a) $\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \le 1$ (5.1.9b) $f_d = \frac{k_{mod} \cdot f_k}{\gamma_M}$ (2.2.3.2a) $\sigma_{t,0,d}$=0.077101; $f_{t,0,d}$=14.682; k_m=0.7; $\sigma_{m,y,d}$=0.071659; $f_{m,y,d}$=24.776; $\sigma_{m,z,d}$=0.096605; $f_{m,z,d}$=24.776;	0.22387 0.21638	1	22.387	√
	Прочность по скалыванию при	$\sqrt{\left(\frac{Q_z S_y}{I_y b}\right)^2 + \left(\frac{Q_y S_z}{I_z h}\right)^2} \le f_{v,d}$ (5.1.7.1) $f_d = \frac{k_{mod} \cdot f_k}{\gamma_M}$ (2.2.3.2a)	0.17164	2.3692	7.2444	

Рис. 5.19 Накосная нога_02

	изгибе	$T_{y,d}=\langle Q_y \cdot S_z \div \langle I_z \cdot h\rangle\rangle=0.168$; $T_{z,d}=\langle Q_z \cdot S_y \div \langle I_y \cdot b\rangle\rangle=0.035143$; $S_y=3.8281e+005$; $S_z=2.1875e+005$; $I_y=4.4661e+007$; $I_z=1.4583e+007$;				√
8	Устойчивость плоской формы деформирования при внецентренном сжатии	$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2+\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}}+k_m\frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}}\le 1$ (5.1.10a) $\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2+k_m\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}}+\frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}}\le 1$ (5.1.10a) если $\lambda_{rel,z}\le 0.5$ и $\lambda_{rel,y}\le 0.5$: $\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z}f_{c,0,d}}+k_m\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}}+\frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}}\le 1$ (5.2.1e) $\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y}f_{c,0,d}}+\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}}+k_m\frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}}\le 1$ (5.2.1f) $f_d=\frac{k_{mod}\cdot f_k}{\gamma_M}$ (2.2.3.2a) $\sigma_{c,0,d}=0.029776$; $f_{c,0,d}=18.615$; $k_m=0.7$; $\sigma_{m,y,d}=0.10496$; $f_{m,y,d}=22.846$; $\sigma_{m,z,d}=0.13011$; $f_{m,z,d}=22.846$;	0.34823 0.22472	1	34.823	√
	Прочность при внецентренном сжатии	$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2+\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}}+k_m\frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}}\le 1$ (5.1.10a) $\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2+k_m\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}}+\frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}}\le 1$ (5.1.10a) $\sigma_{c,0,d}=0.029776$; $f_{c,0,d}=18.615$; $k_m=0.7$; $\sigma_{m,y,d}=0.10496$; $f_{m,y,d}=22.846$; $\sigma_{m,z,d}=0.13011$; $f_{m,z,d}=22.846$;	0.20447 0.19693	1	20.447	√
	Прочность по скалыванию при изгибе	$\sqrt{\left(\frac{Q_z S_y}{I_y b}\right)^2+\left(\frac{Q_y S_z}{I_z h}\right)^2}\le f_{v,d}$ (5.1.7.1) $f_d=\frac{k_{mod}\cdot f_k}{\gamma_M}$ (2.2.3.2a) $T_{y,d}=\langle Q_y \cdot S_z \div \langle I_z \cdot h\rangle\rangle=0.27771$; $T_{z,d}=\langle Q_z \cdot S_y \div \langle I_y \cdot b\rangle\rangle=0.10457$; $S_y=3.8281e+005$; $S_z=2.1875e+005$; $I_y=4.4661e+007$; $I_z=1.4583e+007$;	0.29675	2.3692	12.525	√
9	Прочность при внецентренном растяжении	$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}}+\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}}+k_m\frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}}\le 1$ (5.1.9a) $\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}}+k_m\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}}+\frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}}\le 1$ (5.1.9b) $f_d=\frac{k_{mod}\cdot f_k}{\gamma_M}$ (2.2.3.2a) $\sigma_{t,0,d}=0.0083178$; $f_{t,0,d}=9.3431$; $k_m=0.7$; $\sigma_{m,y,d}=0.20344$; $f_{m,y,d}=15.767$; $\sigma_{m,z,d}=0.061671$; $f_{m,z,d}=15.767$;	0.25493	1	25.493	√
	Прочность по скалыванию при изгибе	$\sqrt{\left(\frac{Q_z S_y}{I_y b}\right)^2+\left(\frac{Q_y S_z}{I_z h}\right)^2}\le f_{v,d}$ (5.1.7.1) $f_d=\frac{k_{mod}\cdot f_k}{\gamma_M}$ (2.2.3.2a) $T_{y,d}=\langle Q_y \cdot S_z \div \langle I_z \cdot h\rangle\rangle=0.017143$; $T_{z,d}=\langle Q_z \cdot S_y \div \langle I_y \cdot b\rangle\rangle=0.46029$;	0.4606	1.5077	30.55	√

Рис. 5.20 Накосная нога_03

		S_y=3.8281e+005; S_z=2.1875e+005; I_y=4.4661e+007; I_z=1.4583e+007;				
10	Прочность при внецентренном растяжении	$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \le 1$ (5.1.9a) $\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \le 1$ (5.1.9b) $f_d = \frac{k_{mod} \cdot f_k}{\gamma_M}$ (2.2.3.2a) $\sigma_{t,0,d}$=0.011498; $f_{t,0,d}$=9.3431; k_m=0.7; $\sigma_{m,y,d}$=0.096626; $f_{m,y,d}$=15.767; $\sigma_{m,z,d}$=0.062802; $f_{m,z,d}$=15.767;	0.15209	1	15.209	√
	Прочность по скалыванию при изгибе	$\sqrt{\left(\frac{Q_z S_y}{I_y b}\right)^2 + \left(\frac{Q_y S_z}{I_z h}\right)^2} \le f_{v,d}$ (5.1.7.1) $f_d = \frac{k_{mod} \cdot f_k}{\gamma_M}$ (2.2.3.2a) $T_{y,d}$=⟨$Q_y \cdot S_z \div$⟨$I_z \cdot h$⟩⟩=0.74914; $T_{z,d}$=⟨$Q_z \cdot S_y \div$⟨$I_y \cdot b$⟩⟩=0.31114; S_y=3.8281e+005; S_z=2.1875e+005; I_y=4.4661e+007; I_z=1.4583e+007;	0.81119	1.5077	53.803	√
11	Прочность при внецентренном растяжении	$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \le 1$ (5.1.9a) $\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \le 1$ (5.1.9b) $f_d = \frac{k_{mod} \cdot f_k}{\gamma_M}$ (2.2.3.2a) $\sigma_{t,0,d}$=0.011376; $f_{t,0,d}$=9.3431; k_m=0.7; $\sigma_{m,y,d}$=0.11025; $f_{m,y,d}$=15.767; $\sigma_{m,z,d}$=0.88475; $f_{m,z,d}$=15.767;	0.9733 0.74095	1	97.33	√
	Прочность по скалыванию при изгибе	$\sqrt{\left(\frac{Q_z S_y}{I_y b}\right)^2 + \left(\frac{Q_y S_z}{I_z h}\right)^2} \le f_{v,d}$ (5.1.7.1) $f_d = \frac{k_{mod} \cdot f_k}{\gamma_M}$ (2.2.3.2a) $T_{y,d}$=⟨$Q_y \cdot S_z \div$⟨$I_z \cdot h$⟩⟩=0.74914; $T_{z,d}$=⟨$Q_z \cdot S_y \div$⟨$I_y \cdot b$⟩⟩=0.32143; S_y=3.8281e+005; S_z=2.1875e+005; I_y=4.4661e+007; I_z=1.4583e+007;	0.81519	1.5077	54.069	√

3. Вывод

1. Прочность при внецентренном растяжении обеспечена;
2. Прочность по скалыванию при изгибе обеспечена;
3. Устойчивость плоской формы деформирования при внецентренном сжатии обеспечена;
4. Прочность при внецентренном сжатии обеспечена;

Условия проверки полностью прошли **11** из **11** расчетных сочетаний усилий данного элемента деревянной конструкции. Всего выполнено **23** проверок, из которых **23** - успешно.

Рис. 5.21 Накосная нога_04

5.3.4 Прогоны

Таблица 5.5 Усилия от РСН для прогонов

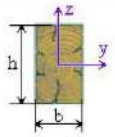
Единицы измерения усилий: кН
Единицы измерения напряжений: кН/м2
Единицы измерения моментов: кН*м
Единицы измерения распределенных моментов: (кН*м)/м
Единицы измерения распределенных перерезывающих сил: кН/м
Единицы измерения перемещений поверхностей в элементах: м
Единицы измерения бимоментов: кН*м*м
Единицы измерения изгибно-крутильного момента: кН*м
Tue Jul 8 09:59:44 2025 Стропила основная схема

Таблица 5.5 Усилия от РСН для прогонов. Стержни

Номер РСН	КоЭ/Тип КЭ	ЭЛЕМ	СЕЧ	N, кН	MY, кН*м	QZ, кН	MZ, кН*м	QY, кН
35 (I) - PCH77_I_6.10b_sup	10	1511	1	9.66550	0.0	.129276	0.0	-.275383
39 (I) - PCH87_I_6.10b_sup	10	1519	1	-5.82241	-1.19241	2.30397	.837057	7.98267
41 (I) - PCH89_I_6.10b_sup	10	1551	1	-4.06497	2.30002	-5.83946	2.73785	5.40977
41 (I) - PCH89_I_6.10b_sup	10	1727	1	-16.2224	.180536	-.861208	-.053883	-.260228
40 (I) - PCH88_I_6.10b_sup	10	1738	2	1.71614	3.62168	8.43989	-1.68009	2.75575
41 (I) - PCH89_I_6.10b_sup	10	1763	1	-6.96929	2.45142	-6.52560	-4.72657	-9.18344
21 (I) - PCH21_I_6.10b_sup	10	2174	2	.547556	-5.71520	-11.4991	.592871	-1.96807
35 (I) - PCH77_I_6.10b_sup	10	2583	1	3.41300	-.002642	.264695	.052854	5.28540
35 (I) - PCH77_I_6.10b_sup	10	2619	1	-1.95411	1.50745	-2.81414	-.455524	-2.08740
5 (I) - PCH5_I_6.10b_sup	10	2655	1	-1.10860	-2.14685	11.4036	.694714	-6.28032
36 (I) - PCH81_I_6.10b_sup	10	2655	1	-1.76055	-1.33186	8.76292	1.15277	-10.1812

Отчет по расчету деревянных конструкций

1. Исходные данные

№ п/п	Параметр	Значение	
1	Тип элемента	Балка	
2	Размеры сечения	h = 200мм b = 100мм	
3	Расчетная длина	Lp=3000 мм	
4	Класс эксплуатации	2	
5	Класс древесины	C27	

п/п	Расчетные усилия, кН				
	My, кН·м	Qz, кН	Mz, кН·м	Qy, кН	Флаги
1	0	0.13	0	-0.28	P+L+S
2	-1.19	2.3	0.84	7.98	P+L+S
3	2.3	-5.84	2.74	5.41	P+L+S
4	0.18	-0.86	-0.05	-0.26	P+L+S
5	3.62	8.44	-1.68	2.76	P+L+S
6	2.45	-6.53	-4.73	-9.18	P+L+S
7	-5.72	-11.5	0.59	-1.97	P+L+S
8	0	0.26	0.05	5.29	P+L+S
9	1.51	-2.81	-0.46	-2.09	P+L+S
10	-2.15	11.4	0.69	-6.28	P+L+S
11	-1.33	8.76	1.15	-10.18	P+L+S

2. Расчет

№ РСУ	Проверка	Формула (номер по ENV 1995-1-1:1993)	Левая часть	Правая часть	% Использ.	Пригодн.
1	Прочность по скалыванию при изгибе	$\sqrt{\left(\frac{Q_z S_y}{I_y b}\right)^2 + \left(\frac{Q_y S_z}{I_z h}\right)^2} \le f_{v,d}$ (5.1.7.1) $f_d = \frac{k_{mod} f_k}{\gamma_M}$ (2.2.3.2a) $T_{y,d}=(Q_y \cdot S_z \div (I_z \cdot h))=0.021;$ $T_{z,d}=(Q_z \cdot S_y \div (I_y \cdot b))=0.00975;$ $S_y=5e+005;\ S_z=2.5e+005;$ $I_y=6.6667e+007;\ I_z=1.6667e+007;$	0.023153	1.9385	1.1944	√
	Прочность на местное сжатие на опорах	$\sigma_{c,90,d} \le f_{c,90,d}$ (5.1.5) $\sigma_{c,90,y,d}=0.013;\ \sigma_{c,90,z,d}=0.014;$ $f_{c,90,d}=1.8;$	0.019105	1.8	1.0614	√
	Прочность при косом изгибе	$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \le 1$ (5.1.6a) $\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \le 1$ (5.1.6b) $f_d = \frac{k_{mod} f_k}{\gamma_M}$ (2.2.3.2a) $\sigma_{m,y,d}=1.785;\sigma_{m,z,d}=2.52;$ $f_{m,y,d}=18.692;\ f_{m,z,d}=18.692;$ $k_m=0.7;\ k_{mod}=0.9;\ \gamma_M=1.3;$	0.20166 0.18986	1	20.166	√

Рис. 5.22 Прогон

2	Устойчивость плоской формы деформирования при изгибе	$\sigma_{m,d} \le k_{crit} f_{m,d}$ (5.2.2b) $k_{crit} = \begin{cases} 1 & for\ \lambda_{rel,m} \le 0{,}75 \\ 1{,}56 - 0{,}75\lambda_{rel,m} & for\ 0{,}75 < \lambda_{rel,m} \le 1{,}4 \\ 1/\lambda^2_{rel,m} & for\ 1{,}4 < \lambda_{rel,m} \end{cases}$ $\sigma_{m,d}$=1.785; $f_{m,d}$=18.692; k_{crit}=1; $\lambda_{rel,m}$=0.51936;	1.785	18.692	9.5494	√
	Прочность по скалыванию при изгибе	$\sqrt{\left(\frac{Q_z S_y}{I_y b}\right)^2 + \left(\frac{Q_y S_z}{I_z h}\right)^2} \le f_{v,d}$ (5.1.7.1) $f_d = \frac{k_{mod} f_k}{\gamma_M}$ (2.2.3.2a) $T_{y,d}$=⟨Q_y·S_z÷⟨I_z·h⟩⟩=0.5985; $T_{z,d}$=⟨Q_z·S_y÷⟨I_y·b⟩⟩=0.1725; S_y=5e+005; S_z=2.5e+005; I_y=6.6667e+007; I_z=1.6667e+007;	0.62286	1.9385	32.132	√
	Прочность на местное сжатие на опорах	$\sigma_{c,90,d} \le f_{c,90,d}$ (5.1.5) $\sigma_{c,90,y,d}$=0.23; $\sigma_{c,90,z,d}$=0.399; $f_{c,90,d}$=1.8;	0.46054	1.8	25.586	√
3	Прочность при косом изгибе	$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \le 1$ (5.1.6a) $\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \le 1$ (5.1.6b) $f_d = \frac{k_{mod} f_k}{\gamma_M}$ (2.2.3.2a) $\sigma_{m,y,d}$=3.45;$\sigma_{m,z,d}$=8.22; $f_{m,y,d}$=18.692; $f_{m,z,d}$=18.692; k_m=0.7; k_{mod}=0.9; γ_M=1.3;	0.56895 0.4924	1	56.895	√
	Устойчивость плоской формы деформирования при изгибе	$\sigma_{m,d} \le k_{crit} f_{m,d}$ (5.2.2b) $k_{crit} = \begin{cases} 1 & for\ \lambda_{rel,m} \le 0{,}75 \\ 1{,}56 - 0{,}75\lambda_{rel,m} & for\ 0{,}75 < \lambda_{rel,m} \le 1{,}4 \\ 1/\lambda^2_{rel,m} & for\ 1{,}4 < \lambda_{rel,m} \end{cases}$ $\sigma_{m,d}$=3.45; $f_{m,d}$=18.692; k_{crit}=1; $\lambda_{rel,m}$=0.51936;	3.45	18.692	18.457	√
	Прочность по скалыванию при изгибе	$\sqrt{\left(\frac{Q_z S_y}{I_y b}\right)^2 + \left(\frac{Q_y S_z}{I_z h}\right)^2} \le f_{v,d}$ (5.1.7.1) $f_d = \frac{k_{mod} f_k}{\gamma_M}$ (2.2.3.2a) $T_{y,d}$=⟨Q_y·S_z÷⟨I_z·h⟩⟩=0.40575; $T_{z,d}$=⟨Q_z·S_y÷⟨I_y·b⟩⟩=0.438; S_y=5e+005; S_z=2.5e+005; I_y=6.6667e+007; I_z=1.6667e+007;	0.59706	1.9385	30.801	√
	Прочность на местное сжатие на опорах	$\sigma_{c,90,d} \le f_{c,90,d}$ (5.1.5) $\sigma_{c,90,y,d}$=0.584; $\sigma_{c,90,z,d}$=0.2705; $f_{c,90,d}$=1.8;	0.6436	1.8	35.756	√
	Прочность при косом изгибе	$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \le 1$ (5.1.6a) $\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \le 1$ (5.1.6b) $f_d = \frac{k_{mod} f_k}{\gamma_M}$ (2.2.3.2a) $\sigma_{m,y,d}$=0.27;$\sigma_{m,z,d}$=0.15;	0.018136 0.020062	1	1.8136	√

Рис. 5.23 Прогон_01

		$f_{m,y,d}$=18.692; $f_{m,z,d}$=18.692; k_m=0.7; k_{mod}=0.9; γ_M=1.3;				
	Устойчивость плоской формы деформирования при изгибе	$\sigma_{m,d} \le k_{crit} f_{m,d}$ (5.2.2b) $k_{crit} = \begin{cases} 1 & for\ \lambda_{rel,m} \le 0,75 \\ 1,56 - 0,75\lambda_{rel,m} & for\ 0,75 < \lambda_{rel,m} \le 1,4 \\ 1/\lambda^2_{rel,m} & for\ 1,4 < \lambda_{rel,m} \end{cases}$ $\sigma_{m,d}$=0.27; $f_{m,d}$=18.692; k_{crit}=1; $\lambda_{rel,m}$=0.51936;	0.27	18.692	1.4444	√
4	Прочность по скалыванию при изгибе	$\sqrt{\left(\frac{Q_z S_y}{I_y b}\right)^2 + \left(\frac{Q_y S_z}{I_z h}\right)^2} \le f_{v,d}$ (5.1.7.1) $f_d = \frac{k_{mod} \cdot f_k}{\gamma_M}$ (2.2.3.2a) $T_{y,d}$=⟨$Q_y \cdot S_z \div ⟨I_z \cdot h⟩$⟩=0.0195; $T_{z,d}$=⟨$Q_z \cdot S_y \div ⟨I_y \cdot b⟩$⟩=0.0645; S_y=5e+005; S_z=2.5e+005; I_y=6.6667e+007; I_z=1.6667e+007;	0.067383	1.9385	3.4761	√
	Прочность на местное сжатие на опорах	$\sigma_{c,90,d} \le f_{c,90,d}$ (5.1.5) $\sigma_{c,90,y,d}$=0.086; $\sigma_{c,90,z,d}$=0.013; $f_{c,90,d}$=1.8;	0.086977	1.8	4.8321	√
	Прочность при косом изгибе	$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \le 1$ (5.1.6a) $\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \le 1$ (5.1.6b) $f_d = \frac{k_{mod} \cdot f_k}{\gamma_M}$ (2.2.3.2a) $\sigma_{m,y,d}$=5.43;$\sigma_{m,z,d}$=5.04; $f_{m,y,d}$=18.692; $f_{m,z,d}$=18.692; k_m=0.7; k_{mod}=0.9; γ_M=1.3;	0.47298 0.47923	1	47.298	√
5	Устойчивость плоской формы деформирования при изгибе	$\sigma_{m,d} \le k_{crit} f_{m,d}$ (5.2.2b) $k_{crit} = \begin{cases} 1 & for\ \lambda_{rel,m} \le 0,75 \\ 1,56 - 0,75\lambda_{rel,m} & for\ 0,75 < \lambda_{rel,m} \le 1,4 \\ 1/\lambda^2_{rel,m} & for\ 1,4 < \lambda_{rel,m} \end{cases}$ $\sigma_{m,d}$=5.43; $f_{m,d}$=18.692; k_{crit}=1; $\lambda_{rel,m}$=0.51936;	5.43	18.692	29.049	√
	Прочность по скалыванию при изгибе	$\sqrt{\left(\frac{Q_z S_y}{I_y b}\right)^2 + \left(\frac{Q_y S_z}{I_z h}\right)^2} \le f_{v,d}$ (5.1.7.1) $f_d = \frac{k_{mod} \cdot f_k}{\gamma_M}$ (2.2.3.2a) $T_{y,d}$=⟨$Q_y \cdot S_z \div ⟨I_z \cdot h⟩$⟩=0.207; $T_{z,d}$=⟨$Q_z \cdot S_y \div ⟨I_y \cdot b⟩$⟩=0.633; S_y=5e+005; S_z=2.5e+005; I_y=6.6667e+007; I_z=1.6667e+007;	0.66599	1.9385	34.356	√
	Прочность на местное сжатие на опорах	$\sigma_{c,90,d} \le f_{c,90,d}$ (5.1.5) $\sigma_{c,90,y,d}$=0.844; $\sigma_{c,90,z,d}$=0.138; $f_{c,90,d}$=1.8;	0.85521	1.8	47.512	√
	Прочность при	$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \le 1$ (5.1.6a) $\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \le 1$ (5.1.6b)	0.89676			

Рис. 5.24 Прогон_02

6	косом изгибе	$f_d = \frac{k_{mod} \cdot f_k}{\gamma_M}$ (2.2.3.2a) $\sigma_{m,y,d}$=3.675;$\sigma_{m,z,d}$=14.19; $f_{m,y,d}$=18.692; $f_{m,z,d}$=18.692; k_m=0.7; k_{mod}=0.9; γ_M=1.3;	0.728	1	89.676	√
	Устойчивость плоской формы деформирования при изгибе	$\sigma_{m,d} \le k_{crit} f_{m,d}$ (5.2.2b) $k_{crit} = \begin{cases} 1 & for\ \lambda_{rel,m} \le 0,75 \\ 1,56 - 0,75\lambda_{rel,m} & for\ 0,75 < \lambda_{rel,m} \le 1,4 \\ 1/\lambda^2_{rel,m} & for\ 1,4 < \lambda_{rel,m} \end{cases}$ $\sigma_{m,d}$=3.675; $f_{m,d}$=18.692; k_{crit}=1; $\lambda_{rel,m}$=0.51936;	3.675	18.692	19.66	√
	Прочность по скалыванию при изгибе	$\sqrt{\left(\frac{Q_z S_y}{I_y b}\right)^2 + \left(\frac{Q_y S_z}{I_z h}\right)^2} \le f_{v,d}$ (5.1.7.1) $f_d = \frac{k_{mod} \cdot f_k}{\gamma_M}$ (2.2.3.2a) $T_{y,d}$=⟨$Q_y \cdot S_z \div$⟨$I_z \cdot h$⟩⟩=0.6885; $T_{z,d}$=⟨$Q_z \cdot S_y \div$⟨$I_y \cdot b$⟩⟩=0.48975; S_y=5e+005; S_z=2.5e+005; I_y=6.6667e+007; I_z=1.6667e+007;	0.84492	1.9385	43.587	√
	Прочность на местное сжатие на опорах	$\sigma_{c,90,d} \le f_{c,90,d}$ (5.1.5) $\sigma_{c,90,y,d}$=0.653; $\sigma_{c,90,z,d}$=0.459; $f_{c,90,d}$=1.8;	0.79818	1.8	44.343	√
7	Прочность при косом изгибе	$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \le 1$ (5.1.6a) $\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \le 1$ (5.1.6b) $f_d = \frac{k_{mod} \cdot f_k}{\gamma_M}$ (2.2.3.2a) $\sigma_{m,y,d}$=8.58;$\sigma_{m,z,d}$=1.77; $f_{m,y,d}$=18.692; $f_{m,z,d}$=18.692; k_m=0.7; k_{mod}=0.9; γ_M=1.3;	0.416 0.5253	1	41.6	√
	Устойчивость плоской формы деформирования при изгибе	$\sigma_{m,d} \le k_{crit} f_{m,d}$ (5.2.2b) $k_{crit} = \begin{cases} 1 & for\ \lambda_{rel,m} \le 0,75 \\ 1,56 - 0,75\lambda_{rel,m} & for\ 0,75 < \lambda_{rel,m} \le 1,4 \\ 1/\lambda^2_{rel,m} & for\ 1,4 < \lambda_{rel,m} \end{cases}$ $\sigma_{m,d}$=8.58; $f_{m,d}$=18.692; k_{crit}=1; $\lambda_{rel,m}$=0.51936;	8.58	18.692	45.901	√
	Прочность по скалыванию при изгибе	$\sqrt{\left(\frac{Q_z S_y}{I_y b}\right)^2 + \left(\frac{Q_y S_z}{I_z h}\right)^2} \le f_{v,d}$ (5.1.7.1) $f_d = \frac{k_{mod} \cdot f_k}{\gamma_M}$ (2.2.3.2a) $T_{y,d}$=⟨$Q_y \cdot S_z \div$⟨$I_z \cdot h$⟩⟩=0.14775; $T_{z,d}$=⟨$Q_z \cdot S_y \div$⟨$I_y \cdot b$⟩⟩=0.8625; S_y=5e+005; S_z=2.5e+005; I_y=6.6667e+007; I_z=1.6667e+007;	0.87506	1.9385	45.142	√
	Прочность на местное сжатие на опорах	$\sigma_{c,90,d} \le f_{c,90,d}$ (5.1.5) $\sigma_{c,90,y,d}$=1.15; $\sigma_{c,90,z,d}$=0.0985; $f_{c,90,d}$=1.8;	1.1542	1.8	64.123	√

Рис. 5.25 Прогон_03

8	Прочность при косом изгибе	$\frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \le 1$ (5.1.6) $f_d = \frac{k_{mod} \cdot f_k}{\gamma_M}$ (2.2.3.2a) $f_{m,y,d}$=18.692; $f_{m,z,d}$=18.692; k_m=0.7; k_{mod}=0.9; γ_M=1.3;	0.0080247	1	0.80247	√
	Прочность по скалыванию при изгибе	$\sqrt{\left(\frac{Q_z S_y}{I_y b}\right)^2 + \left(\frac{Q_y S_z}{I_z h}\right)^2} \le f_{v,d}$ (5.1.7.1) $f_d = \frac{k_{mod} \cdot f_k}{\gamma_M}$ (2.2.3.2a) $T_{y,d}$=⟨$Q_y \cdot S_z \div (I_z \cdot h)$⟩=0.39675; $T_{z,d}$=⟨$Q_z \cdot S_y \div (I_y \cdot b)$⟩=0.0195; S_y=5e+005; S_z=2.5e+005; I_y=6.6667e+007; I_z=1.6667e+007;	0.39723	1.9385	20.492	√
	Прочность на местное сжатие на опорах	$\sigma_{c,90,d} \le f_{c,90,d}$ (5.1.5) $\sigma_{c,90,y,d}$=0.026; $\sigma_{c,90,z,d}$=0.2645; $f_{c,90,d}$=1.8;	0.26577	1.8	14.765	√
9	Прочность при косом изгибе	$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \le 1$ (5.1.6a) $\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \le 1$ (5.1.6b) $f_d = \frac{k_{mod} \cdot f_k}{\gamma_M}$ (2.2.3.2a) $\sigma_{m,y,d}$=2.265;$\sigma_{m,z,d}$=1.38; $f_{m,y,d}$=18.692; $f_{m,z,d}$=18.692; k_m=0.7; k_{mod}=0.9; γ_M=1.3;	0.15865 0.17285	1	15.865	√
	Устойчивость плоской формы деформирования при изгибе	$\sigma_{m,d} \le k_{crit} f_{m,d}$ (5.2.2b) $k_{crit} = \begin{cases} 1 & for\ \lambda_{rel,m} \le 0,75 \\ 1,56 - 0,75\lambda_{rel,m} & for\ 0,75 < \lambda_{rel,m} \le 1,4 \\ 1/\lambda^2_{rel,m} & for\ 1,4 < \lambda_{rel,m} \end{cases}$ $\sigma_{m,d}$=2.265; $f_{m,d}$=18.692; k_{crit}=1; $\lambda_{rel,m}$=0.51936;	2.265	18.692	12.117	√
	Прочность по скалыванию при изгибе	$\sqrt{\left(\frac{Q_z S_y}{I_y b}\right)^2 + \left(\frac{Q_y S_z}{I_z h}\right)^2} \le f_{v,d}$ (5.1.7.1) $f_d = \frac{k_{mod} \cdot f_k}{\gamma_M}$ (2.2.3.2a) $T_{y,d}$=⟨$Q_y \cdot S_z \div (I_z \cdot h)$⟩=0.15675; $T_{z,d}$=⟨$Q_z \cdot S_y \div (I_y \cdot b)$⟩=0.21075; S_y=5e+005; S_z=2.5e+005; I_y=6.6667e+007; I_z=1.6667e+007;	0.26265	1.9385	13.55	√
	Прочность на местное сжатие на опорах	$\sigma_{c,90,d} \le f_{c,90,d}$ (5.1.5) $\sigma_{c,90,y,d}$=0.281; $\sigma_{c,90,z,d}$=0.1045; $f_{c,90,d}$=1.8;	0.2998	1.8	16.656	√
	Прочность при косом изгибе	$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \le 1$ (5.1.6a) $\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \le 1$ (5.1.6b) $f_d = \frac{k_{mod} \cdot f_k}{\gamma_M}$ (2.2.3.2a) $\sigma_{m,y,d}$=3.225;$\sigma_{m,z,d}$=2.07;	0.23151 0.25005	1	23.151	√

Рис. 5.26 Прогон_04

		$f_{m,y,d}$=18.692; $f_{m,z,d}$=18.692; k_m=0.7; k_{mod}=0.9; γ_M=1.3;				
	Устойчивость плоской формы деформирования при изгибе	$\sigma_{m,d} \le k_{crit} f_{m,d}$ (5.2.2b) $k_{crit} = \begin{cases} 1 & for\ \lambda_{rel,m} \le 0,75 \\ 1,56 - 0,75\lambda_{rel,m} & for\ 0,75 < \lambda_{rel,m} \le 1,4 \\ 1/\lambda^2_{rel,m} & for\ 1,4 < \lambda_{rel,m} \end{cases}$ $\sigma_{m,d}$=3.225; $f_{m,d}$=18.692; k_{crit}=1; $\lambda_{rel,m}$=0.51936;	3.225	18.692	17.253	√
10	Прочность по скалыванию при изгибе	$\sqrt{\left(\frac{Q_z S_y}{I_y b}\right)^2 + \left(\frac{Q_y S_z}{I_z h}\right)^2} \le f_{v,d}$ (5.1.7.1) $f_d = \frac{k_{mod} f_k}{\gamma_M}$ (2.2.3.2a) $T_{y,d}$=⟨$Q_y \cdot S_z \div (I_z \cdot h)$⟩=0.471; $T_{z,d}$=⟨$Q_z \cdot S_y \div (I_y \cdot b)$⟩=0.855; S_y=5e+005; S_z=2.5e+005; I_y=6.6667e+007; I_z=1.6667e+007;	0.97615	1.9385	50.357	√
	Прочность на местное сжатие на опорах	$\sigma_{c,90,d} \le f_{c,90,d}$ (5.1.5) $\sigma_{c,90,y,d}$=1.14; $\sigma_{c,90,z,d}$=0.314; $f_{c,90,d}$=1.8;	1.1825	1.8	65.692	√
11	Прочность при косом изгибе	$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \le 1$ (5.1.6a) $\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \le 1$ (5.1.6b) $f_d = \frac{k_{mod} f_k}{\gamma_M}$ (2.2.3.2a) $\sigma_{m,y,d}$=1.995;$\sigma_{m,z,d}$=3.45; $f_{m,y,d}$=18.692; $f_{m,z,d}$=18.692; k_m=0.7; k_{mod}=0.9; γ_M=1.3;	0.25928 0.23593	1	25.928	√
	Устойчивость плоской формы деформирования при изгибе	$\sigma_{m,d} \le k_{crit} f_{m,d}$ (5.2.2b) $k_{crit} = \begin{cases} 1 & for\ \lambda_{rel,m} \le 0,75 \\ 1,56 - 0,75\lambda_{rel,m} & for\ 0,75 < \lambda_{rel,m} \le 1,4 \\ 1/\lambda^2_{rel,m} & for\ 1,4 < \lambda_{rel,m} \end{cases}$ $\sigma_{m,d}$=1.995; $f_{m,d}$=18.692; k_{crit}=1; $\lambda_{rel,m}$=0.51936;	1.995	18.692	10.673	√
	Прочность по скалыванию при изгибе	$\sqrt{\left(\frac{Q_z S_y}{I_y b}\right)^2 + \left(\frac{Q_y S_z}{I_z h}\right)^2} \le f_{v,d}$ (5.1.7.1) $f_d = \frac{k_{mod} f_k}{\gamma_M}$ (2.2.3.2a) $T_{y,d}$=⟨$Q_y \cdot S_z \div (I_z \cdot h)$⟩=0.7635; $T_{z,d}$=⟨$Q_z \cdot S_y \div (I_y \cdot b)$⟩=0.657; S_y=5e+005; S_z=2.5e+005; I_y=6.6667e+007; I_z=1.6667e+007;	1.0073	1.9385	51.962	√
	Прочность на местное сжатие на опорах	$\sigma_{c,90,d} \le f_{c,90,d}$ (5.1.5) $\sigma_{c,90,y,d}$=0.876; $\sigma_{c,90,z,d}$=0.509; $f_{c,90,d}$=1.8;	1.0131	1.8	56.286	√

3. Вывод

1. Прочность по скалыванию при изгибе обеспечена;
2. Прочность на местное сжатие на опорах обеспечена;
3. Прочность по нормальным напряжениям при изгибе обеспечена;

Рис. 5.27 Прогон_05

4. Устойчивость плоской формы деформирования при изгибе обеспечена;

Условия проверки полностью прошли **11** из **11** расчетных сочетаний усилий данного элемента деревянной конструкции. Всего выполнено **41** проверок, из которых **41** - успешно.

Рис. 5.28 Прогон_06

5.3.5 Стойки

Таблица 5.6 Усилия от РСН для стоек

Единицы измерения усилий: кН
Единицы измерения напряжений: кН/м2
Единицы измерения моментов: кН*м
Единицы измерения распределенных моментов: (кН*м)/м
Единицы измерения распределенных перерезывающих сил: кН/м
Единицы измерения перемещений поверхностей в элементах: м
Единицы измерения бимоментов: кН*м*м
Единицы измерения изгибно-крутильного момента: кН*м
Tue Jul 8 10:12:44 2025 Стропила основная схема

Таблица 5.6 Усилия от РСН для стоек. Стержни

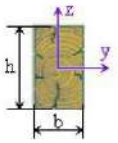
Номер РСН	КоЭ/Тип КЭ	ЭЛЕМ	СЕЧ	N, кН	MX, кН*м	MY, кН*м	QZ, кН	MZ, кН*м	QY, кН
35 (I) - PCH77_I_6.10b_sup	10	198	1	5.56207	.101192	0.0	11.6272	0.0	-4.79175
35 (I) - PCH77_I_6.10b_sup	10	198	2	5.62094	.101192	4.41834	11.6272	1.82086	-4.79175
39 (I) - PCH87_I_6.10b_sup	10	203	1	2.23181	0.0	.123908	.035925	1.06059	10.6549
41 (I) - PCH89_I_6.10b_sup	10	293	1	2.54659	0.0	-.012436	-.023479	-7.41242	-8.19767
41 (I) - PCH89_I_6.10b_sup	10	299	2	20.0791	-1.17032	-1.15963	-1.42162	-4.86401	5.96291
41 (I) - PCH89_I_6.10b_sup	10	300	1	9.09538	-2.55031	0.0	4.21107	0.0	-.847272
35 (I) - PCH77_I_6.10b_sup	10	306	1	7.61241	-1.19854	-1.22150	4.46079	-5.41786	-19.7854
21 (I) - PCH21_I_6.10b_sup	10	310	1	-21.3088	.007547	.059461	-.221927	-.744337	-2.77810
41 (I) - PCH89_I_6.10b_sup	10	307	1	11.6132	-2.39686	3.24794	-11.8611	.144231	.526718
35 (I) - PCH77_I_6.10b_sup	10	528	1	2.46923	1.64778	-.140612	.099808	2.00337	1.42202
41 (I) - PCH89_I_6.10b_sup	10	684	2	5.28471	.009945	-4.34649	-11.4381	-.866233	2.27956

Таблица 5.6 Усилия от РСН для стоек. Стержни

Номер РСН	КоЭ/Тип КЭ	ЭЛЕМ	СЕЧ	N, кН	MX, кН*м	MY, кН*м	QZ, кН	MZ, кН*м	QY, кН
35 (I) - РСН77_I_6.10b_sup	10	704	2	-3.64219	-.226535	.719231	1.89271	6.37056	-16.7646

Отчет по расчету деревянных конструкций

1. Исходные данные

№ п/п	Параметр	Значение	
1	Тип элемента	Колонна	
2	Размеры сечения	h = 150мм b = 150мм	
3	Расчетная длина	Loy = 1150мм Loz = 1150мм	
4	Класс эксплуатации	2	
5	Класс древесины	C27	

п/п	Расчетные усилия, кН					
	N, кН	My, кН·м	Qz, кН	Mz, кН·м	Qy, кН	Флаги
1	5.56	0	11.63	0	-4.79	P+L
2	5.62	4.42	11.63	1.82	-4.79	P+L
3	2.23	0.12	0.04	1.06	10.65	P+L
4	2.55	-0.01	-0.02	-7.41	-8.2	P+L
5	20.08	-1.16	-1.42	-4.86	5.96	P+L
6	9.1	0	4.21	0	-0.85	P+L
7	7.61	-1.12	4.46	-5.42	-19.79	P+L
8	-21.31	0.06	-0.22	-0.74	-2.78	P+L
9	11.61	3.25	-11.86	0.14	0.53	P+L
10	2.47	-0.14	0.1	2	1.42	P+L
11	5.28	-4.35	-11.44	-0.87	2.28	P+L
12	-3.64	0.72	1.89	6.37	-16.76	P+L

2. Расчет

№ РСУ	Проверка	Формула (номер по ENV 1995-1-1:1993)	Левая часть	Правая часть	% Использ.	Пригодн.
1	Прочность при центральном растяжении	$\sigma_{t,0,d} \le f_{t,0,d}$ (5.1.2) $f_d = \frac{k_{mod} f_k}{\gamma_M}$ (2.2.3.2a) $\sigma_{t.0.d}$=0.24711; $f_{t.0.d}$=8.6154;	0.24711	8.6154	2.8683	√
	Прочность по скалыванию при изгибе	$\sqrt{\left(\frac{Q_z S_y}{I_y b}\right)^2 + \left(\frac{Q_y S_z}{I_z h}\right)^2} \le f_{v,d}$ (5.1.7.1) $f_d = \frac{k_{mod} f_k}{\gamma_M}$ (2.2.3.2a) $T_{y,d}=\langle Q_y \cdot S_z \div \langle I_z \cdot h \rangle \rangle$=0.31933; $T_{z,d}=\langle Q_z \cdot S_y \div \langle I_y \cdot b \rangle \rangle$=0.77533; S_y=4.2188e+005; S_z=4.2188e+005; I_y=4.2188e+007; I_z=4.2188e+007;	0.83852	1.5077	55.616	√

Рис. 5.29 Стойки

2	Прочность при внецентренном растяжении	$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \le 1$ (5.1.9a) $\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \le 1$ (5.1.9b) $f_d = \frac{k_{mod} \cdot f_k}{\gamma_M}$ (2.2.3.2a) $\sigma_{t,0,d}$=0.028992; $f_{t,0,d}$=8.6154; k_m=0.7; $\sigma_{m,y,d}$=0.54735; $f_{m,y,d}$=14.538; $\sigma_{m,z,d}$=0.22942; $f_{m,z,d}$=14.538;	0.73694	1	73.694	√
	Прочность по скалыванию при изгибе	$\sqrt{\left(\frac{Q_z S_y}{I_y b}\right)^2 + \left(\frac{Q_y S_z}{I_z h}\right)^2} \le f_{v,d}$ (5.1.7.1) $f_d = \frac{k_{mod} \cdot f_k}{\gamma_M}$ (2.2.3.2a) $T_{y,d}$=⟨$Q_y \cdot S_z \div ⟨I_z \cdot h⟩$⟩=0.31933; $T_{z,d}$=⟨$Q_z \cdot S_y \div ⟨I_y \cdot b⟩$⟩=0.77533; S_y=4.2188e+005; S_z=4.2188e+005; I_y=4.2188e+007; I_z=4.2188e+007;	0.83852	1.5077	55.616	√
3	Прочность при внецентренном растяжении	$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \le 1$ (5.1.9a) $\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \le 1$ (5.1.9b) $f_d = \frac{k_{mod} \cdot f_k}{\gamma_M}$ (2.2.3.2a) $\sigma_{t,0,d}$=0.011504; $f_{t,0,d}$=8.6154; k_m=0.7; $\sigma_{m,y,d}$=0.017401; $f_{m,y,d}$=14.538; $\sigma_{m,z,d}$=0.13234; $f_{m,z,d}$=14.538;	0.15603 0.12155	1	15.603	√
	Прочность по скалыванию при изгибе	$\sqrt{\left(\frac{Q_z S_y}{I_y b}\right)^2 + \left(\frac{Q_y S_z}{I_z h}\right)^2} \le f_{v,d}$ (5.1.7.1) $f_d = \frac{k_{mod} \cdot f_k}{\gamma_M}$ (2.2.3.2a) $T_{y,d}$=⟨$Q_y \cdot S_z \div ⟨I_z \cdot h⟩$⟩=0.71; $T_{z,d}$=⟨$Q_z \cdot S_y \div ⟨I_y \cdot b⟩$⟩=0.0026667; S_y=4.2188e+005; S_z=4.2188e+005; I_y=4.2188e+007; I_z=4.2188e+007;	0.71001	1.5077	47.092	√
4	Прочность при внецентренном растяжении	$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \le 1$ (5.1.9a) $\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \le 1$ (5.1.9b) $f_d = \frac{k_{mod} \cdot f_k}{\gamma_M}$ (2.2.3.2a) $\sigma_{t,0,d}$=0.013155; $f_{t,0,d}$=8.6154; k_m=0.7; $\sigma_{m,y,d}$=0.004341; $f_{m,y,d}$=14.538; $\sigma_{m,z,d}$=0.90922; $f_{m,z,d}$=14.538;	0.92541 0.65395	1	92.541	√
	Прочность по скалыванию при изгибе	$\sqrt{\left(\frac{Q_z S_y}{I_y b}\right)^2 + \left(\frac{Q_y S_z}{I_z h}\right)^2} \le f_{v,d}$ (5.1.7.1) $f_d = \frac{k_{mod} \cdot f_k}{\gamma_M}$ (2.2.3.2a) $T_{y,d}$=⟨$Q_y \cdot S_z \div ⟨I_z \cdot h⟩$⟩=0.54667; $T_{z,d}$=⟨$Q_z \cdot S_y \div ⟨I_y \cdot b⟩$⟩=0.0013333; S_y=4.2188e+005; S_z=4.2188e+005;	0.54667	1.5077	36.259	√

Рис. 5.30 Стойки_01

		I_y=4.2188e+007; I_z=4.2188e+007;				
5	Прочность при внецентренном растяжении	$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \le 1$ (5.1.9a) $\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \le 1$ (5.1.9b) $f_d = \frac{k_{mod} \cdot f_k}{\gamma_M}$ (2.2.3.2a) $\sigma_{t,0,d}$=0.10359; $f_{t,0,d}$=8.6154; k_m=0.7; $\sigma_{m,y,d}$=0.1664; $f_{m,y,d}$=14.538; $\sigma_{m,z,d}$=0.61884; $f_{m,z,d}$=14.538;	0.83891 0.70318	1	83.891	√
	Прочность по скалыванию при изгибе	$\sqrt{\left(\frac{Q_z S_y}{I_y b}\right)^2 + \left(\frac{Q_y S_z}{I_z h}\right)^2} \le f_{v,d}$ (5.1.7.1) $f_d = \frac{k_{mod} \cdot f_k}{\gamma_M}$ (2.2.3.2a) $T_{y,d}$=⟨$Q_y \cdot S_z \div$⟨$I_z \cdot h$⟩⟩=0.39733; $T_{z,d}$=⟨$Q_z \cdot S_y \div$⟨$I_y \cdot b$⟩⟩=0.094667; S_y=4.2188e+005; S_z=4.2188e+005; I_y=4.2188e+007; I_z=4.2188e+007;	0.40846	1.5077	27.091	√
6	Прочность при центральном растяжении	$\sigma_{t,0,d} \le f_{t,0,d}$ (5.1.2) $f_d = \frac{k_{mod} \cdot f_k}{\gamma_M}$ (2.2.3.2a) $\sigma_{t.o.d}$=0.40444; $f_{t.o.d}$=8.6154;	0.40444	8.6154	4.6944	√
	Прочность по скалыванию при изгибе	$\sqrt{\left(\frac{Q_z S_y}{I_y b}\right)^2 + \left(\frac{Q_y S_z}{I_z h}\right)^2} \le f_{v,d}$ (5.1.7.1) $f_d = \frac{k_{mod} \cdot f_k}{\gamma_M}$ (2.2.3.2a) $T_{y,d}$=⟨$Q_y \cdot S_z \div$⟨$I_z \cdot h$⟩⟩=0.056667; $T_{z,d}$=⟨$Q_z \cdot S_y \div$⟨$I_y \cdot b$⟩⟩=0.28067; S_y=4.2188e+005; S_z=4.2188e+005; I_y=4.2188e+007; I_z=4.2188e+007;	0.28633	1.5077	18.991	√
7	Прочность при внецентренном растяжении	$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \le 1$ (5.1.9a) $\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \le 1$ (5.1.9b) $f_d = \frac{k_{mod} \cdot f_k}{\gamma_M}$ (2.2.3.2a) $\sigma_{t,0,d}$=0.039258; $f_{t,0,d}$=8.6154; k_m=0.7; $\sigma_{m,y,d}$=0.14626; $f_{m,y,d}$=14.538; $\sigma_{m,z,d}$=0.67207; $f_{m,z,d}$=14.538;	0.81371 0.65597	1	81.371	√
	Прочность по скалыванию при изгибе	$\sqrt{\left(\frac{Q_z S_y}{I_y b}\right)^2 + \left(\frac{Q_y S_z}{I_z h}\right)^2} \le f_{v,d}$ (5.1.7.1) $f_d = \frac{k_{mod} \cdot f_k}{\gamma_M}$ (2.2.3.2a) $T_{y,d}$=⟨$Q_y \cdot S_z \div$⟨$I_z \cdot h$⟩⟩=1.3193; $T_{z,d}$=⟨$Q_z \cdot S_y \div$⟨$I_y \cdot b$⟩⟩=0.29733; S_y=4.2188e+005; S_z=4.2188e+005; I_y=4.2188e+007; I_z=4.2188e+007;	1.3524	1.5077	89.702	√

Рис. 5.31 Стойки_02

8	Устойчивость плоской формы деформирования при внецентренном сжатии	$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \le 1$ (5.1.10a) $\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \le 1$ (5.1.10a) если $\lambda_{rel,z} \le 0.5$ и $\lambda_{rel,y} \le 0.5$: $\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \le 1$ (5.2.1e) $\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \le 1$ (5.2.1f) $f_d = \frac{k_{mod} f_k}{\gamma_M}$ (2.2.3.2a) $\sigma_{c,0,d}$=0.079951; $f_{c,0,d}$=11.846;k_m=0.7; $\sigma_{m,y,d}$=0.033395; $f_{m,y,d}$=14.538; $\sigma_{m,z,d}$=0.11655; $f_{m,z,d}$=14.538;	0.14631 0.12137	1	14.631	√
	Прочность при внецентренном сжатии	$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \le 1$ (5.1.10a) $\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \le 1$ (5.1.10a) $\sigma_{c,0,d}$=0.079951; $f_{c,0,d}$=11.846; k_m=0.7; $\sigma_{m,y,d}$=0.033395; $f_{m,y,d}$=14.538; $\sigma_{m,z,d}$=0.11655; $f_{m,z,d}$=14.538;	0.14631 0.12137	1	14.631	√
	Прочность по скалыванию при изгибе	$\sqrt{\left(\frac{Q_z S_y}{I_y b}\right)^2 + \left(\frac{Q_y S_z}{I_z h}\right)^2} \le f_{v,d}$ (5.1.7.1) $f_d = \frac{k_{mod} f_k}{\gamma_M}$ (2.2.3.2a) $T_{y,d}$=⟨$Q_y \cdot S_z \div$⟨$I_z \cdot h$⟩⟩=0.18533; $T_{z,d}$=⟨$Q_z \cdot S_y \div$⟨$I_y \cdot b$⟩⟩=0.014667; S_y=4.2188e+005; S_z=4.2188e+005; I_y=4.2188e+007; I_z=4.2188e+007;	0.18591	1.5077	12.331	√
9	Прочность при внецентренном растяжении	$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \le 1$ (5.1.9a) $\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \le 1$ (5.1.9b) $f_d = \frac{k_{mod} f_k}{\gamma_M}$ (2.2.3.2a) $\sigma_{t,0,d}$=0.059893; $f_{t,0,d}$=8.6154; k_m=0.7; $\sigma_{m,y,d}$=0.41161; $f_{m,y,d}$=14.538; $\sigma_{m,z,d}$=0.031316; $f_{m,z,d}$=14.538;	0.49342	1	49.342	√
	Прочность по скалыванию при изгибе	$\sqrt{\left(\frac{Q_z S_y}{I_y b}\right)^2 + \left(\frac{Q_y S_z}{I_z h}\right)^2} \le f_{v,d}$ (5.1.7.1) $f_d = \frac{k_{mod} f_k}{\gamma_M}$ (2.2.3.2a) $T_{y,d}$=⟨$Q_y \cdot S_z \div$⟨$I_z \cdot h$⟩⟩=0.035333; $T_{z,d}$=⟨$Q_z \cdot S_y \div$⟨$I_y \cdot b$⟩⟩=0.79067; S_y=4.2188e+005; S_z=4.2188e+005; I_y=4.2188e+007; I_z=4.2188e+007;	0.79146	1.5077	52.495	√

Рис. 5.32 Стойки_03

10	Прочность при внецентренном растяжении	$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \le 1$ (5.1.9a) $\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \le 1$ (5.1.9b) $f_d = \frac{k_{mod} \cdot f_k}{\gamma_M}$ (2.2.3.2a) $\sigma_{t,0,d}$=0.012742; $f_{t,0,d}$=8.6154; k_m=0.7; $\sigma_{m,y,d}$=0.02014; $f_{m,y,d}$=14.538; $\sigma_{m,z,d}$=0.24758; $f_{m,z,d}$=14.538;	0.27442 0.20619	1	27.442	√
	Прочность по скалыванию при изгибе	$\sqrt{\left(\frac{Q_z S_y}{I_y b}\right)^2 + \left(\frac{Q_y S_z}{I_z h}\right)^2} \le f_{v,d}$ (5.1.7.1) $f_d = \frac{k_{mod} \cdot f_k}{\gamma_M}$ (2.2.3.2a) $T_{y,d}$=⟨$Q_y \cdot S_z \div$⟨$I_z \cdot h$⟩⟩=0.094667; $T_{z,d}$=⟨$Q_z \cdot S_y \div$⟨$I_y \cdot b$⟩⟩=0.0066667; S_y=4.2188e+005; S_z=4.2188e+005; I_y=4.2188e+007; I_z=4.2188e+007;	0.094901	1.5077	6.2945	√
11	Прочность при внецентренном растяжении	$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \le 1$ (5.1.9a) $\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \le 1$ (5.1.9b) $f_d = \frac{k_{mod} \cdot f_k}{\gamma_M}$ (2.2.3.2a) $\sigma_{t,0,d}$=0.027238; $f_{t,0,d}$=8.6154; k_m=0.7; $\sigma_{m,y,d}$=0.53838; $f_{m,y,d}$=14.538; $\sigma_{m,z,d}$=0.11284; $f_{m,z,d}$=14.538;	0.64461	1	64.461	√
	Прочность по скалыванию при изгибе	$\sqrt{\left(\frac{Q_z S_y}{I_y b}\right)^2 + \left(\frac{Q_y S_z}{I_z h}\right)^2} \le f_{v,d}$ (5.1.7.1) $f_d = \frac{k_{mod} \cdot f_k}{\gamma_M}$ (2.2.3.2a) $T_{y,d}$=⟨$Q_y \cdot S_z \div$⟨$I_z \cdot h$⟩⟩=0.152; $T_{z,d}$=⟨$Q_z \cdot S_y \div$⟨$I_y \cdot b$⟩⟩=0.76267; S_y=4.2188e+005; S_z=4.2188e+005; I_y=4.2188e+007; I_z=4.2188e+007;	0.77767	1.5077	51.58	√
12	Устойчивость плоской формы деформирования при внецентренном сжатии	$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \le 1$ (5.1.10a) $\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \le 1$ (5.1.10a) если $\lambda_{rel,z} \le 0.5$ и $\lambda_{rel,y} \le 0.5$: $\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \le 1$ (5.2.1e) $\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \le 1$ (5.2.1f) $f_d = \frac{k_{mod} \cdot f_k}{\gamma_M}$ (2.2.3.2a) $\sigma_{c,0,d}$=0.013657; $f_{c,0,d}$=11.846; k_m=0.7; $\sigma_{m,y,d}$=0.092493; $f_{m,y,d}$=14.538; $\sigma_{m,z,d}$=0.78338; $f_{m,z,d}$=14.538;	0.84831 0.64105	1	84.831	√

Рис. 5.33 Стойки_04

	Прочность при внецентренном сжатии	$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \le 1$ (5.1.10a) $\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \le 1$ (5.1.10a) $\sigma_{c,0,d}$=0.013657; $f_{c,0,d}$=11.846; k_m=0.7; $\sigma_{m,y,d}$=0.092493; $f_{m,y,d}$=14.538; $\sigma_{m,z,d}$=0.78338; $f_{m,z,d}$=14.538;	0.84831 0.64105	1	84.831	√
	Прочность по скалыванию при изгибе	$\sqrt{\left(\frac{Q_z S_y}{I_y b}\right)^2 + \left(\frac{Q_y S_z}{I_z h}\right)^2} \le f_{v,d}$ (5.1.7.1) $f_d = \frac{k_{mod} f_k}{\gamma_M}$ (2.2.3.2a) $T_{y,d}$=⟨$Q_y \cdot S_z \div$⟨$I_z \cdot h$⟩⟩=1.1173; $T_{z,d}$=⟨$Q_z \cdot S_y \div$⟨$I_y \cdot b$⟩⟩=0.126; S_y=4.2188e+005; S_z=4.2188e+005; I_y=4.2188e+007; I_z=4.2188e+007;	1.1244	1.5077	74.579	√

3. Вывод

1. Прочность при центральном растяжении обеспечена;
2. Прочность по скалыванию при изгибе обеспечена;
3. Прочность при внецентренном растяжении обеспечена;
4. Устойчивость плоской формы деформирования при внецентренном сжатии обеспечена;
5. Прочность при внецентренном сжатии обеспечена;

Условия проверки полностью прошли **12** из **12** расчетных сочетаний усилий данного элемента деревянной конструкции. Всего выполнено **26** проверок, из которых **26** - успешно.

Рис. 5.34 Стойки_05

2. Прочность по скалыванию при изгибе обеспечена;
3. Устойчивость плоской формы деформирования при внецентренном сжатии обеспечена;
4. Прочность при внецентренном сжатии обеспечена;

Условия проверки полностью прошли **12** из **12** расчетных сочетаний усилий данного элемента деревянной конструкции. Всего выполнено **28** проверок, из которых **28** - успешно.

Рис. 5.35 Стойки_06

5.3.6 Связи

Таблица 5.7 Усилия от РСН для связей

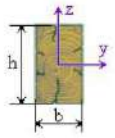
Единицы измерения усилий: кН
Единицы измерения напряжений: кН/м2
Единицы измерения моментов: кН*м
Единицы измерения распределенных моментов: (кН*м)/м
Единицы измерения распределенных перерезывающих сил: кН/м
Единицы измерения перемещений поверхностей в элементах: м
Единицы измерения бимоментов: кН*м*м
Единицы измерения изгибно-крутильного момента: кН*м
Tue Jul 8 10:30:51 2025 Стропила основная схема

Таблица 5.7 Усилия от РСН для связей. Стержни

Номер РСН	КоЭ/Тип КЭ	ЭЛЕМ	СЕЧ	N, кН	MX, кН*м	MY, кН*м	QZ, кН	MZ, кН*м	QY, кН
41 (I) - PCH89_I_6.10b_sup	10	205	1	11.0356	-.076315	.245721	-.224859	.150535	.148299
37 (I) - PCH85_I_6.10b_sup	10	289	1	-13.8555	.029957	-2.43000	3.66013	-.074578	-.108881
37 (I) - PCH85_I_6.10b_sup	10	289	2	-13.8450	.029957	2.25170	3.61710	.065515	-.108881
41 (I) - PCH89_I_6.10b_sup	10	291	2	17.5241	.002815	-1.59884	-1.26413	.003091	-.002402
35 (I) - PCH77_I_6.10b_sup	10	297	1	-26.2513	.013385	0.0	.233553	0.0	.017470
41 (I) - PCH89_I_6.10b_sup	10	296	1	18.1897	.174295	.408357	-.385080	-.279236	-.275089
41 (I) - PCH89_I_6.10b_sup	10	296	2	18.1957	.174295	0.0	-.419505	0.0	-.275089
41 (I) - PCH89_I_6.10b_sup	10	625	1	-.072523	-.089893	0.0	.051638	0.0	0.0

Отчет по расчету деревянных конструкций

1. Исходные данные

№ п/п	Параметр	Значение	
1	Тип элемента	Ферма	
2	Размеры сечения	h = 50мм b = 100мм	
3	Расчетная длина	Loy = 1150мм Loz = 1150мм	
4	Класс эксплуатации	2	
5	Класс древесины	C24	

п/п	Расчетные усилия, кН	
	N, кН	Флаги
1	-24.38	P+L
2	23.09	P+L

2. Расчет

№ РСУ	Проверка	Формула (номер по ENV 1995-1-1:1993)	Левая часть	Правая часть	% Использ.	Пригодн.
1	Устойчивость плоской формы деформирования при центральном сжатии	$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 \le 1$ (5.1.10) если $\lambda_{rel,z} \le 0.5$ и $\lambda_{rel,y} \le 0.5$: $\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} \le 1; \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} \le 1$ (5.2.1e, 5.2.1f) $f_d = \frac{k_{mod} \cdot f_k}{\gamma_M}$ (2.2.3.2a) $\sigma_{c,0,d}$=4.876; $f_{c,0,d}$=11.308; $\lambda_{rel,z}$=0.67551; $\lambda_{rel,y}$=1.351; $k_{c,y}$=0.46637; $k_{c,z}$=0.942;	0.92461 0.45776	1	92.461	√
	Прочность при центральном сжатии	$\sigma_{c,0,d} \le f_{c,0,d}$ (5.1.4) $f_d = \frac{k_{mod} \cdot f_k}{\gamma_M}$ (2.2.3.2a) $\sigma_{c.0.d}$=4.876; $f_{c.0.d}$=11.308;	4.876	11.308	43.121	√
2	Прочность при центральном растяжении	$\sigma_{t,0,d} \le f_{t,0,d}$ (5.1.2) $f_d = \frac{k_{mod} \cdot f_k}{\gamma_M}$ (2.2.3.2a) $\sigma_{t.0.d}$=4.618; $f_{t.0.d}$=8.1752;	4.618	8.1752	56.488	√

3. Вывод

1. Устойчивость плоской формы деформирования при центральном сжатии обеспечена;
2. Прочность при центральном сжатии обеспечена;
3. Прочность при центральном растяжении обеспечена;

Условия проверки полностью прошли **2** из **2** расчетных сочетаний усилий данного элемента деревянной конструкции. Всего выполнено **3** проверок, из которых **3** - успешно.

Рис. 5.36 Связь

6 Выводы

Принятая расчётная модель конструкций здания отражает действительные условия работы, отвечающие рассматриваемой расчётной ситуации. В расчёте учтены факторы, определяющие напряжённое и деформированное состояния, особенности взаимодействия конструкций между собой, пространственная работа конструкций. Учтено два варианта расчёта элементов: с жёсткой заделкой колонн (без учёта фундаментов и основания) и с учётом совместной работы конструкций здания и основания. Принят для проверки вариант с наибольшим сечением или площадью.

Усилия в элементах чердачной кровли рассчитаны с помощью программы ЭСПРИ 2020 по усилиям, полученным при расчёте в LIRA-FEM 2025 R2. Максимальный коэффициент использования не превышает 100%. Принятые сечения удовлетворяют условиям прочности и устойчивости.

Принятые конструктивные решения удовлетворяют условиям и требованиям нормативных документов (1-9).

7 Список ссылочной и нормативной литературы

1. СП РК EN 1990 «Основы проектирования несущих конструкций».
2. Национальное приложение к СП РК EN 1990 «Основы проектирования несущих конструкций».
3. СП РК EN 1991-1-1. 2002-2011 «Воздействие на несущие конструкции».
4. Национальное приложение к СП РК EN 1991-1-1. 2002-2011 «Воздействие на несущие конструкции».
5. СП РК EN 1991-1-3 «Общие воздействия. Снеговые нагрузки».
6. Национальное приложение к СП РК EN 1991-1-3 «Общие воздействия. Снеговые нагрузки».
7. СП РК EN 1991-1-4 «Общие воздействия. Ветровые воздействия».
8. Национальное приложение к СП РК EN 1991-1-4 «Общие воздействия. Ветровые воздействия».
9. СП РК 5.01-102-2013 «Основания зданий и сооружений».