ТОО «Проект Альфа Групп»

Лицензия № 08814 от 09.09.2022г.

ТОМ 4 Расчет эвакуационной лестницы ЛЭ-2

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 8

3.3 Жесткости и расчётные характеристики 17

3.3.1 Жесткости 17

4 Сбор нагрузок 35

4.1 Постоянные нагрузки 35

4.2 Нагрузку от веса грунта 39

4.3 Нагрузки от людей 40

4.4 Ветровые нагрузки 43

5 Расчёт основания фундаментов 48

5.1 Инженерно-геологические условия площадки 48

5.1.1 Глубина заложения фундамента 48

5.1.2 Определение наихудшего расчётного сочетания 51

5.2 Параметры расчёта 53

5.3 Расчёт основания 55

6 Расчётные сочетания нагрузок 65

7 Результаты расчёта 71

7.1 Протокол расчёта 71

7.2 Перемещение основных узлов 73

7.3 Расчёт железобетонных элементов здания 76

7.3.1 Подошва фундаментов 80

7.3.2 Подколонники 88

7.3.2.1 Симметричное армирование 89

7.3.2.2 Несимметричное армирование 94

7.4 Расчёт стальных элементов здания 109

8 Выводы 112

9 Список ссылочной и нормативной литературы 113

1 Введение

Настоящий расчёт принят для проверки принятых проектных решений по конструированию стальной эвакуационной лестницы ЛЭ2 в здание 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». Лестница ЛЭ3 – зеркально.

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 А1.4(С), а во второй – по Таблице А1.4(В). В общих случаях, размеры фундаментов регулируются данными Таблицы А1.2(С), а сопротивляемость – данными Таблицы А1.2(В).

2 Конструктивная схема объекта

Фундаменты – монолитные железобетонные столбчатые.

Стойки – из стальных гнутых замкнутых сварных квадратных профилей. Стойки жёстко соединены с фундаментом и шарнирно с балками покрытия и площадок.

Балки покрытия – из прокатных профилей С-образного сечения (швеллер). Балки однопролётные, шарнирно опёртые на стойки и закреплённые к стене здания.

Балки площадок, косоуры – из профилей металлопроката С-образного сечения (швеллер) и двутаврового сечения.

Связи между стойками – из стальных гнутых замкнутых сварных квадратных профилей.

В плоскости рамы устойчивость стоек обеспечивается системой связей, из плоскости рамы в запас прочности считаем стойки свободно стоящими.

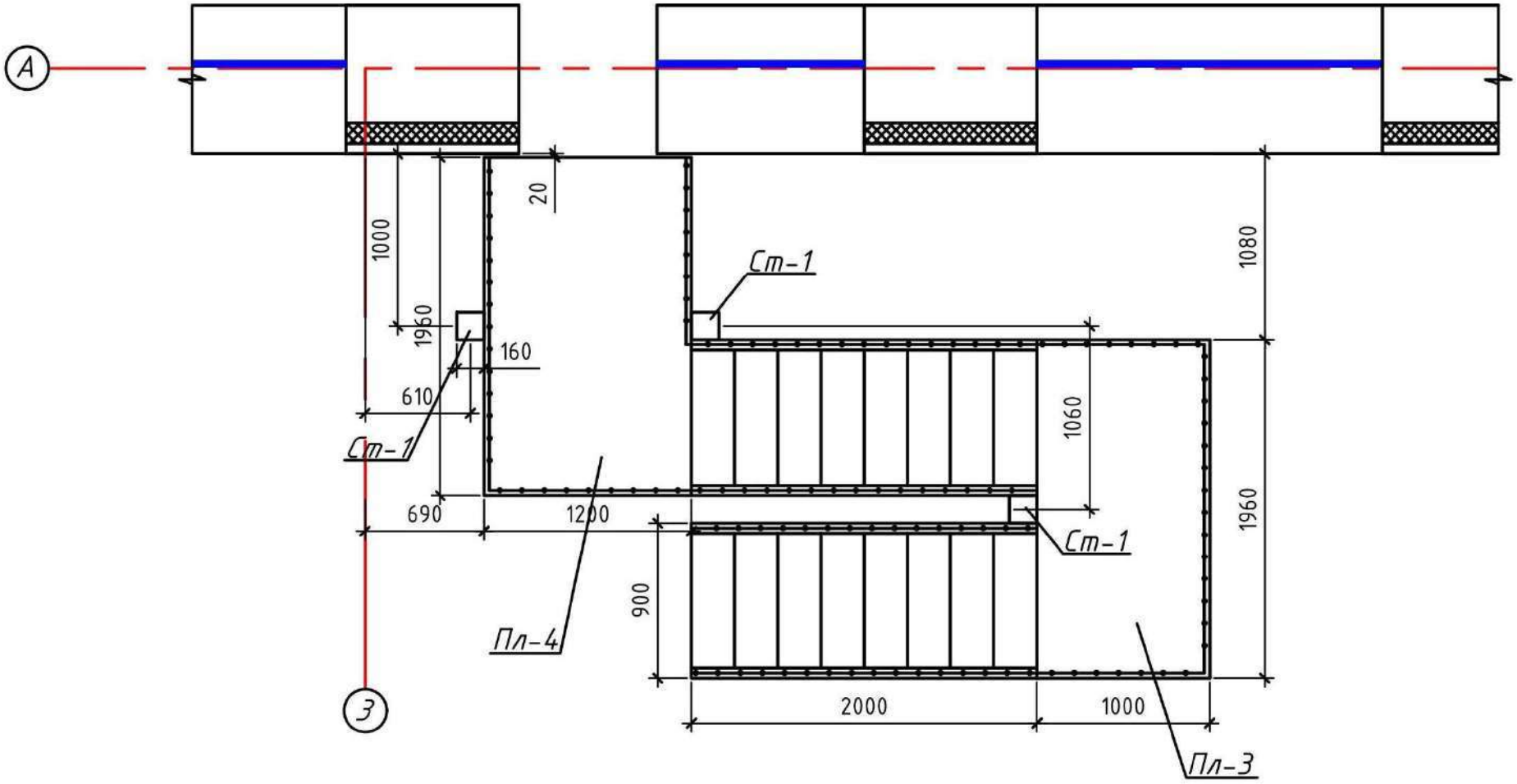

А
3
20
1000
1960
160
610
690
1200
900
2000
1000
1060
1960
1080
Ст-1
Ст-1
Ст-1
Пл-4
Пл-3

Рис. 2.1 План

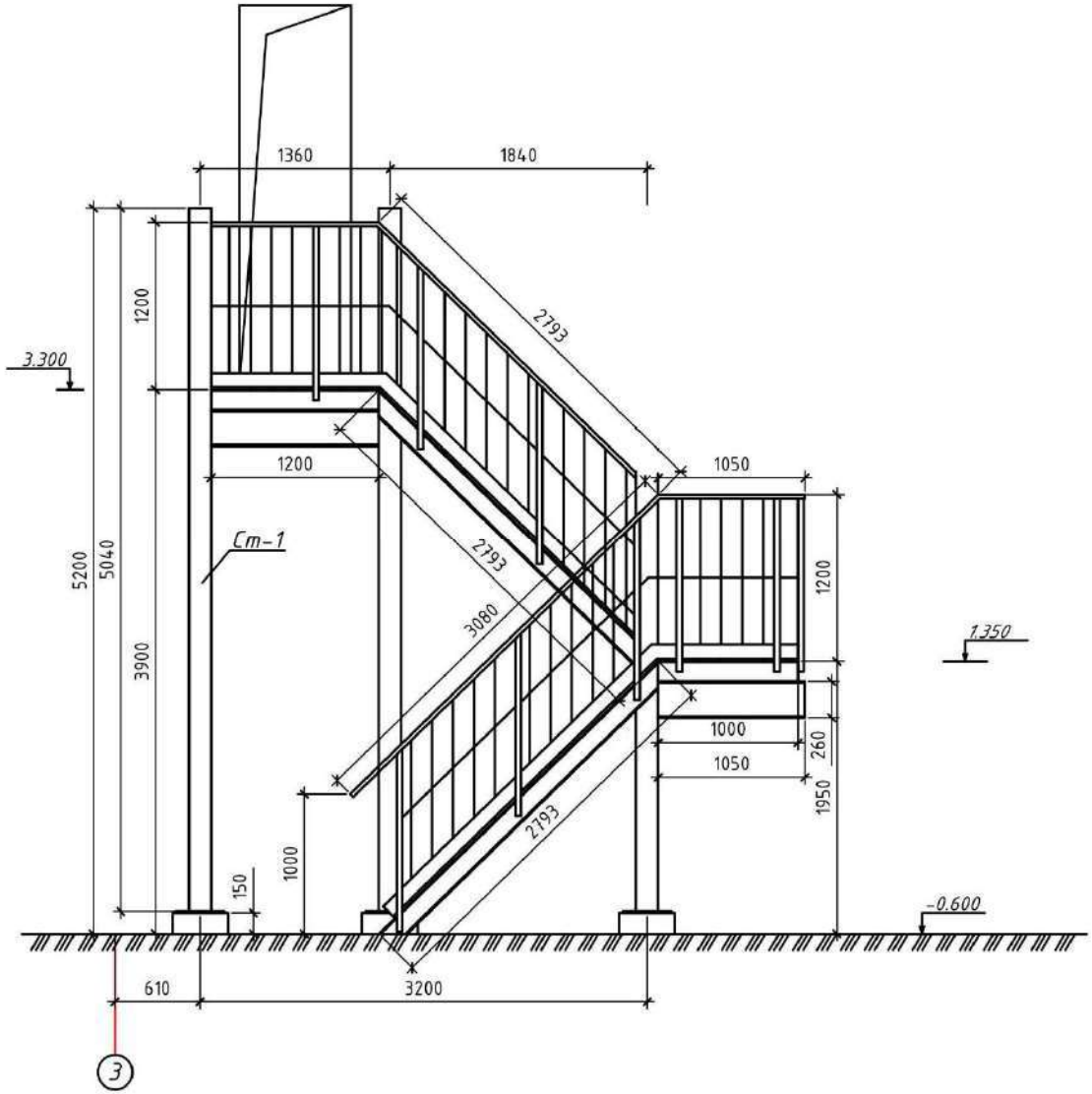


Рис. 2.2 Разрез

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.

Лестница ЛЭ2.l3d

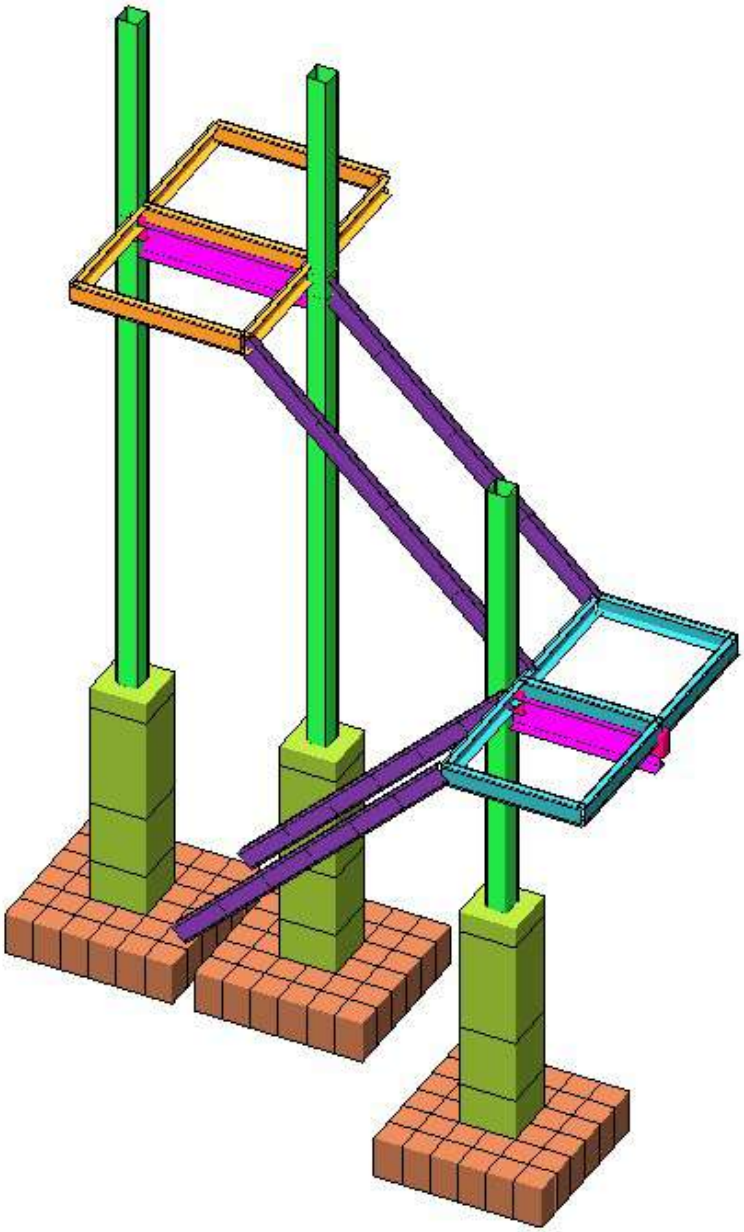
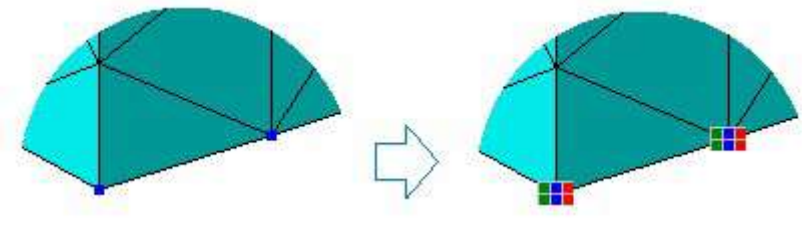


Рис. 3.1 3D вид

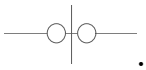
3.2 Визуализация расчётной схемы здания

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

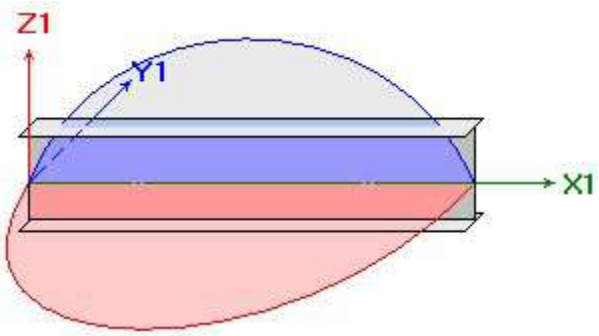
Опорные узлы представлены цветной палеткой из шести ячеек, где три верхних ячейки соответствуют X, Y. Z, а три нижних – UX, UY, UZ. Присутствие цвета в ячейке обозначает наложенную связь



.

Визуализация шарнирного соединения выполняется значком окружности на концах элемента  .

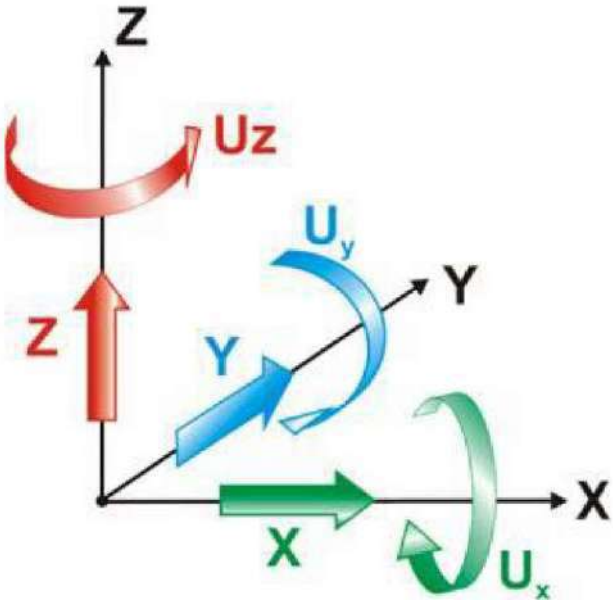
Расчётные длины элементов назначаются относительно местных осей элемента. Расчетная длина относительно оси Y1 соответствует расчету в синей плоскости, а расчетная длина относительно оси Z1 соответствует расчету в красной плоскости.



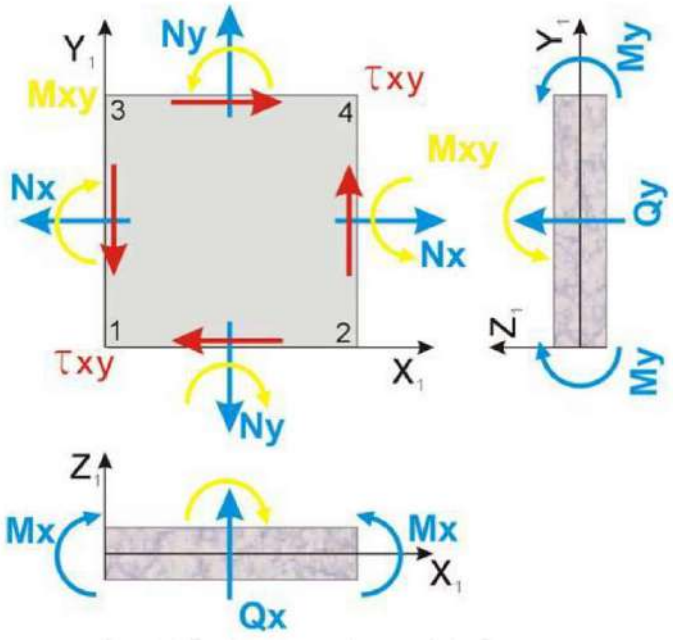
Ось выдачи результатов и армирования X элементов ростверков и плит направлена вдоль глобальной оси X.

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/L²]; моментов M_x, M_y, M_{xy} – [F·L/L]; сил Q_x, Q_y – [F/L]; давления R_z – [F/L²], где F – размерность силы L – размерность длины.

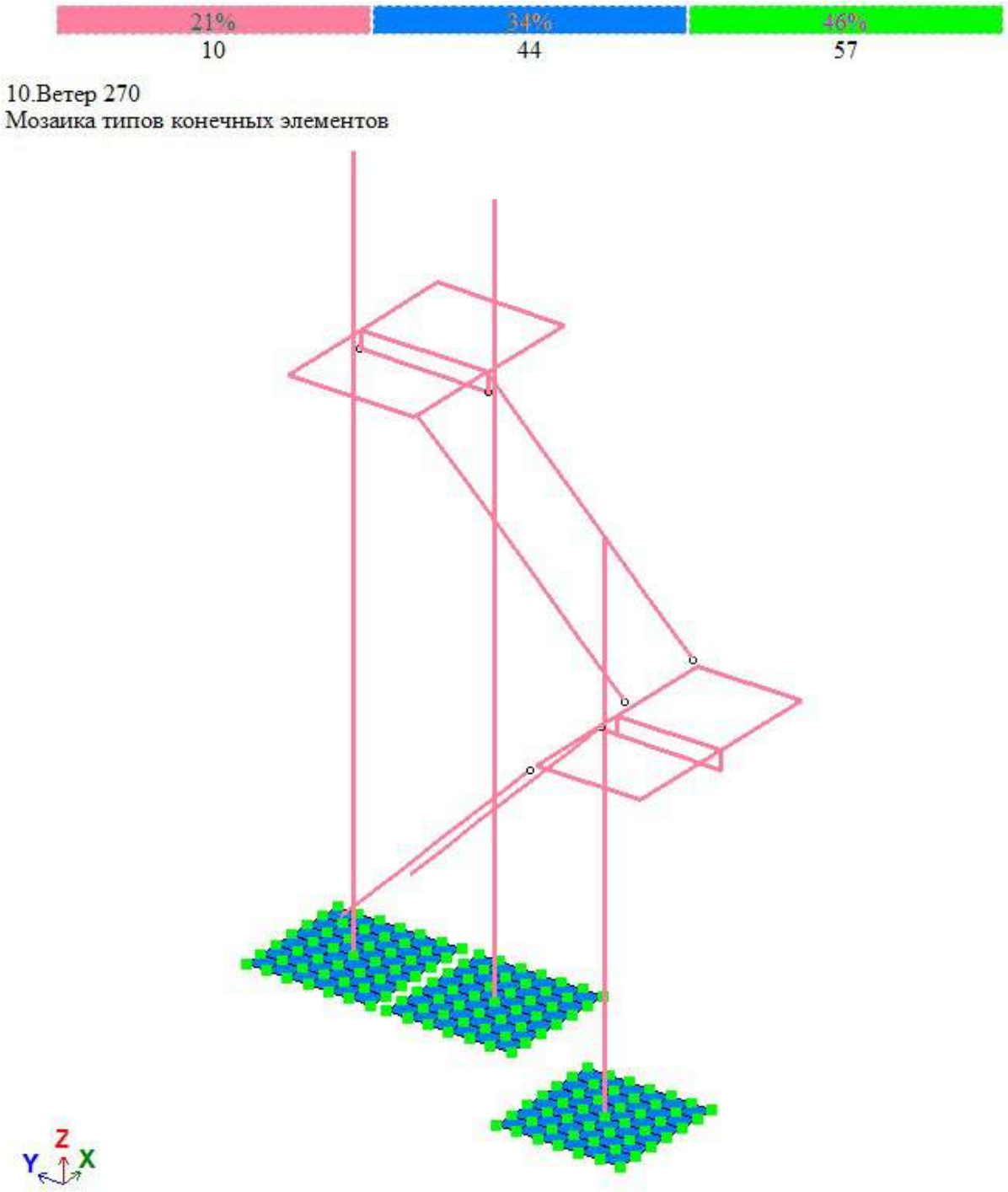


Рис. 3.2 Мозаика типов конечных элементов

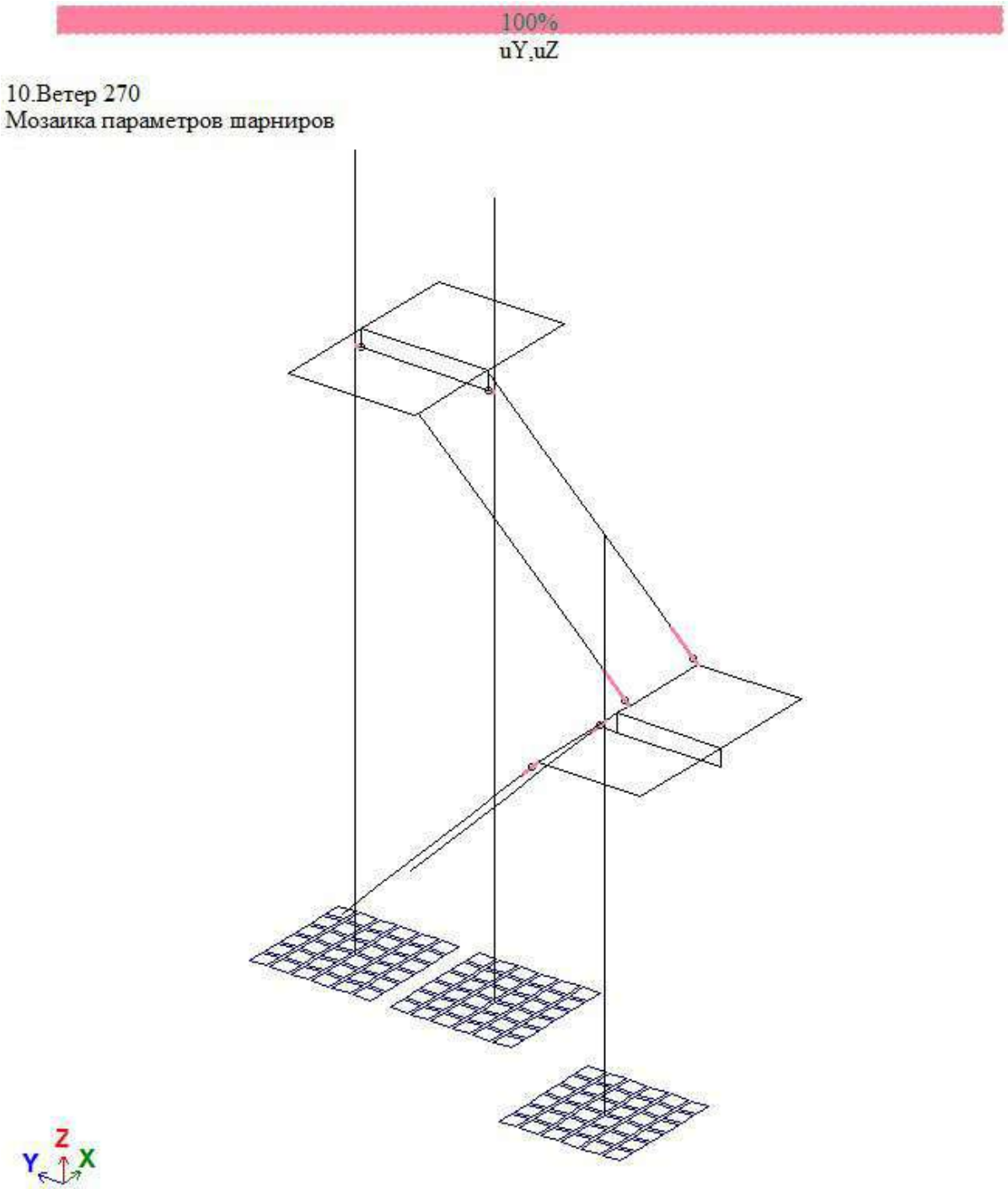


Рис. 3.3 Мозаика параметров шарниров

Рис. 3.4 Мозаика толщин пластин

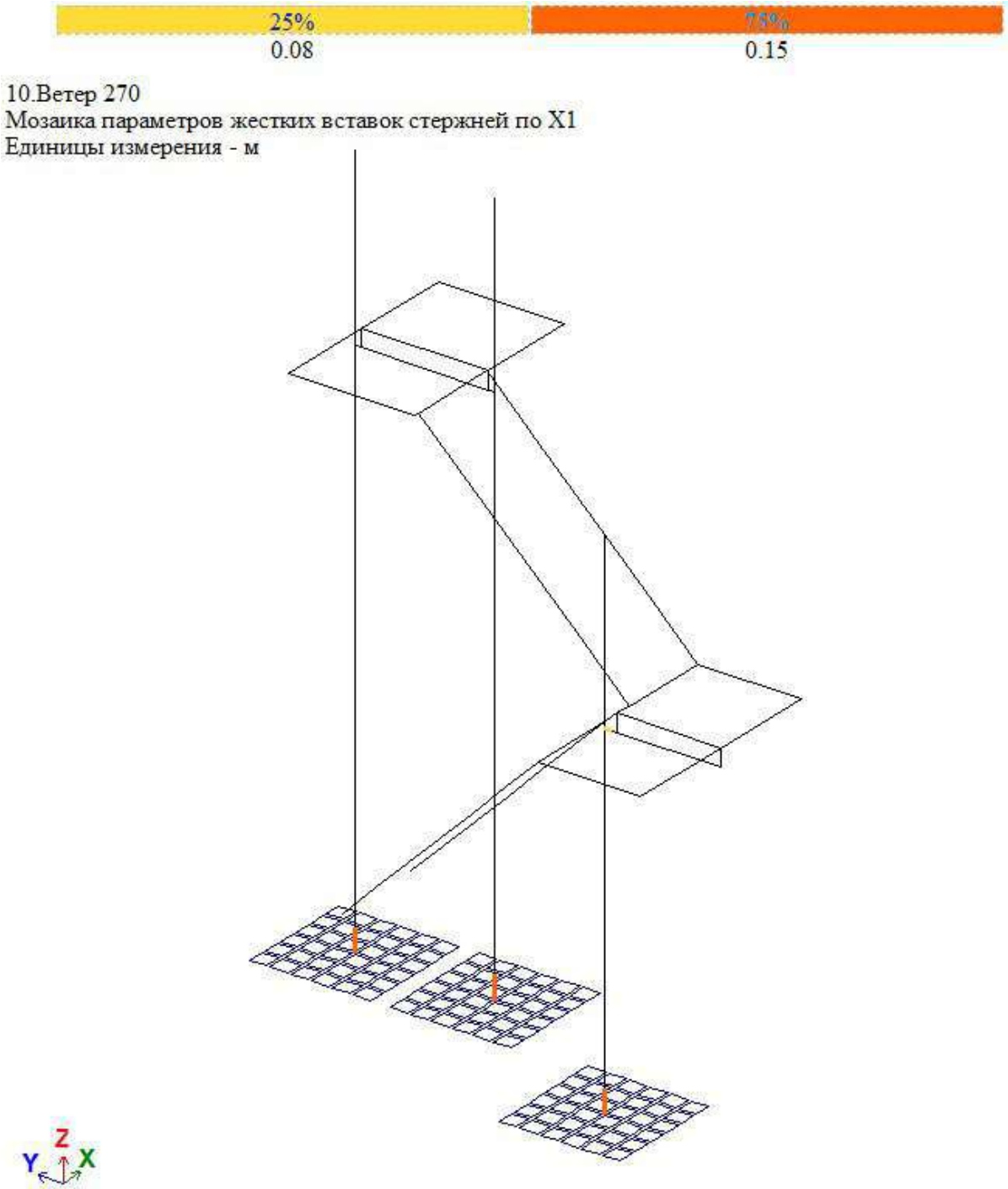


Рис. 3.5 Мозаика параметров жестких вставок стержней по X1

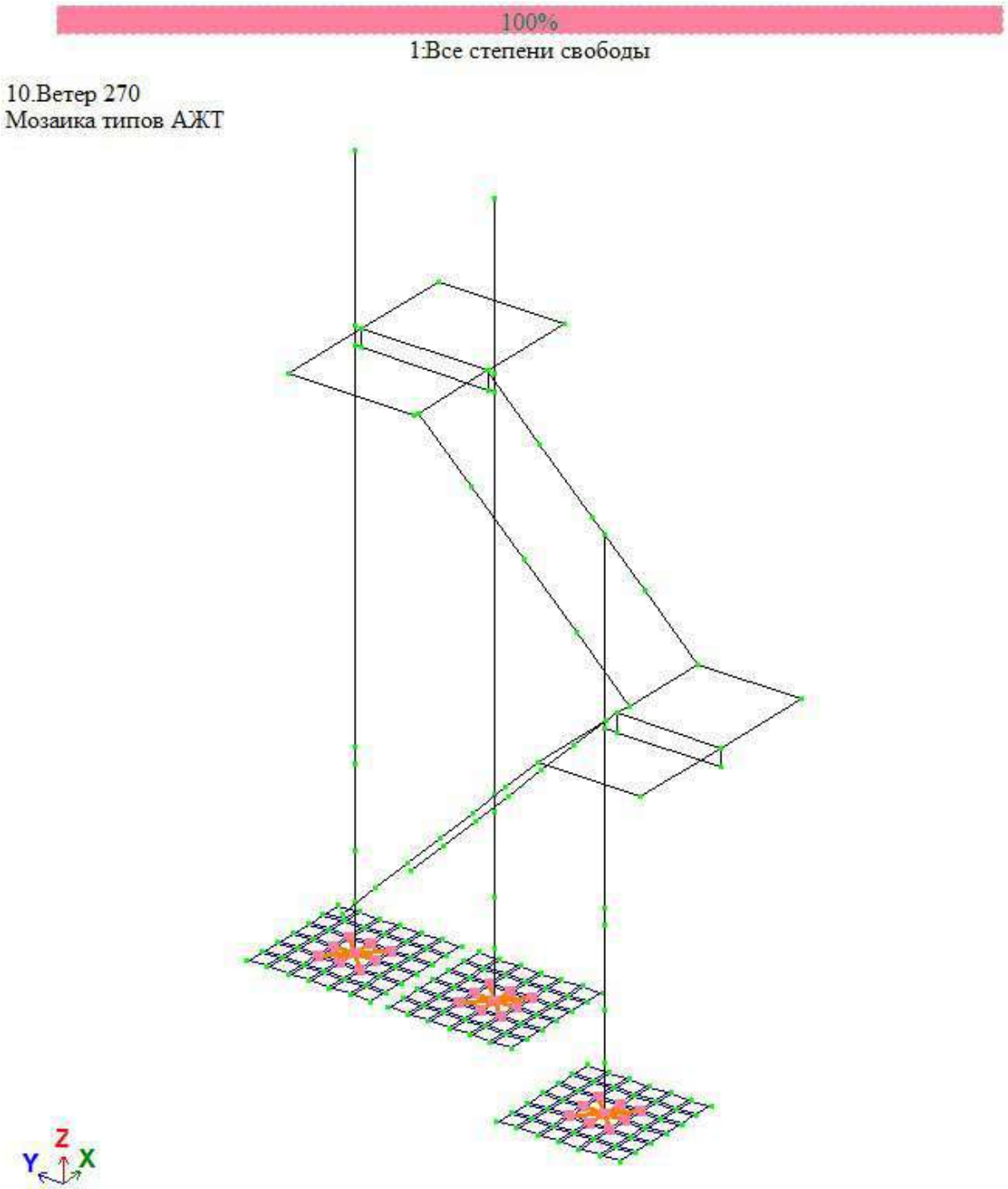


Рис. 3.6 Мозаика типов АЖТ

10.Ветер 270

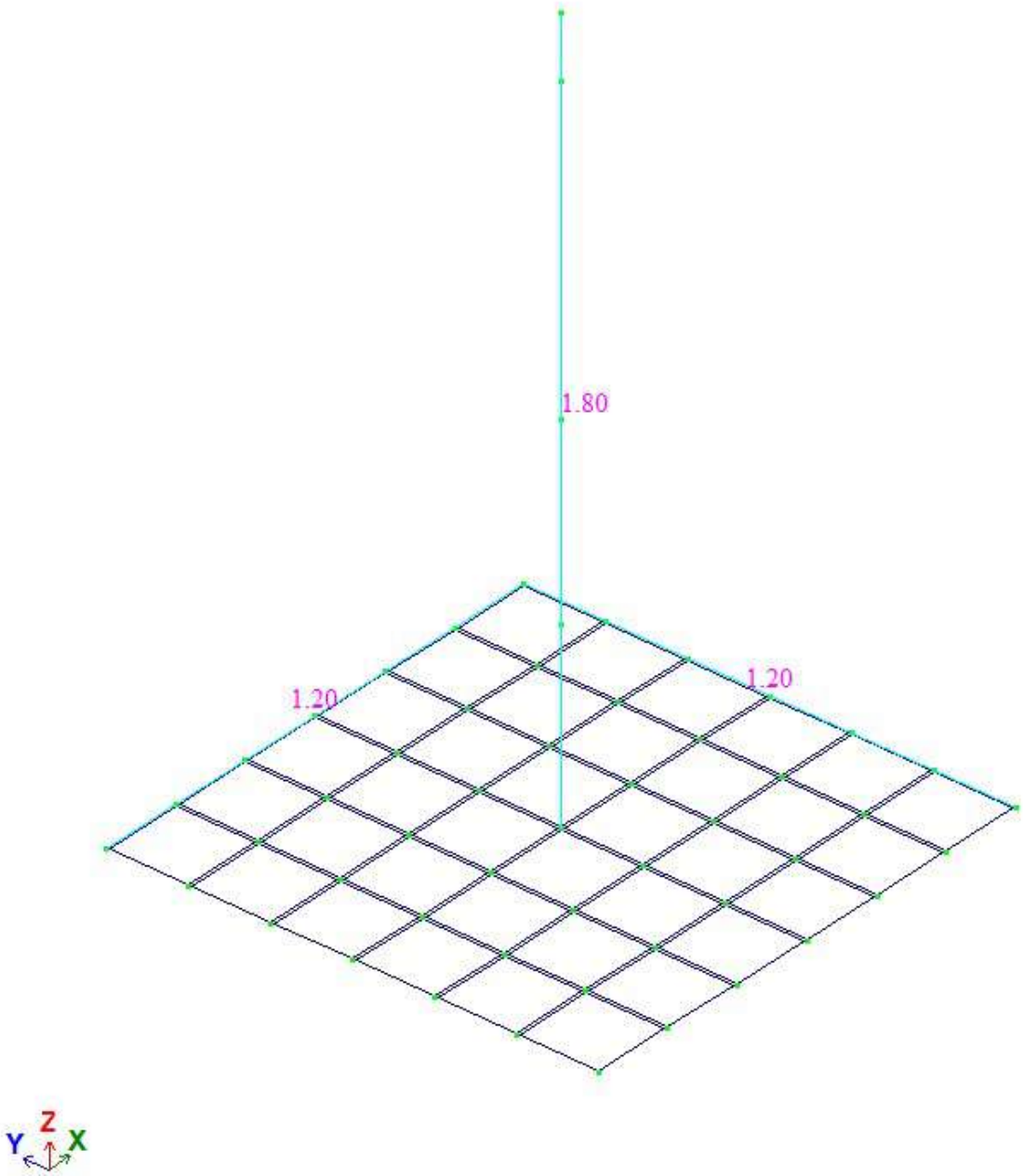


Рис. 3.7 Габаритная схема столбчатого фундамента

3.3 Жесткости и расчётные характеристики

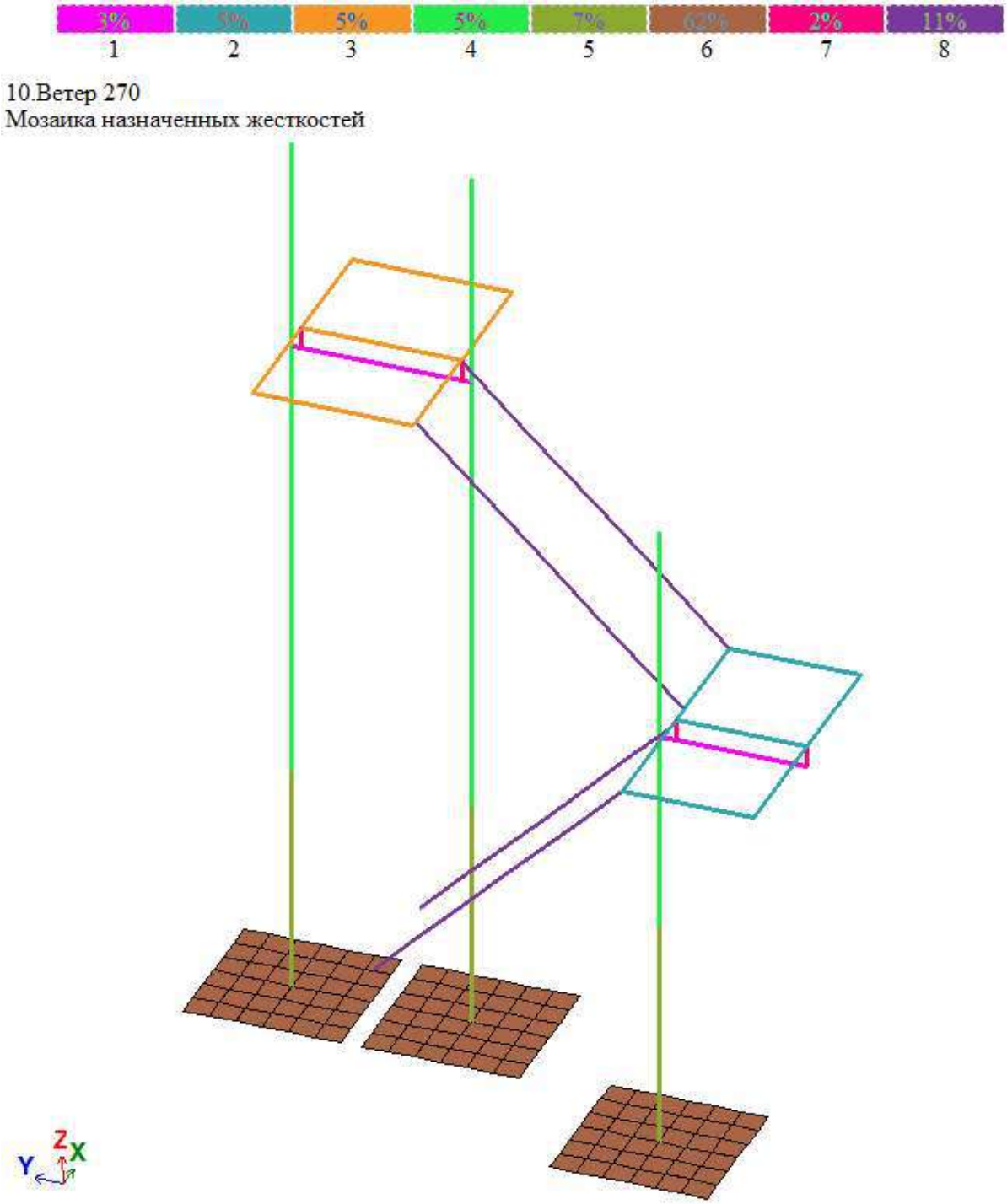


Рис. 3.8 Мозаика назначенных жесткостей

3.3.1 Жесткости

Таблица 3.1 Жесткостные характеристики

Таблица 3.1 Жесткостные характеристики. Стержни

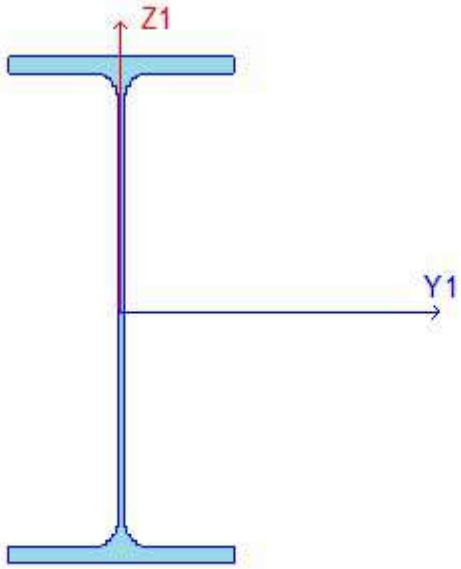
Цвет	Имя с номером	ГОСТ	Комментарий	E, кН/м2	Ro, кН/м3	V	EF, кН	EIy, кН*м2	EIz, кН*м2	GIk, кН*м2	Y1, см	Y2, см	Z1, см	Z2, см	Ru_Y, см	Ru_Z, см	q, кН/м	GFy, кН	GFz, кН
	1. Двутавр 26Б1	ГОСТ 26020-83	Балка площадки Б1	-	0.274096	0	733772	8289.44	505.936	6.46536	1.14917	1.14917	8.75738	8.75738	0	0	0.274096	145360	113632
	2. Швеллер 14	ГОСТ 8240-72	Балка площадок	-	0.120622	0	321360	1011.46	93.524	2.10127	0.704663	1.74267	4.49634	4.49634	-3.40905	0	0.120622	41306	49278.8
	3. Швеллер 14	ГОСТ 8240-72	Балка покрытия Б4	-	0.120622	0	321360	1011.46	93.524	2.10127	0.704663	1.74267	4.49634	4.49634	-3.40905	0	0.120622	41306	49278.8
	4. Прямоугольная труба 160 х 8	ГОСТ 30245-2012	Стойка Ст-1	-	0.35755	0	956664	3584.4	3584.4	2264.2	4.68346	4.68346	4.68346	4.68346	0	0	0.35755	161367	161367
	5. Брус 40 Х 40 (Подколонник)	-	Подколонник	3.00083e+07	24.5166	0.2	4.80133e+06	64017.7	64017.7	44812.4	6.66667	6.66667	6.66667	6.66667	0	0	3.92266	1.66713e+06	1.66713e+06
	7. КЭ 10 численное (Связь	-	Связь между узлами,	-	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	ГОСТ	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
	между узлами, близкая по жесткости к АЖТ)		близкая по жесткости к АЖТ																
	8. Швеллер 14	ГОСТ 8240-72	Косоур	-	0.120622	0	321360	1011.46	93.524	2.10127	0.704663	1.74267	4.49634	4.49634	-3.40905	0	0.120622	41306	49278.8

Таблица 3.1 Жесткостные характеристики. Пластины

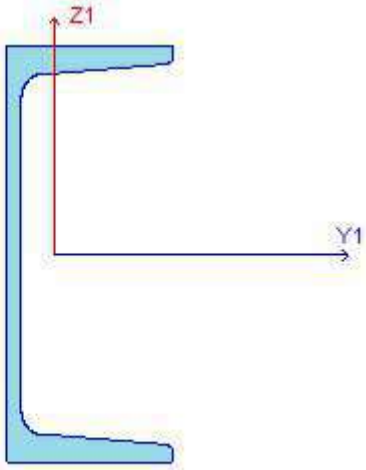
Цвет	Имя с номером	Комментарий	E(E1), кН/м2	Ro, кН/м3	V(V12)	E2, кН/м2	V21	G(G12), кН/м2	H, см
	6. Пластина H 30 (Подошва фундамента)	Подошва фундамента	2.69683e+07	24.5166	0.2	0	0	0	30



Размеры профиля для справки, см

	Двутавр
Профиль	26Б1
H	25.8
Bf	12
Tw	0.58
Tf	0.85
R	1.2

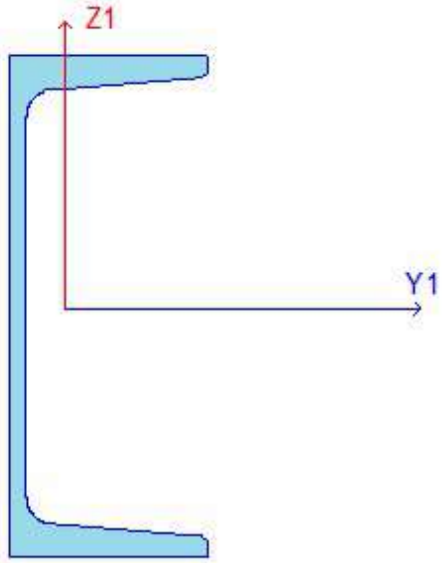
Рис. 3.9 Жесткость 1 «1. Двутавр 26Б1»



Размеры профиля для справки, см

	Швеллер
Профиль	14
H	14
Bf	5.8
Tw	0.49
Tf	0.81
R	0.8
r	0.3
Угол наклона внутренних граней полок	7%

Рис. 3.10 Жесткость 2 «2. Швеллер 14»



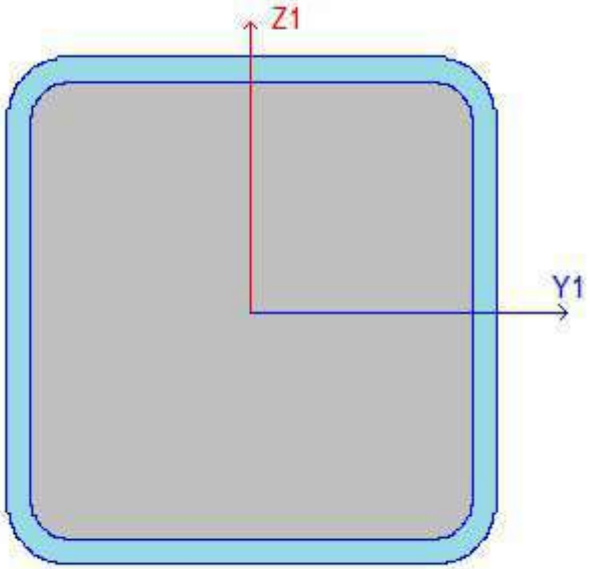
Размеры профиля для справки, см

	Швеллер
Профиль	14
H	14
Bf	5.8
Tw	0.49
Tf	0.81
R	0.8
r	0.3

Угол наклона внутренних граней поло

7%

Рис. 3.11 Жесткость 3 «3. Швеллер 14»



Размеры профиля для справки, см

	Прямоугольная труба
Профиль	160 x 8
H	16
Tw	0.8
R	1.2

Рис. 3.12 Жесткость 4 «4. Прямоугольная труба 160 x 8»

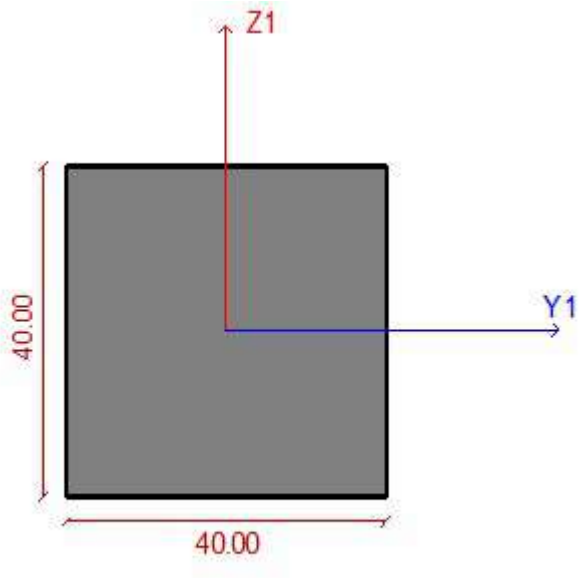


Рис. 3.13 Жесткость 5 «Брус 40 Х 40»

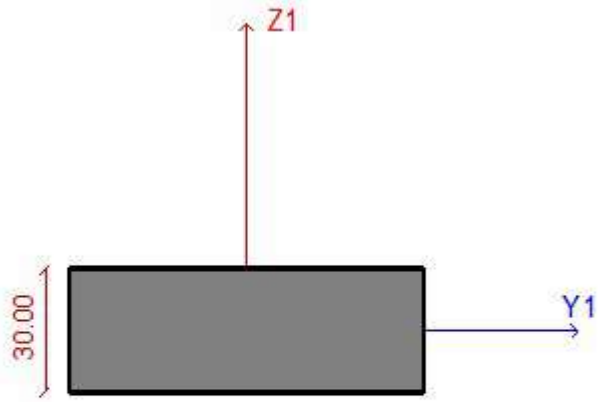
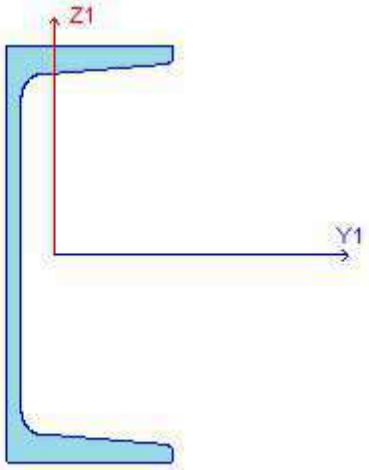


Рис. 3.14 Жесткость 6 «Пластина Н 30»



Размеры профиля для справки, см

	Швеллер
Профиль	14
H	14
Bf	5.8
Tw	0.49
Tf	0.81
R	0.8
r	0.3
Угол наклона внутренних граней полок	7%

Рис. 3.15 Жесткость 8 «8. Швеллер 14»

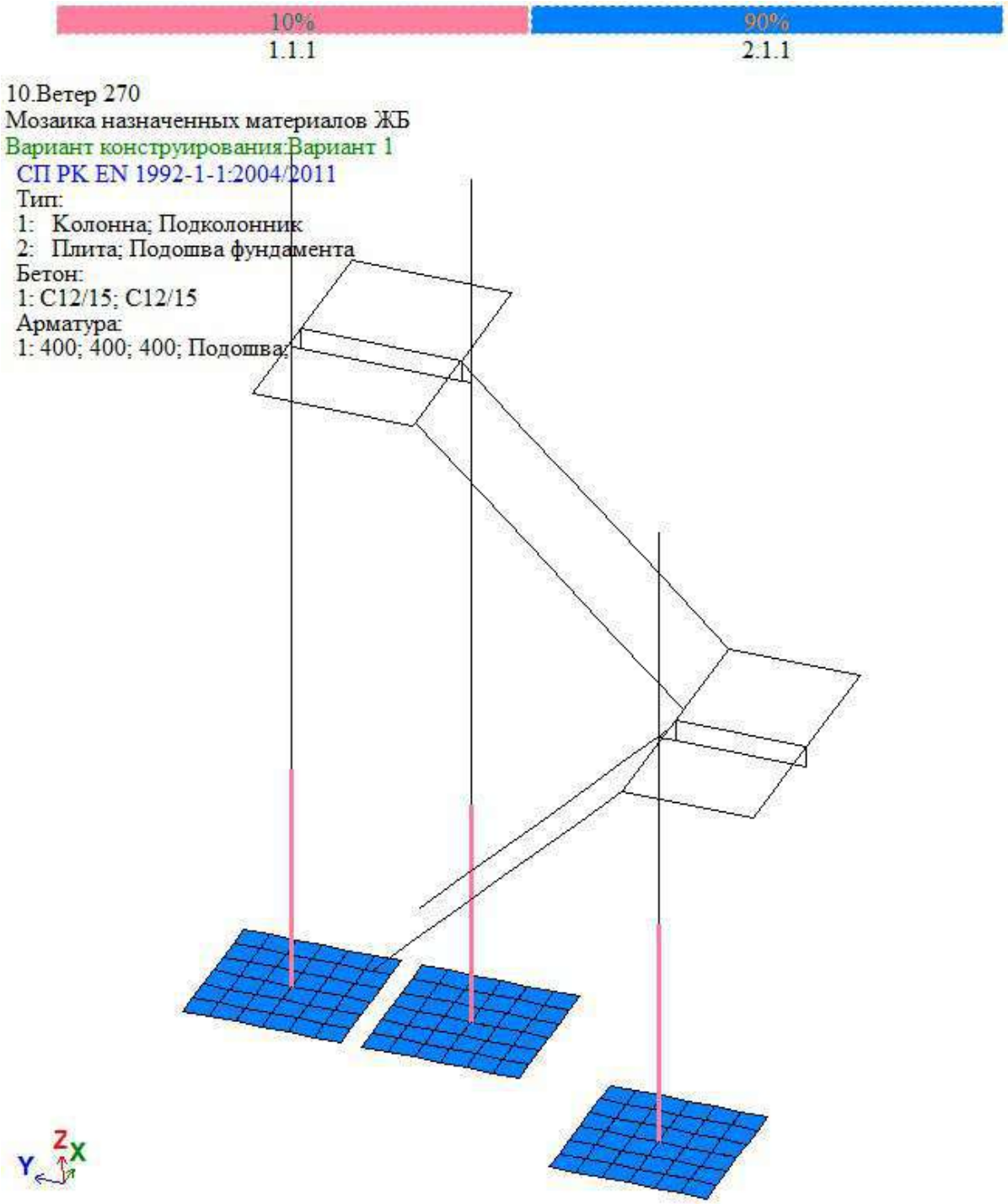


Рис. 3.16 Мозаика назначенных материалов ЖБ

Таблица 3.2 Железобетон [Вариант 1] (01)

Вариант конструирования: Вариант 1

Нормы расчета: СП РК EN 1992-1-1:2004/2011

Таблица 3.2 Железобетон [Вариант 1] (01). Стержень

#	Название	Вид расчета	II пред.сост.	Трещина продол., мм	Трещина непродол., мм	Шаг/Диаметр	Значение, мм	Макс. %% арм.	Точн.предв.расч. в %%	Точн.осн.расч. в %%	Система	Симметрия	Ц.т. низ, см	Ц.т. верх, см	Ц.т. бок, см	Длина, м	Расч.дл./Коэф.	LY, м	LZ, м	Учет констр.треб.	Выдел. угл.стержней	Бок.арм. в полке	У.4.29
1	Подколонник	Колонна	+	0.30	0.40	Д	25.00	10.000	20.00	1.00	СНО. Статически неопределимая	Симметричное и несимметричное	6.00	6.00	3.00	1.80	КРД	2.00	2.00	+	+	-	-

Таблица 3.2 Железобетон [Вариант 1] (01). Пластина

#	Название	Вид расчета	II пред. сост.	Трещина продол., мм	Трещина непродол., мм	Шаг/Диаметр	Значение, мм	Макс. %% арм.	Точн.предв.расч. в %%	Точн.осн.расч. в %%	Система	Арм. по Ву ду	Х ц.т. низ, см	Х ц.т. верх, см	Y ц.т. низ, см	Y ц.т. верх, см	Попер.арм. на 1 кв.м.	Учет расч.высоты стены	Высота стены, м	Расч.высота стены, м	Мин. %% арм.
2	Подошва фундамента	Стена	+	0.30	0.40	Д	25.00	10.000	20.00	1.00	СНО. Статически неопределимая	+	5.00	5.00	6.60	6.60	+	-	1.00	0.00	0.050

Таблица 3.2 Железобетон [Вариант 1] (01). Бетон

#	Название	Класс	f_ck, кН/м2	f_ctk_005, кН/м2	E_cm, кН/м2	Вид	Марка легк. бетона	Диаграмма	Отн.влаж.возд., %%	Acc	Act	G_c	Eta	Учет точн.сеч.	SEY, см	SEZ, см	f_ck_cube, кН/м2	f_cm, кН/м2	f_ctm, кН/м2	f_ctk_095, кН/м2	Eps_c1 (*1000), кН/м2	Eps_cu1 (*1000), кН/м2	Eps_c2 (*1000), кН/м2	Eps_cu2 (*1000), кН/м2	Eps_c3 (*1000), кН/м2	Eps_cu3 (*1000), кН/м2	n, кН/м2
1	C12/15	C12/15	117.68	10.79	264779.55	тяжелый	1000	билинейная зависимость напряжение-	80.00	0.85	1.00	1.50	1.00	1	0.00	0.00	147.10	196.13	15.69	19.61	0.02	0.03	0.02	0.03	0.02	0.03	19.61

Таблица 3.2 Железобетон [Вариант 1] (01). Бетон

#	Название	Класс	f_ck, кН/м2	f_ctk_005, кН/м2	E_cm, кН/м2	Вид	Марка легк. бетона	Диаграмма	Отн.влаж.возд., % %	Acc	Act	G_c	Eta	Учет точн.сеч.	SEY, см	SEZ, см	f_ck_cube, кН/м2	f_cm, кН/м2	f_ctm, кН/м2	f_ctk_095, кН/м2	Eps_c1 (*1000), кН/м2	Eps_cu1 (*1000), кН/м2	Eps_c2 (*1000), кН/м2	Eps_cu2 (*1000), кН/м2	Eps_c3 (*1000), кН/м2	Eps_cu3 (*1000), кН/м2	n, кН/м2
								деформация бетона																			

Таблица 3.2 Железобетон [Вариант 1] (01). Арматура

#	Название	Rx	Вид прод.арм.	fyd, кН/м2	fywd, кН/м2	Epsilon_uk, %	Rt	Вид попер.арм.	fydt, кН/м2	fywdt, кН/м2	kt	Epsilon_ukt	Вид арм.каркаса	Dmax, мм	Кол.арм.стерж.	fyk, кН/м2	Gamma_s прод.	ftk, кН/м2	Esx, кН/м2	fykt, кН/м2	Gamma_s попер.	ftkt, кН/м2	Est, кН/м2	k
1	Подошва	C400d=6...40	Стержни из бухт	3411.01	2728.81	7.50	C400d=6...40	Стержни из бухт	3411.01	2728.81	1.15	7.50	Вязаный каркас	32.00	1	3922.66	1.15	4511.06	1961330.00	3922.66	1.15	4511.06	1961330.00	1.15

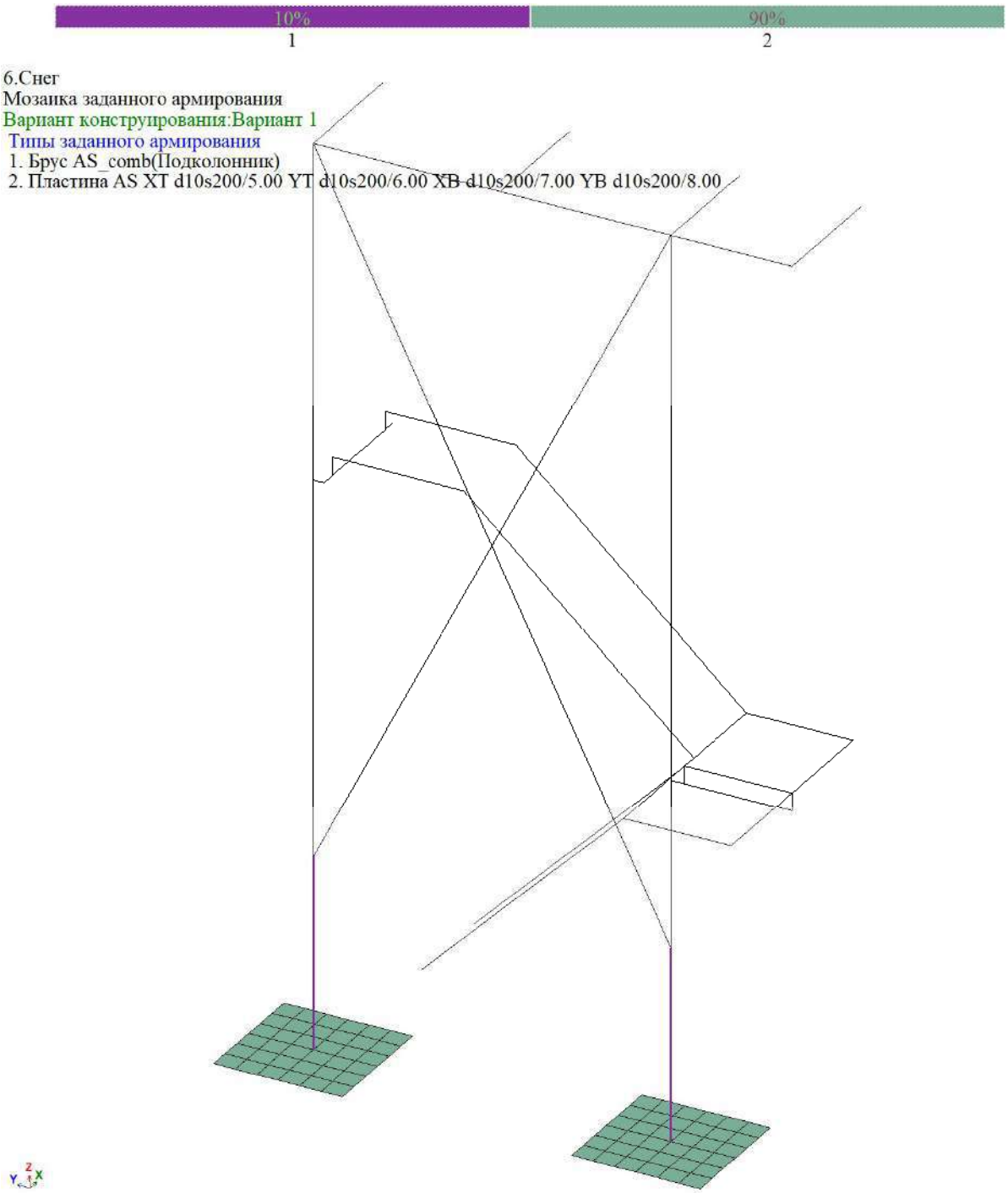


Рис. 3.17 Мозаика заданного армирования

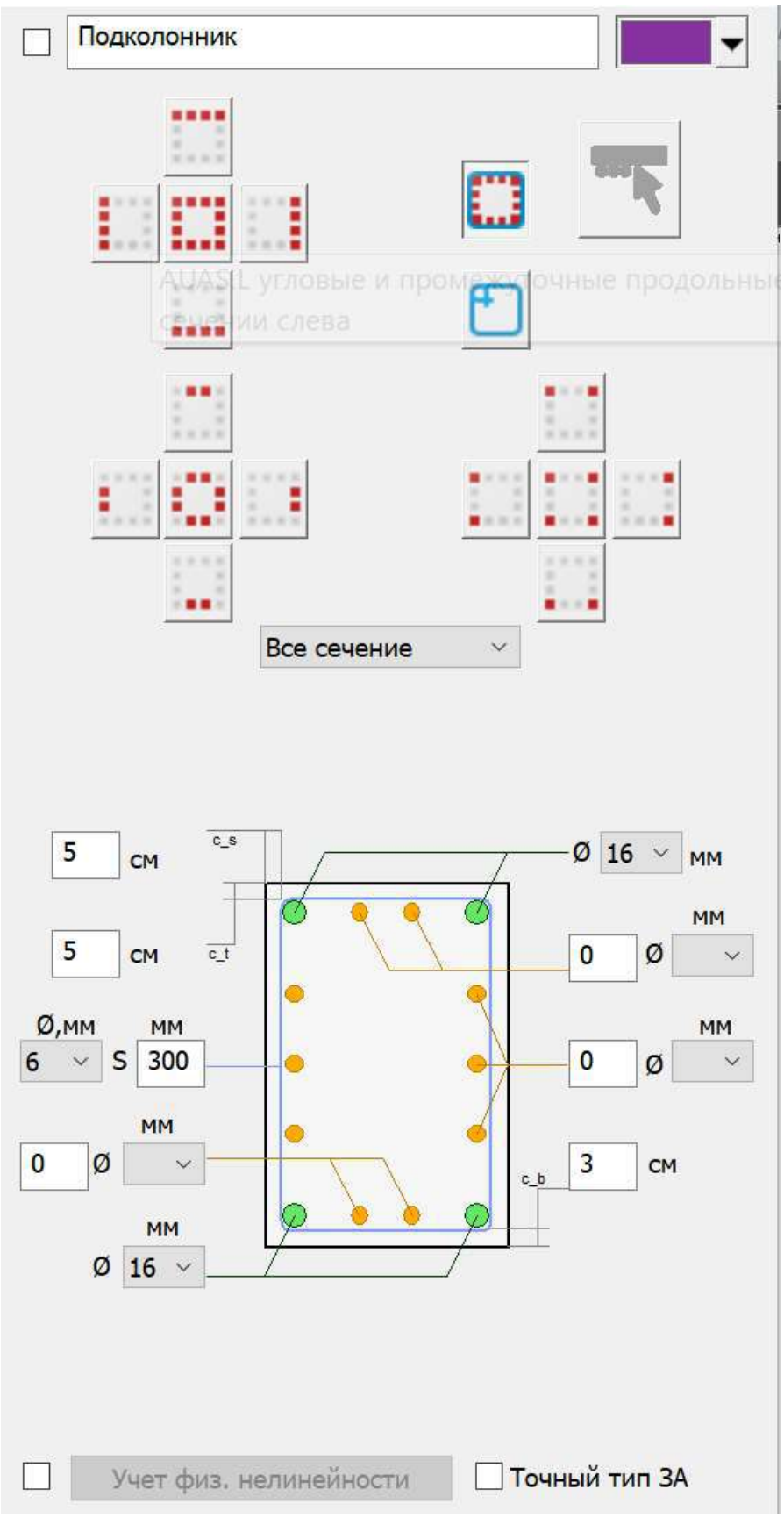

Подколонник
Все сечение
5 см
5 см
c_s
c_t
Ø,мм
6
S
мм
300
0
Ø
мм
Ø
16
мм
Ø
16
мм
0
Ø
мм
0
Ø
мм
3
см
c_b
Учет физ. нелинейности
Точный тип ЗА

Рис. 3.18 ТЗА1

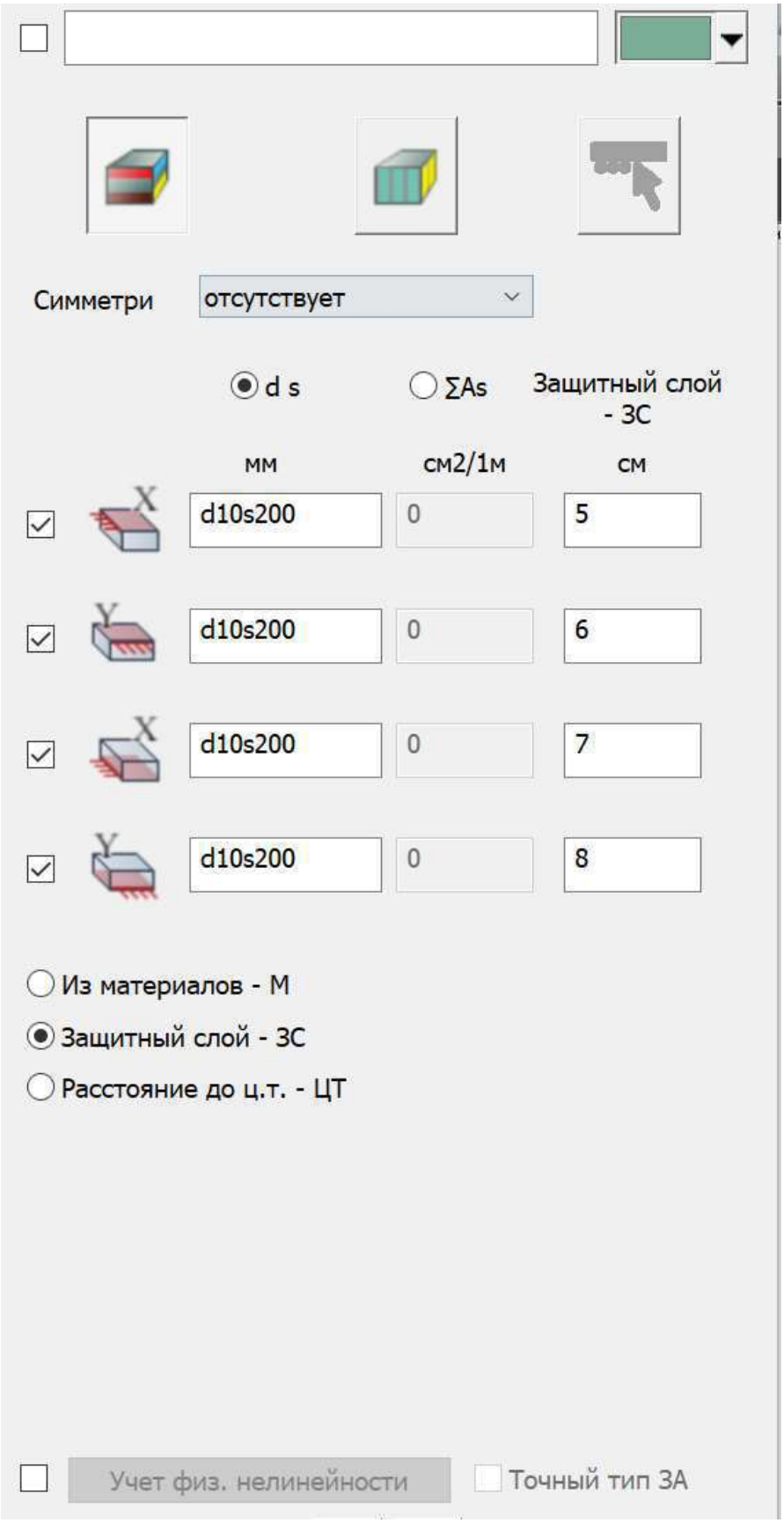

Симметри
отсутствует
d s
ΣAs
Защитный слой - ЗС
мм
см2/1м
см
d10s200
0
5
d10s200
0
6
d10s200
0
7
d10s200
0
8
Из материалов - М
Защитный слой - ЗС
Расстояние до ц.т. - ЦТ
Учет физ. нелинейности
Точный тип ЗА

Рис. 3.19 ТЗА2

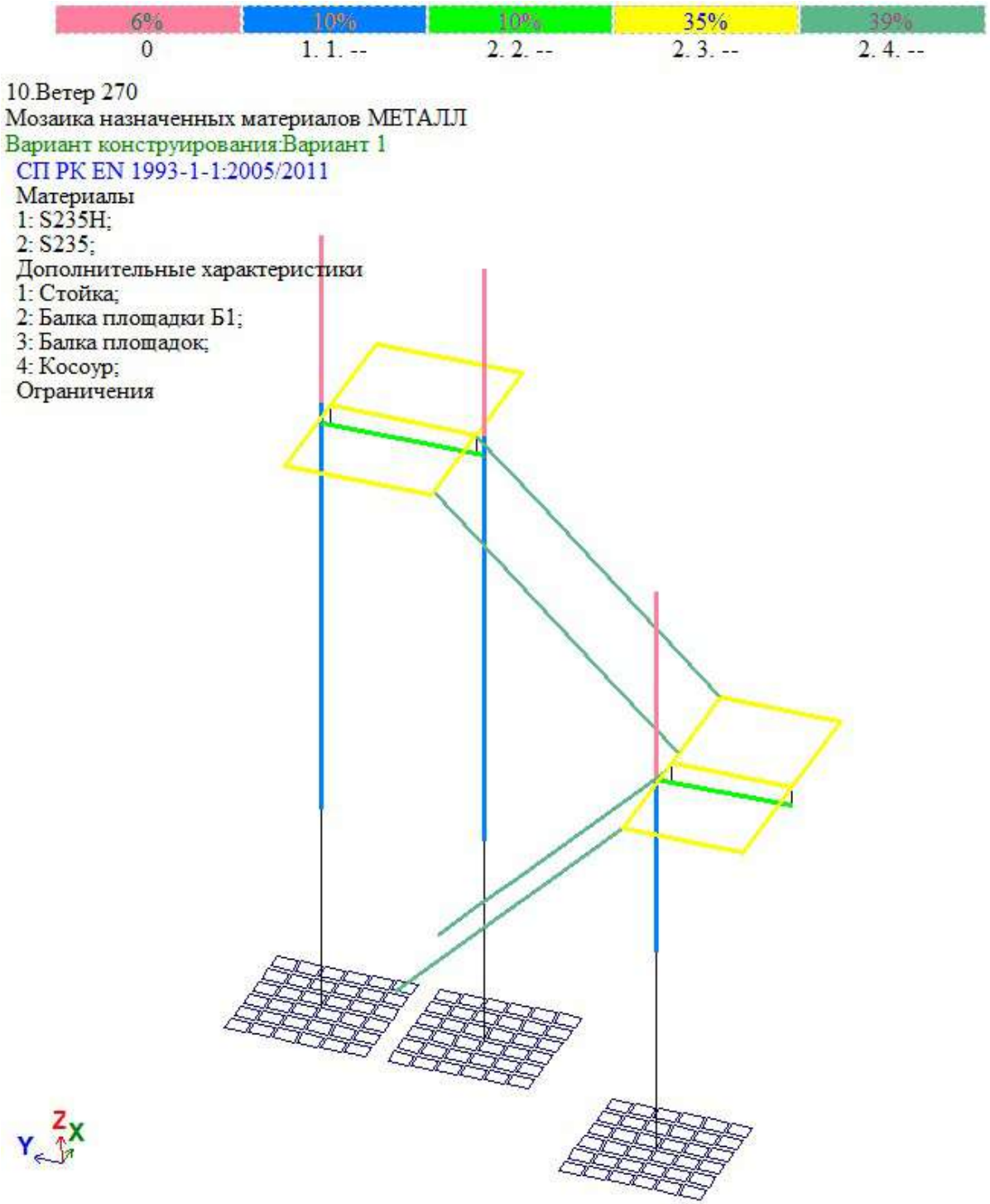


Рис. 3.20 Мозаика назначенных материалов МЕТАЛЛ

Таблица 3.3 Металл

Вариант конструирования: Вариант 1
Нормы расчета: СП РК EN 1993-1-1:2005/2011
ВП - Нагрузка к верхнему поясу
НП - Нагрузка к нижнему поясу

Таблица 3.3 Металл . Материал

Номер	Комментарий	Набор параметров	Компонент	Материал	Таблица материалов	Сокращенный сортамент
1	S235H	Точное соответствие	Сечение	S 235 H	Сталь, труба (ДСТУ-Н Б EN 1993-1-1:2010) <c:\users\public\documents\liraland\database\dstu_n_b_en_1993-1-1_10219.steels.srt>	Нет
2	S235	Точное соответствие	Сечение	S 235	Сталь (ДСТУ-Н Б EN 1993-1-1:2010) <c:\users\public\documents\liraland\database\dstu_n_b_en_1993-1-1.steels.srt>	Нет

Таблица 3.3 Металл . Дополнительные характеристики

Номер	Комментарий	Тип	Ym 0	Ym 1	Ym 2	Lef z, м	Lef y, м	Kz	Ky	B(Y1| Z1)	Ky ltb	Kz ltb	Kw ltb	L, м	f/L	Ребра	Нагрузки на балку
1	Стойка	Колонна	1.00	1.00	1.25	-	-	2.00	2.00	1	1.00	1.00	1.00	-	-	-	-
2	Балка площадки Б1	Балка	1.00	1.00	1.25	0.00	0.00	-	-	-	1.00	1.00	1.00	Авто	1/300	Нет	ВП
3	Балка площадок	Балка	1.00	1.00	1.25	0.00	0.00	-	-	-	1.00	1.00	1.00	Авто	1/200	Нет	ВП
4	Косоур	Балка	1.00	1.00	1.25	0.00	0.00	-	-	-	1.00	1.00	1.00	Авто	1/200	Нет	ВП

При расчёте использованы стали указанные в Таблица 3.1а — Номинальные значения основного предела текучести f_{yb} и временного сопротивления f_{ub}

Тип стали	**Стандарт**	**Марка**	f_{yb} Н/мм^2	f_{ub} Н/мм^2
Горячекатаные изделия из нелегированных конструкционных сталей. Часть 2. Технические условия поставки нелегированных конструкционных сталей	EN 10025. Часть 2	S235 S275 S355	235 275 355	360 430 510

При выполнении рабочих чертежей марки КМ и КМД стали профилей могут быть приняты других марок с показателями большим или равным приведённым.

Так же при выполнении чертежей КМ необходимо использовать таблицу НП.2* и НП.3*, НП к СП РК EN 1993-1-1:2005/2011* «Проектирование стальных конструкций. Часть 1-1. Общие правила и правила для зданий».

Таблица НП.2* - Механические свойства листового и широкополосного универсального проката и заготовок для гнутых профилей по EN 1993-1-1 и ГОСТ 27772

(Изм.ред. – Приказ КДСиЖКХ от 12.02.2020 г. №37-НК).

Наименование стали		Толщина, мм	Механические свойства, не менее											
			Предел текчси Н/мм	Врменное сопротивление Н/мм	Относительное удлинение, %	Ударная вязкость, Дж/см								
						KCU			KCV				KCU после механического старения
EN 10025-2	ГОСТ 27772					при температуре, °С							
			Не менее			-20	-40	-70	0	-20	-40	-60	+20
См.п.5	С235	от 2,0 до 3,9	235	360 360	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		4,0	235		-				-	-	-	-	-
S235	С245	от 2,0 до 3,9	245	370 370	20				-	-	-	-	-
		от 4,0 до 30,0	235		24	29	-	-	34	-	-	-	29
	С255	от 2,0 до 3,9	255	380	20	-	-	-	-	-	-	-	-
		от 4,0 до 10,0	245	380	25	29	29	-	34	34	-	-	29
		от 10,0 до 20,0	245	370	25	29	29	-	34	34	-	-	29
		от 20,0 до 40,0	235	370	25	29	29	-	34	34	-	-	29
S275	С345	от 2,0 до 3,9	345	490	21	-	-	-	-	-	-	-	-
		от 4,0 до 10,0	345	490	21	-	39	34	-	34	34	-	29
		от 10,0 до 20,0	325	470	21	-	34	29	-	34	34	-	29
		от 20,0 до 40,0	305	460	21	-	34	29	-	34	34	-	29
		от 40,0 до 60,0	285	450	21	-	34	29	-	34	34	-	29
		от 60,0 до 80,0	275	440	21	-	34	29	-	34	34	-	29
S235		от 80,0 до 160	265	430	21	-	34	29	-	34	34	-	29
S275	С345К	от 4,0 до 10,0	345	470	20	-	39	-	-	-	-	-	-
S355	С355	от 8,0 до 16,0	355	470	21	-	-	-	-	34	34	-	-
S275		от 16,0 до 40,0	345	470	21	-	-	-	-	34	34	-	-
		от 40,0 до 60,0	335	470	21	-	-	-	-	34	34	-	-
		от 60,0 до 80,0	325	460	21	-	-	-	-	34	34	-	-

		от 80,0 до 100	315	460	21	-	-	-	-	34	34	-	-
		от 100 до 160	295	460	21	-	-	-	-	34	34	-	-
S355	С355-1	от 8,0 до 16,0	355	470	21	-	34	34	-	34	34	-	-
S275		от 16,0 до 40,0	345	470	21	-	34	34	-	34	34	-	-
		от 40,0 до 50,0	335	470	21	-	34	34	-	34	34	-	-
S355	С355К	от 8,0 до 16,0	355	470	21	-	34	34	-	34	34	-	-
S275		от 16,0 до 40,0	345	470	21	-	34	34	-	34	34	-	-
		от 40,0 до 50,0	335	470	21	-	34	34	-	34	34	-	-
S355	С355П	от 8,0 до 16,0	355	470	21	-	-	-	-	34	34	-	-
S275		от 16,0 до 40,0	345	470	21	-	-	-	-	34	34	-	-
S355	С390-1	от 8,0 до 50,0	390	520	20	-	-	-	-	-	34	34	-
S355	С390	от 8,0 до 50,0	390	520	20	-	-	-	-	-	34	29	-
S450	С440	от 8,0 до 50,0	440	540	20	-	-	-	-	-	66	66	-
	С550	от 8,0 до 50,0	540	640	17	-	-	-	-	-	66	66	-
	С590	от 8,0 до 40,0	590	685	14	-	-	-	-	-	66	66	-

Примечания

1 Максимальное значение временного сопротивления для проката из стали С390, С390-1, С440, С550, С590 не должно превышать установленные нормы более чем на 160 Н/мм.

2 Знак "-" означает, что показатель не нормируется.

3 Относительное удлинение листового проката толщиной от 2,0 мм до 2,8 мм включительно из стали С235 должно быть не менее 28%, С245 - не менее 26%, С255 - не менее 25%.

4 Для стали С355П предел текучести при температуре 600°С должен быть не менее 200 Н/мм, временное сопротивление не менее 240 Н/мм

5 Вспомогательные конструкции зданий и сооружений (связи, кроме вертикальных связей по колоннам с напряжением в связях свыше $0{,}4f_y$; элементы фахверка; лестницы; трапы; площадки; ограждения; металлоконструкции кабельных каналов; второстепенные элементы сооружений и т.п.), а также конструкции и их элементы группы 3 при отсутствии сварных соединений.

Марку стали С235 по ГОСТ 27772 при -30> t > - 40 следует применять, -40 > t > -60 применять не следует.

Таблица НП.3* - Механические свойства фасонного проката по EN 1993-1-1 и ГОСТ 27772

(Изм.ред. – Приказ КДСиЖКХ от 12.02.2020 г. №37-НК).

Наименование стали		Толщина проката, мм	Механические свойства									
			Пределте-кучести, Н/мм²	Временное сопротивле-ние, Н/мм²	Относитель-ное удлине-ние, %	Ударная вязкость, Дж/см², не менее						
						KCU			KCV			KCU после механиче-ского старения
EN 10025-2	ГОСТ 27772		Не менее			при температуре, °С						
						-20	-40	-70	0	-20	-40	+20
S235	С245	от 4 до 20 включ.	245	370	25	29	—	—	34	—	—	29
См.п.3		» 20 >40 »	235	370	24	29	—	—	34	—	—	29
S235	С255	от 4 до 10 включ.	255	380	25	29	29		34	34		29
		св. 10 » 20 включ.	245	370	25	29	29	—	34	34	—	29
		» 20 » 40 »	235	370	24	29	29	—	34	34	—	29
S275	С345	от 4 до 10 включ.	345	480	21	—	39	34	—	34	—	—
		св.10 » 20 »	325	470	21	—	34	29	—	34	—	—
		» 20 » 40 »	305	460	21	—	34		—	34	—	—
	С345К	от 4 до 10 включ.	345	470	20	—	39	—	—	—	—	—
S355	С355	от 8 до 16 включ.	355	470	21		34	34		34		—
S275		св. 16 » 40 »	345	470	21	—	34	34	—	34	—	—
S355	С355-1	от 8 до 16 включ.	355	480	21	—	34	34	—	34	—	—
S275		св. 16 » 40 »	345	480	21	—	34	34	—	34	—	—
S355	С390	от 8 до 10 включ.	390	520	20	—	34	34	—	34	34	—
		св. 10 » 20 »	380	500	20	—	34	34	—	34	34	—
		» 20 » 40 »	370	490	20	—	34	34	—	34	34	—

Примечания

1 Для проката из стали С345. С355, С355-1 определение ударной вязкости KCU при температуре минус 70 °С проводят на профилях толщиной до 11 мм включительно, по согласованию изготовителя с потребителем — толщиной до 40 мм включительно.

2 Знак «—» означает, что показатель не нормируют.

3 Вспомогательные конструкции зданий и сооружений (связи, кроме вертикальных связей по колоннам с напряжением в связях свыше $0{,}4f_y$; элементы фахверка; лестницы; трапы; площадки; ограждения; металлоконструкции кабельных каналов; второстепенные элементы сооружений и т.п.), а также конструкции и их элементы группы 3 при отсутствии сварных соединений. Марку стали С235 по ГОСТ 27772 при -30> t > - 40 следует применять, -40 > t > -70 применять не следует.

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				
Металлочерепица	кН/м²	0,04	1,35	0,05
Деревянная обрешётка 40х70 мм с шагом 0,35 м	кН/м²	0,06	1,35	0,08
Обрешётка для создания уклона 40х70 мм	кН/м²	0,03	1,35	0,04
Итого	кН/м²	0,13		0,17
на ширину грузовой площади 0,88 м	*кН/м*	*0,11*	*1,35*	*0,15*
на ширину грузовой площади 1,67 м	*кН/м*	*0,22*	*1,35*	*0,29*
на ширину грузовой площади 1,36 м	*кН/м*	*0,18*	*1,35*	*0,24*
на ширину грузовой площади 0,57 м	*кН/м*	*0,07*	*1,35*	*0,10*
Площадки для обслуживания, лестницы				
Сталь рифлённая толщиной 4 мм	кН/м²	0,34	1,35	0,46
Итого	кН/м²	0,34		0,46
на ширину грузовой площади 0,45 м	*кН/м*	*0,15*	*1,35*	*0,21*
на ширину грузовой площади 0,50 м	*кН/м*	*0,17*	*1,35*	*0,23*

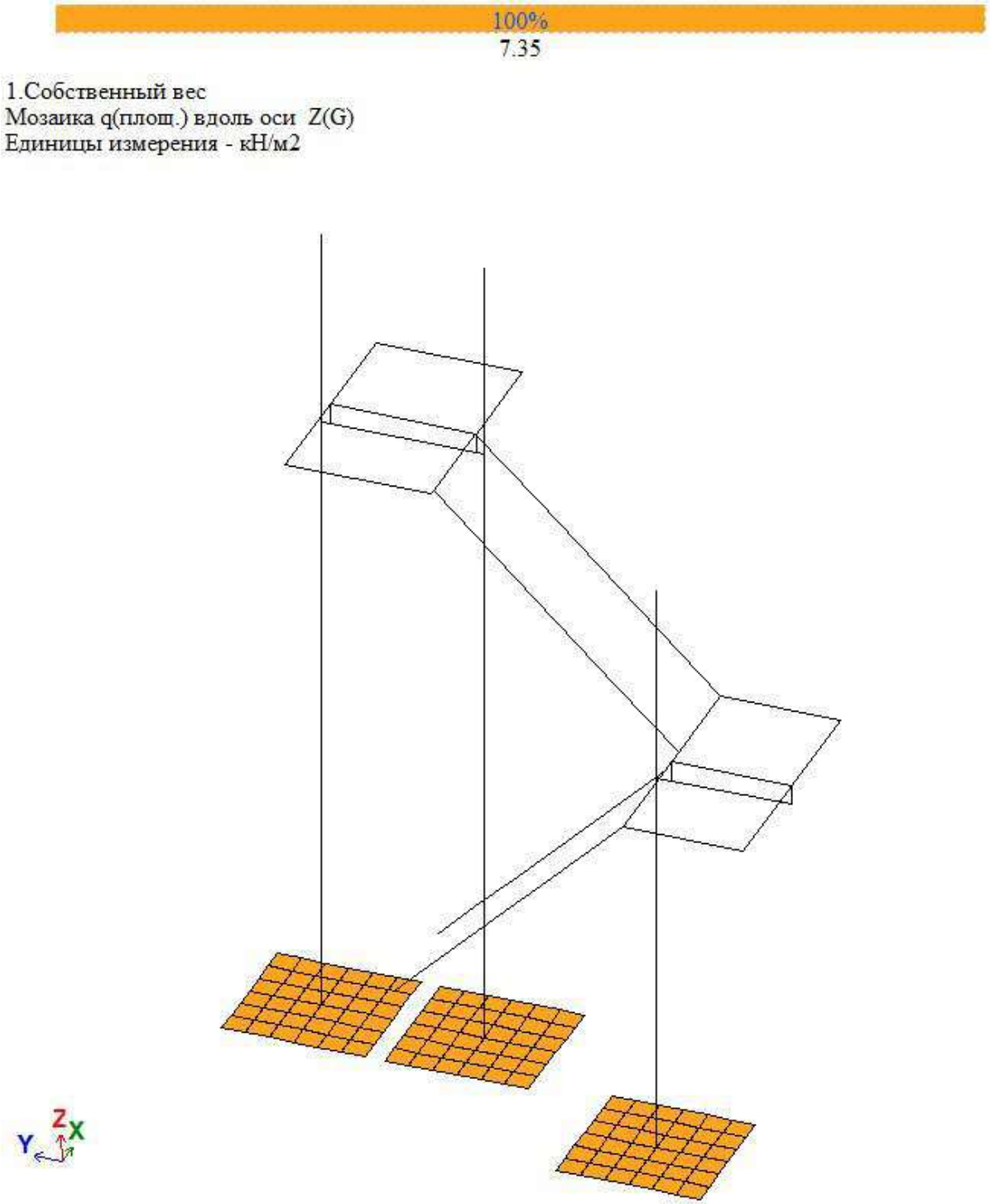


Рис. 4.1 Загружение 1. Мозаика q(площ.) вдоль оси Z(G)

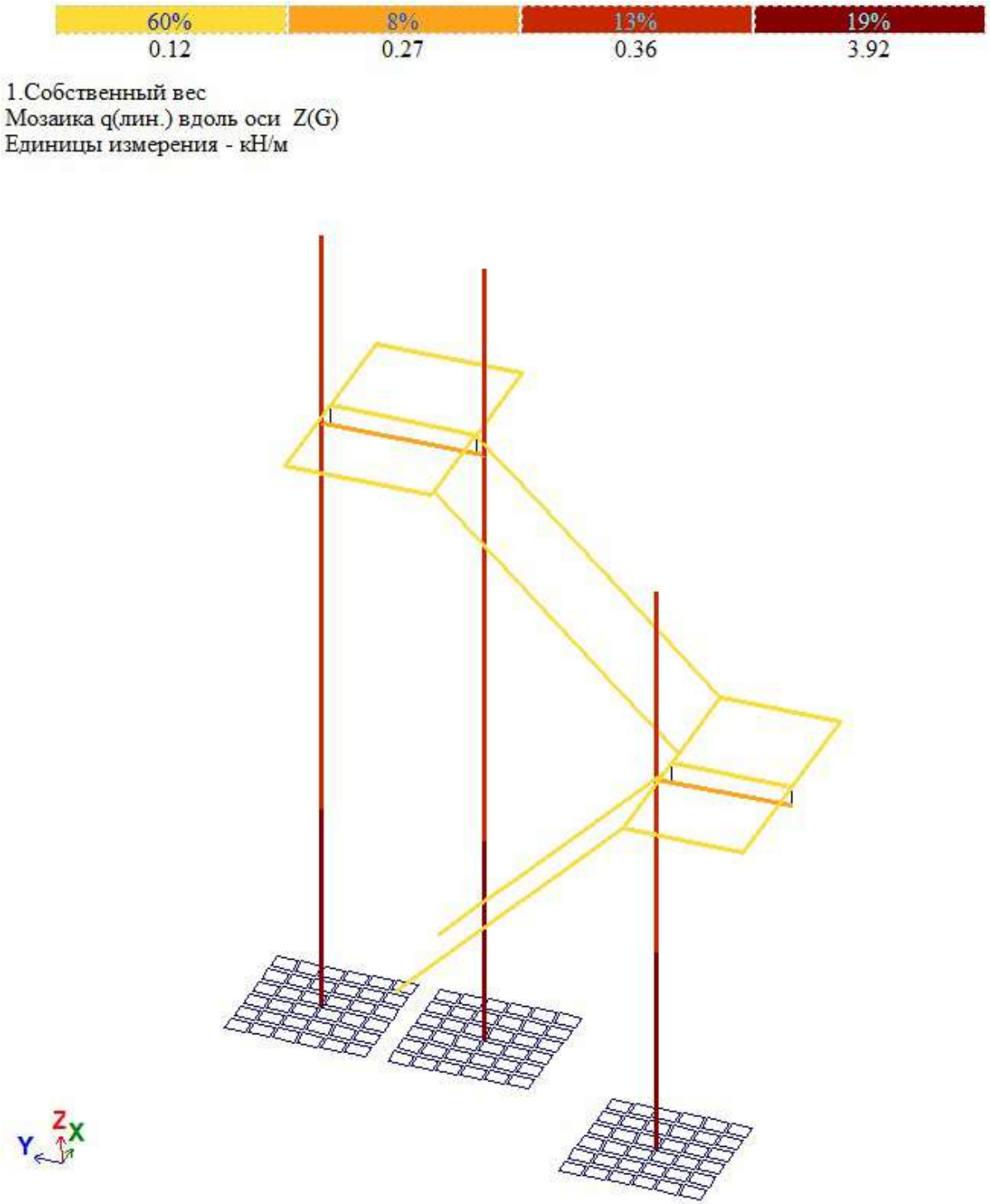


Рис. 4.2 Загружение 1. Мозаика q(лин.) вдоль оси Z(G)

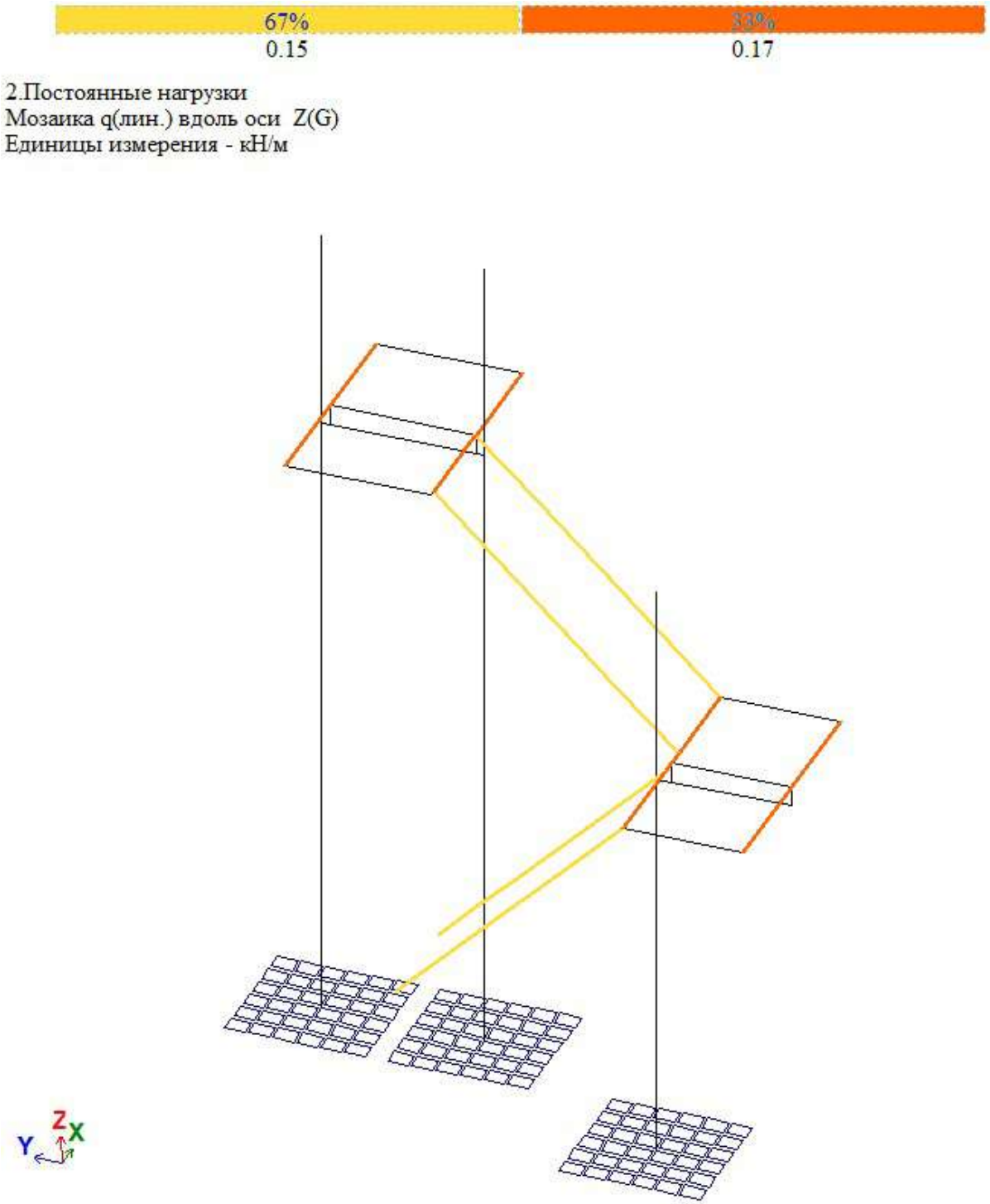


Рис. 4.3 Загружение 2. Мозаика q(лин.) вдоль оси Z(G)(2)

4.2 Нагрузку от веса грунта

Нагрузку от собственного веса грунта принимаем ориентировочно. Из расчёта что вес грунта и конструкций фундаментов составить 1,8 т/м³ (17,66 кН/м³):

$$\sigma_{г,sup} = 17{,}66*(1{,}8\text{-}0{,}15\text{-}0{,}3) = 23{,}84\ кН/м^2$$

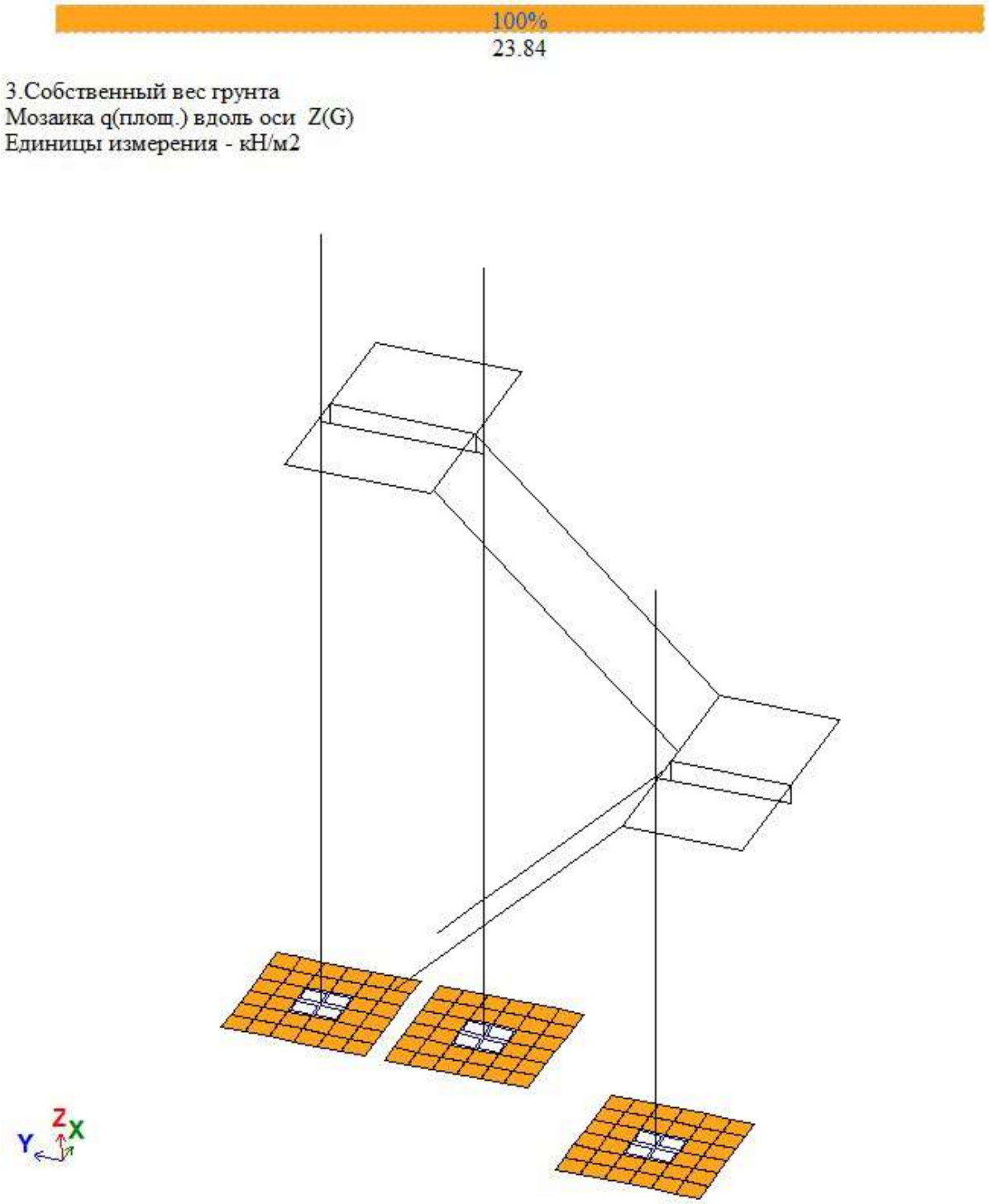


Рис. 4.4 Загружение 3. Мозаика q(площ.) вдоль оси Z(G)

4.3 Нагрузки от людей

В связи с отсутствием в СП РК EN 1991-1-1:2002/2011 указаний по нагрузкам для образовательных учреждений принимаем нагрузки как для максимально близкого по функциональному назначению здания. В соответствии с таблицей 6.2 временные нагрузки на перекрытия, балконы и лестницы зданий для офисных помещений категория В составляет $q_k = 3{,}0\ кН/м^2$, $Q_k = 4{,}5$ кН. Принимаем значения по верхней границе в связи с тем, что лестница предназначена для эвакуации детей дошкольного возраста.

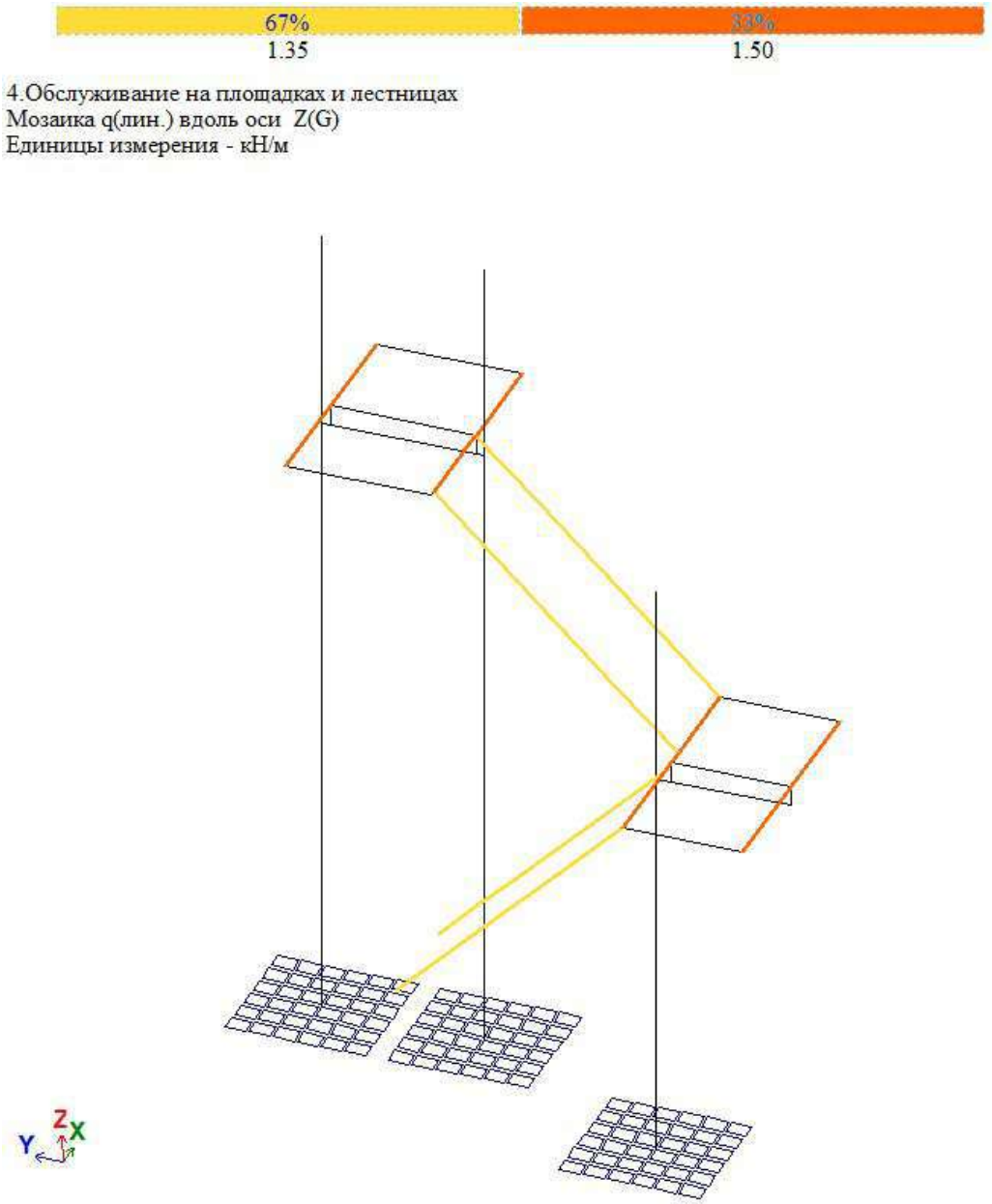


Рис. 4.5 Загружение 4. Мозаика q(лин.) вдоль оси Z(G)

100%
4.50

4.Обслуживание на площадках и лестницах
Мозаика P вдоль оси Z(G)
Единицы измерения - кН

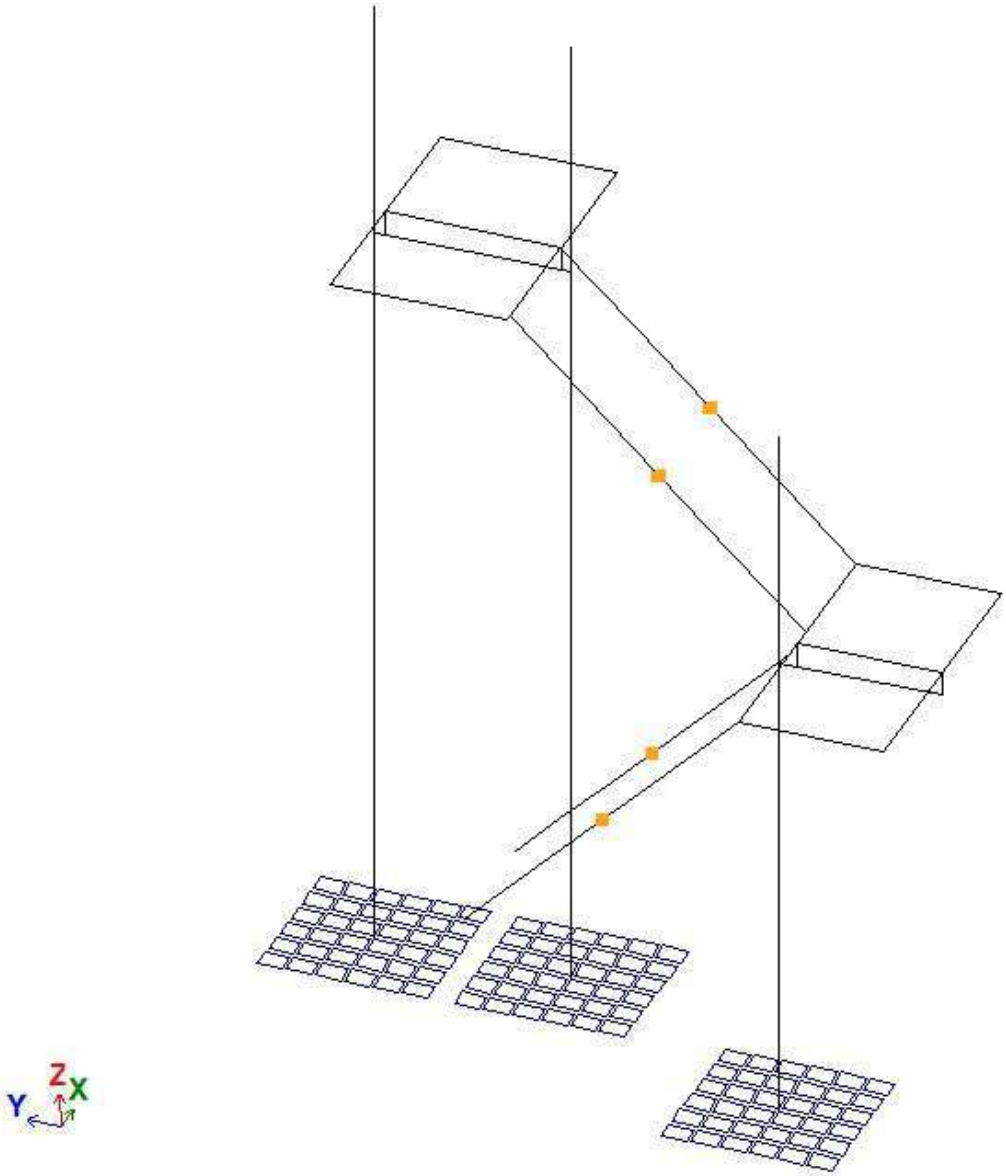


Рис. 4.6 Загружение 4. Мозаика q(лин)+F(соср.) вдоль оси Z(G)

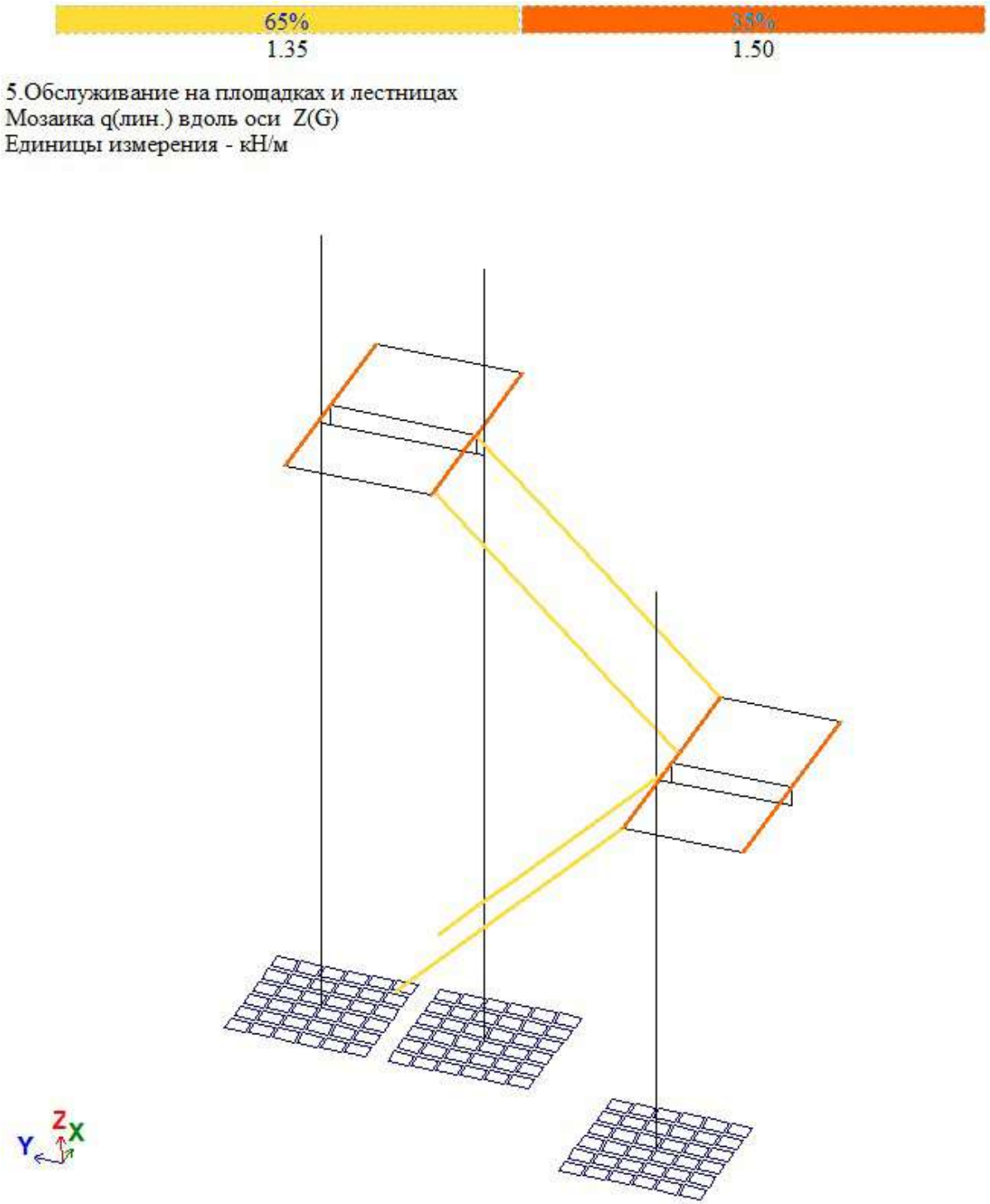
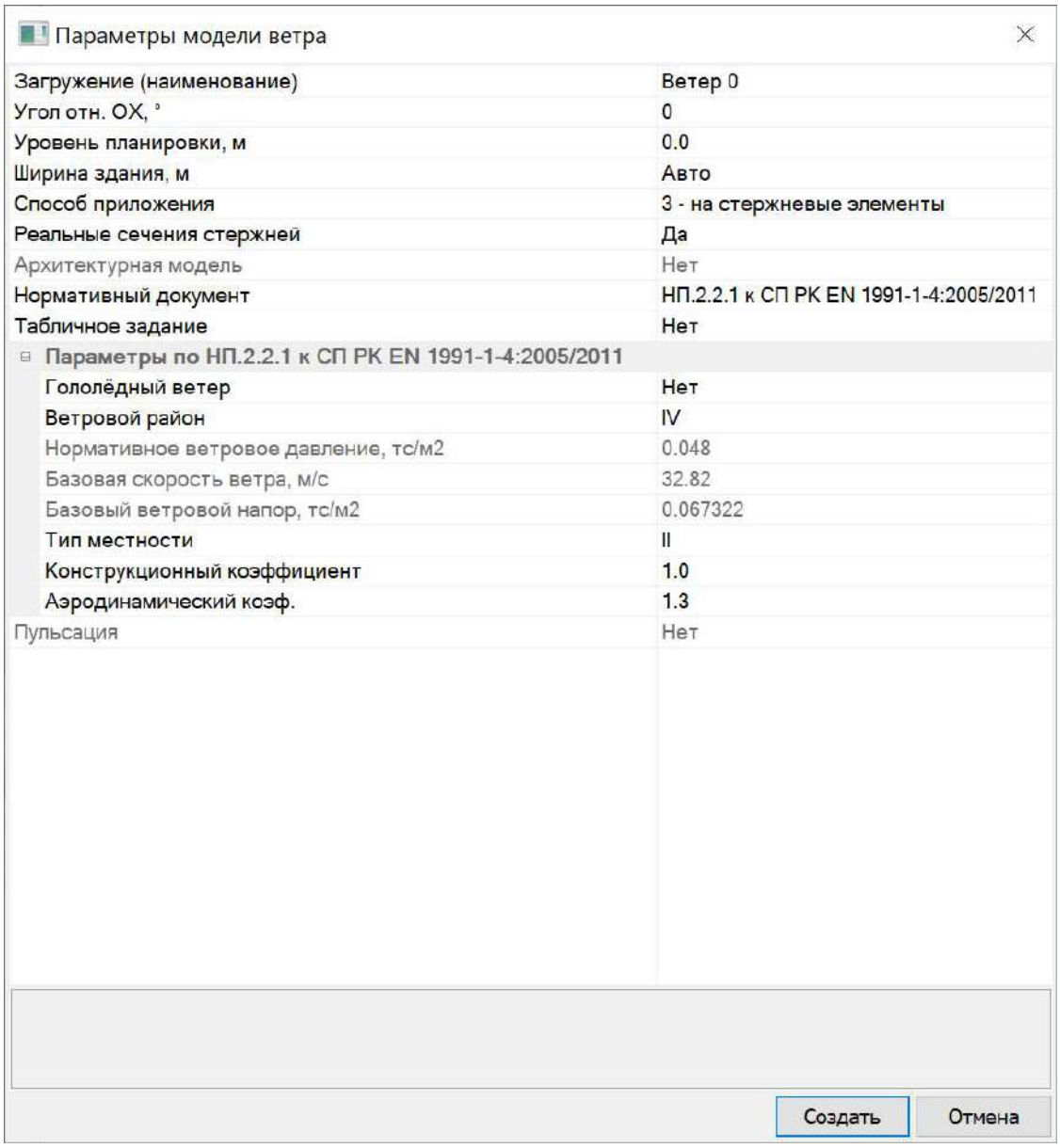


Рис. 4.7 Загружение 5. Мозаика q(лин.) вдоль оси Z(G)

4.4 Ветровые нагрузки

Расчёт ветровых нагрузок выполнен с помощью LIRA-CAD 2025 R2.



Параметры модели ветра

Загружение (наименование)	Ветер 0
Угол отн. OX, °	0
Уровень планировки, м	0.0
Ширина здания, м	Авто
Способ приложения	3 - на стержневые элементы
Реальные сечения стержней	Да
Архитектурная модель	Нет
Нормативный документ	НП.2.2.1 к СП РК EN 1991-1-4:2005/2011
Табличное задание	Нет
Параметры по НП.2.2.1 к СП РК EN 1991-1-4:2005/2011	
Гололёдный ветер	Нет
Ветровой район	IV
Нормативное ветровое давление, тс/м2	0.048
Базовая скорость ветра, м/с	32.82
Базовый ветровой напор, тс/м2	0.067322
Тип местности	II
Конструкционный коэффициент	1.0
Аэродинамический коэф.	1.3
Пульсация	Нет

Создать Отмена

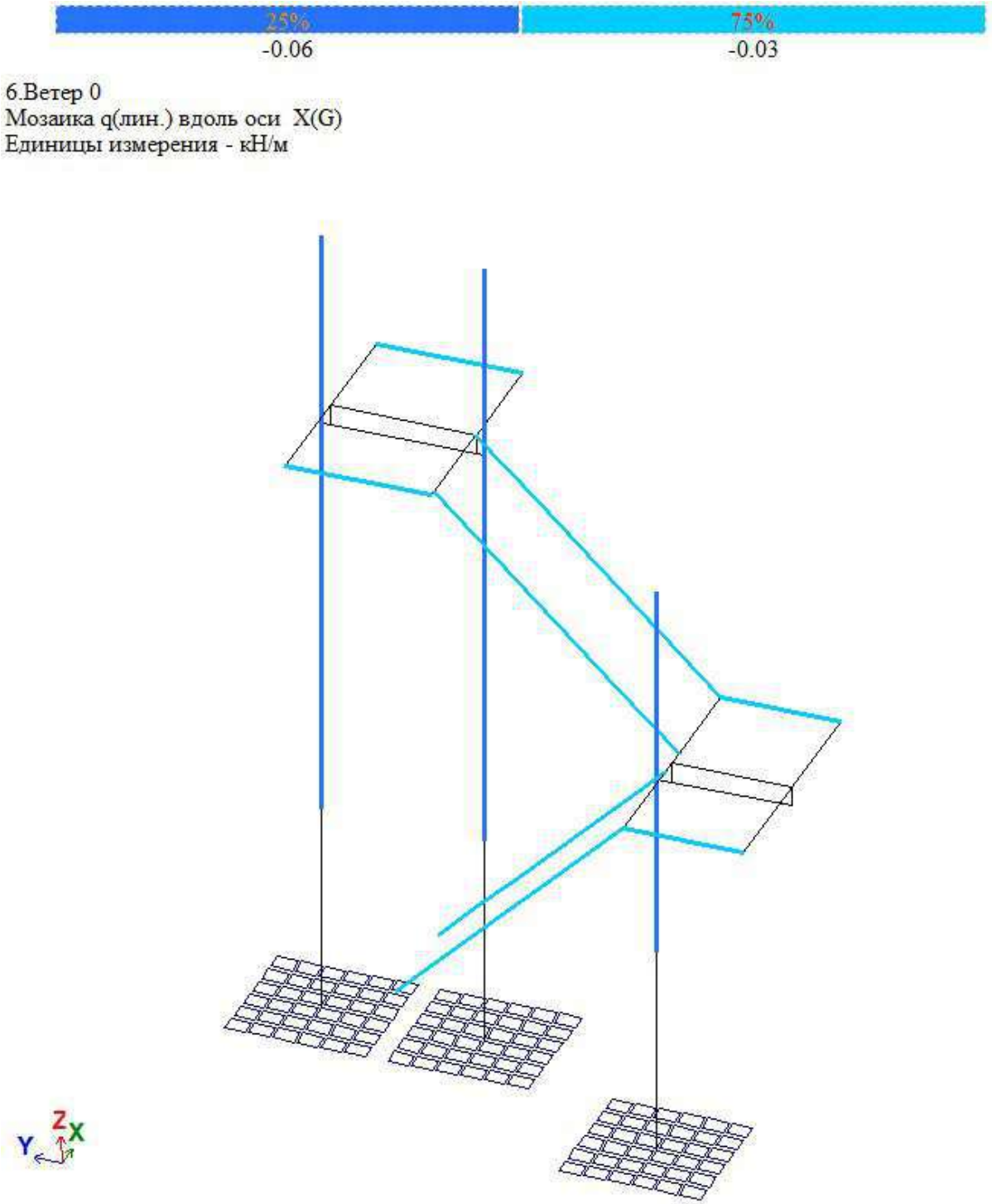


Рис. 4.8 Загружение 6. Нагрузки линейные. Ветер 0

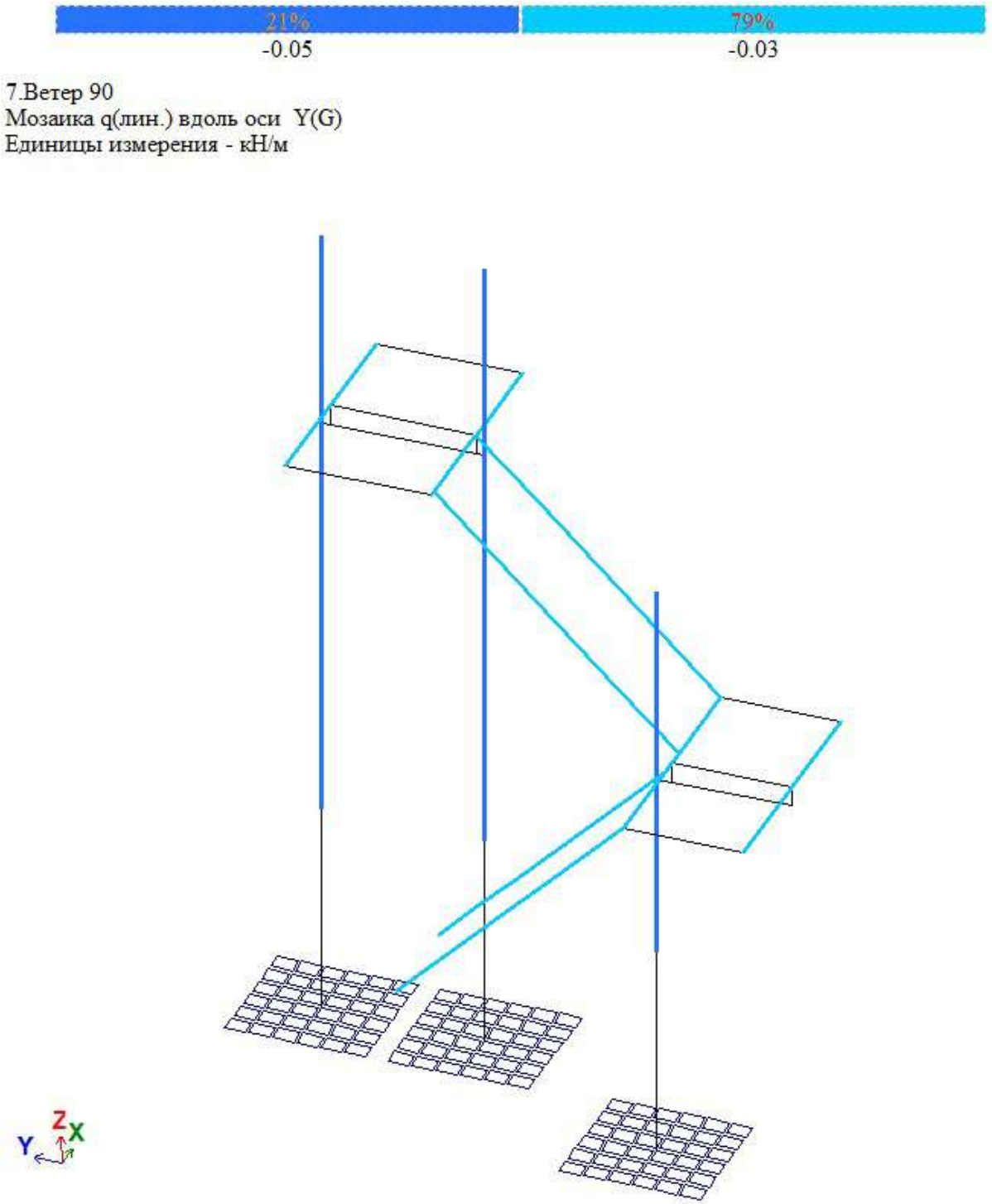


Рис. 4.9 Загружение 7. Нагрузки линейные. Ветер 90

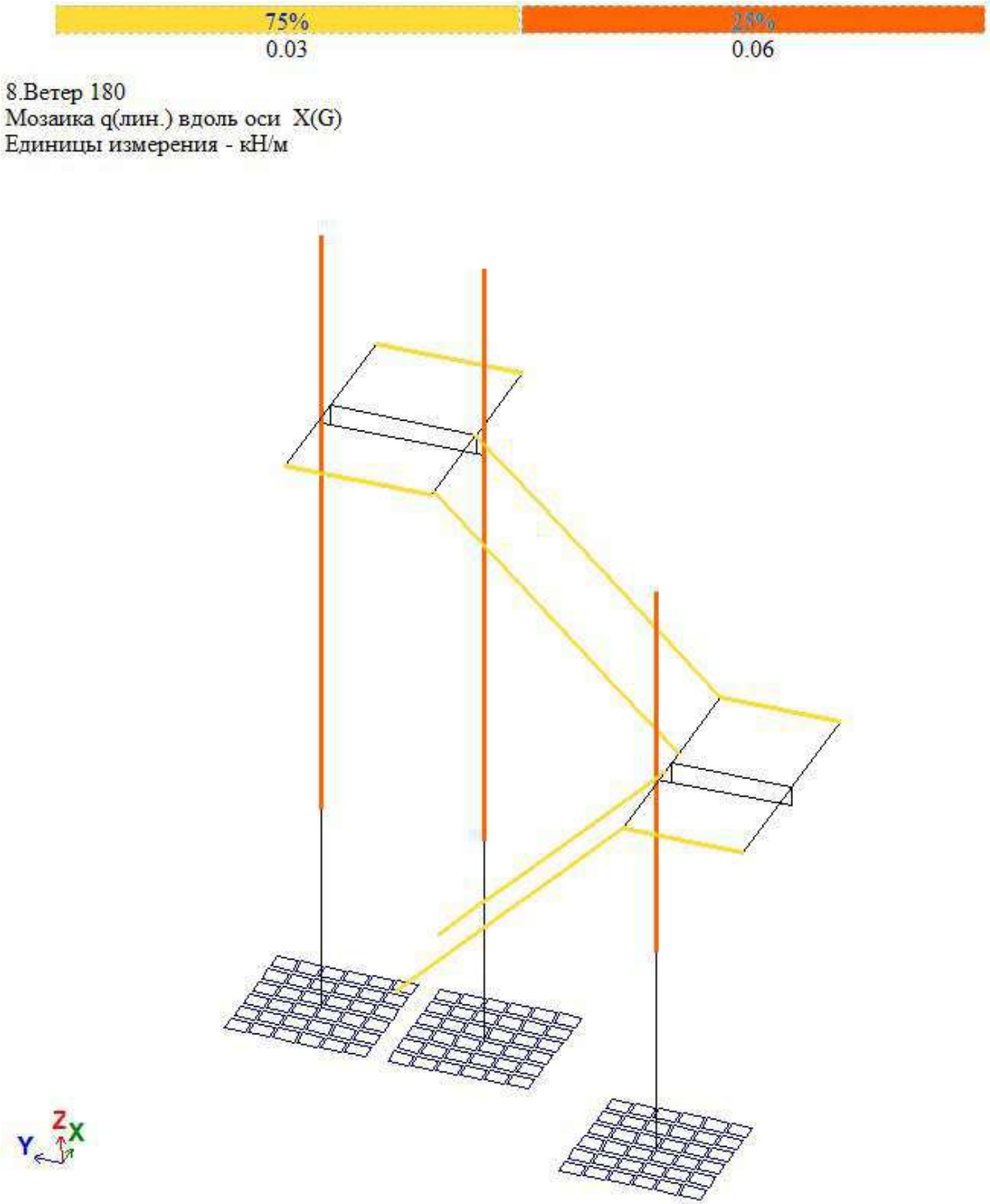


Рис. 4.10 Загружение 8. Нагрузки линейные. Ветер 180

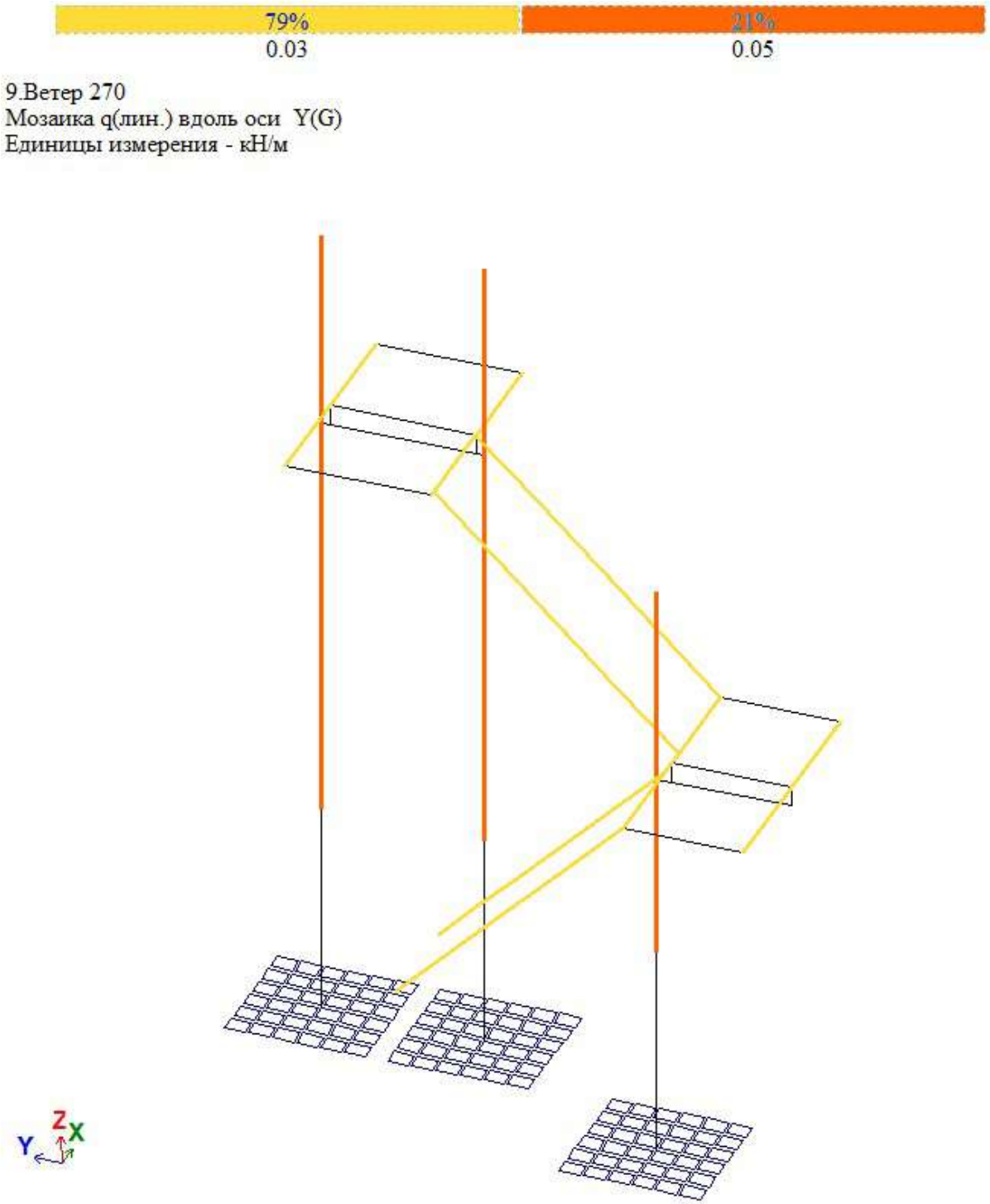


Рис. 4.11 Загружение 9. Нагрузки линейные. Ветер 270

5 Расчёт основания фундаментов

5.1 Инженерно-геологические условия площадки

5.1.1 Глубина заложения фундамента

Инженерно-геологические изысканияприняты на основании технического отчёта по инженерно-геологическим изысканиям выполненным ТОО «Проект Альфа Групп», ГСЛ №23022336 от 12.10.2023г в 2025 г.

Основанием фундамента является суглинок полутвёрдый, лёгкий, светло-коричневого цвета, от твёрдой до тугопласчной консистенции. Грунтовые воды на площадке не вскрыты.

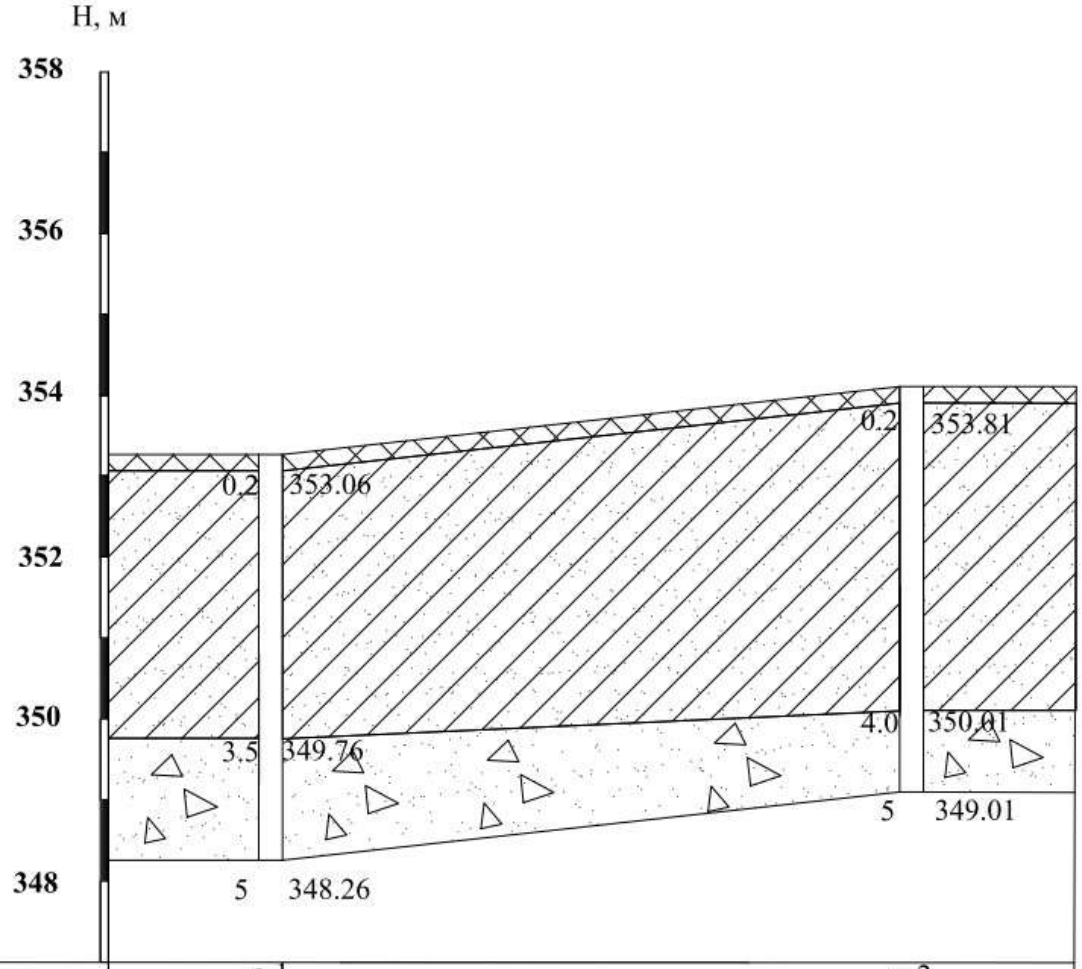
В соответствии с таблицей 3.3 СП РК 2.04-01-2017 среднемесячная температура по зимним месяцам составляет: декабрь – минус 12,1°, январь – минус 15,1°, февраль – минус 14,8°.

Нормативная глубина сезонного промерзания равна:

$$d_{fn} = 0{,}23*\sqrt{12{,}1 + 15{,}1 + 14{,}8} = 1{,}49 \text{ м}$$

Расчетная глубина сезонного промерзания грунта:

$$d_f = 1{,}49*1{,}1 = 1{,}64 \text{ м}$$



Вид и № выработки	с-1		с-2
Абс. отм. устья выр-ки, м	353.26		354.01
Расстояние, м	20	79	20

Рис. 5.1 Разрез по скважинам

Основания фундаментов приняты на основании технического отчёта по результатам инженерно-геологических изысканий для подготовки рабочего проекта, выполненного ТОО «Проект Альфа Групп» в 2025 г.

За относительную отметку 0,000 принята отметка чистого пола существующего здания.

Участок изысканий находится: в Республике Казахстан, г. Астана, район Сарыарка.

Согласно закрепленным временным знакам, была осуществлена проходка инженерно-геологических выработок. Количество и глубина инженерно-геологических выработок определены согласно СП РК 1.02-102-2014, техническому заданию.

Полевые инженерно-геологические работы выполнены в июне 2025 года. Бурение скважин осуществлялось ударно-канатным способом бурения буровой установкой ПБУ-2 на базе ЗиЛ-131, диаметрами 127 мм (ударно-канатное бурение). Глубина и количество скважин определялись в соответствии с СП РК 1.02-102-2014.

В процессе полевых работ пробурены 2 скважины глубиной до 5,0 м. Общий объем бурения составил 10,0 п.м. После завершения работ скважины засыпаны и утрамбованы обратной засыпкой. Для производства лабораторных исследований из скважины отобраны 2 проб ненарушенной структуры и 2 пробы нарушенной структуры. Отбор, хранение и транспортировка проб осуществлялась согласно СТ РК 1289-2004.

В геолого-литологическом строении площадки до глубины 5,0 м принимают следующие отложения:

- ИГЭ-1 Насыпной грунт из суглинка, темно-бурого и коричневого цветов, твердой консистенции, с включениями строительного мусора. Верхнечетвертичные-современные отложения (aQ II-III).

- ИГЭ-2 Суглинок, светло-коричневого цвета, от твердой до тугопластичной консистенции, местами мягкопластичный (заиленный), с вкраплениями карбонатов, с прослойками песка и супеси мощностью до 20 см, с примесью органических веществ до 6,25 %.

- ИГЭ-3 Песок гравелистый, серовато-коричневого и темно-серого цветов, водонасыщенный, полимиктового состава, с прослойками супеси и песка средней крупности мощностью до 20 см.

Подземные воды на участке работ вскрыты в четвертичных отложениях и приурочены к песчаным прослоям в глинистых отложениям. Появление подземных вод отмечено на глубине 4,0-4,5м. Установившийся УПВ по замеру на июнь 2025 г. зафиксирован 4,5-5,0 м. Питание подземных вод осуществляется за счет инфильтрации атмосферных осадков и в весенний период за счет поглощения паводкового стока.

5.1.2 Определение наихудшего расчётного сочетания

Проанализировав минимальные и максимальные мозаики напряжений по R_Z видим близкие значения между комбинациями РСН. Принимаем в качестве расчётной РСН 5.

После определения наихудшего РСН выполняем пересчёт расчётной модели до получения сходимости мозаик реакции грунта и давления на него с разницей до 5%.

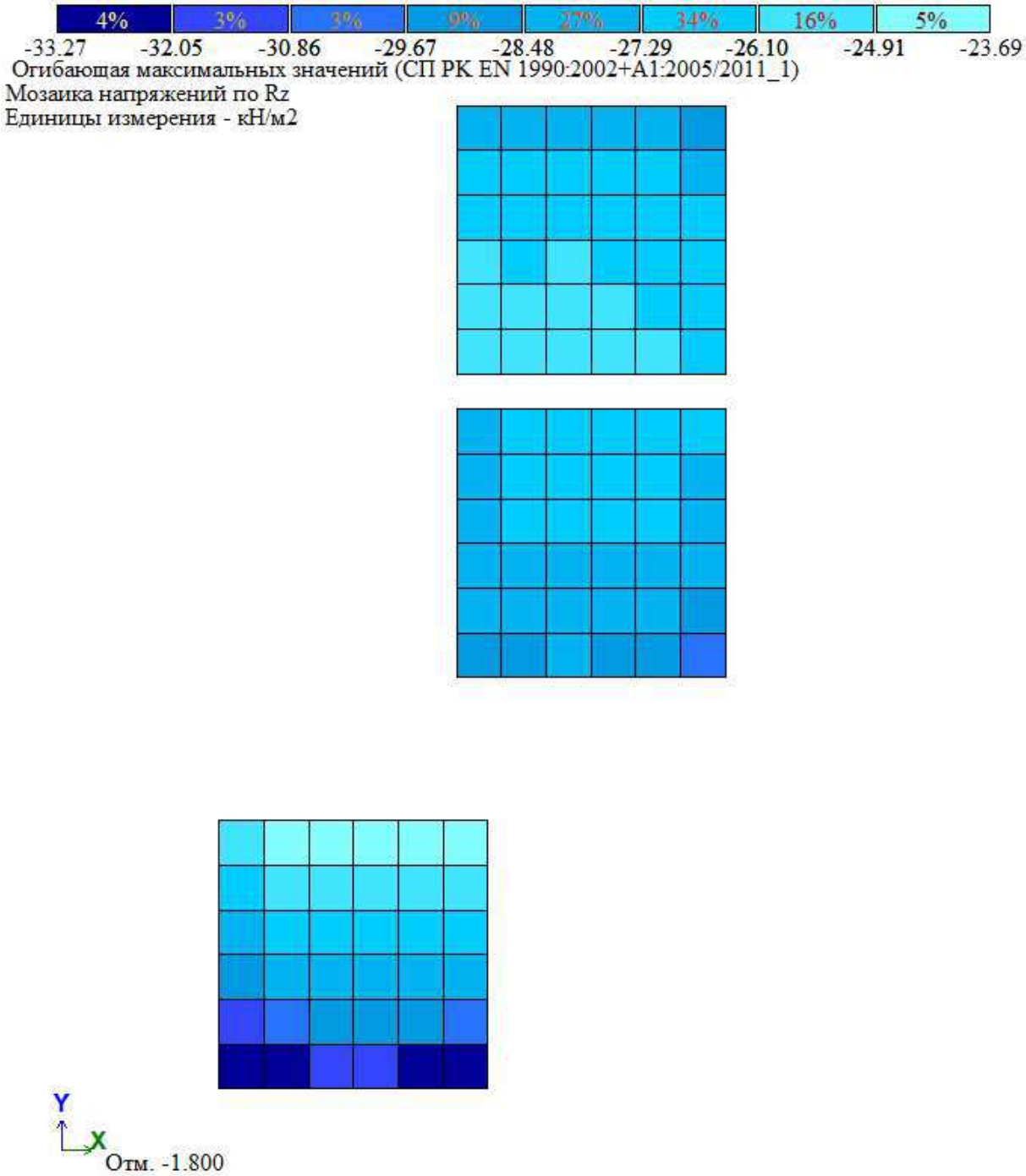


Рис. 5.2 Мозаика максимальных напряжений по Rz

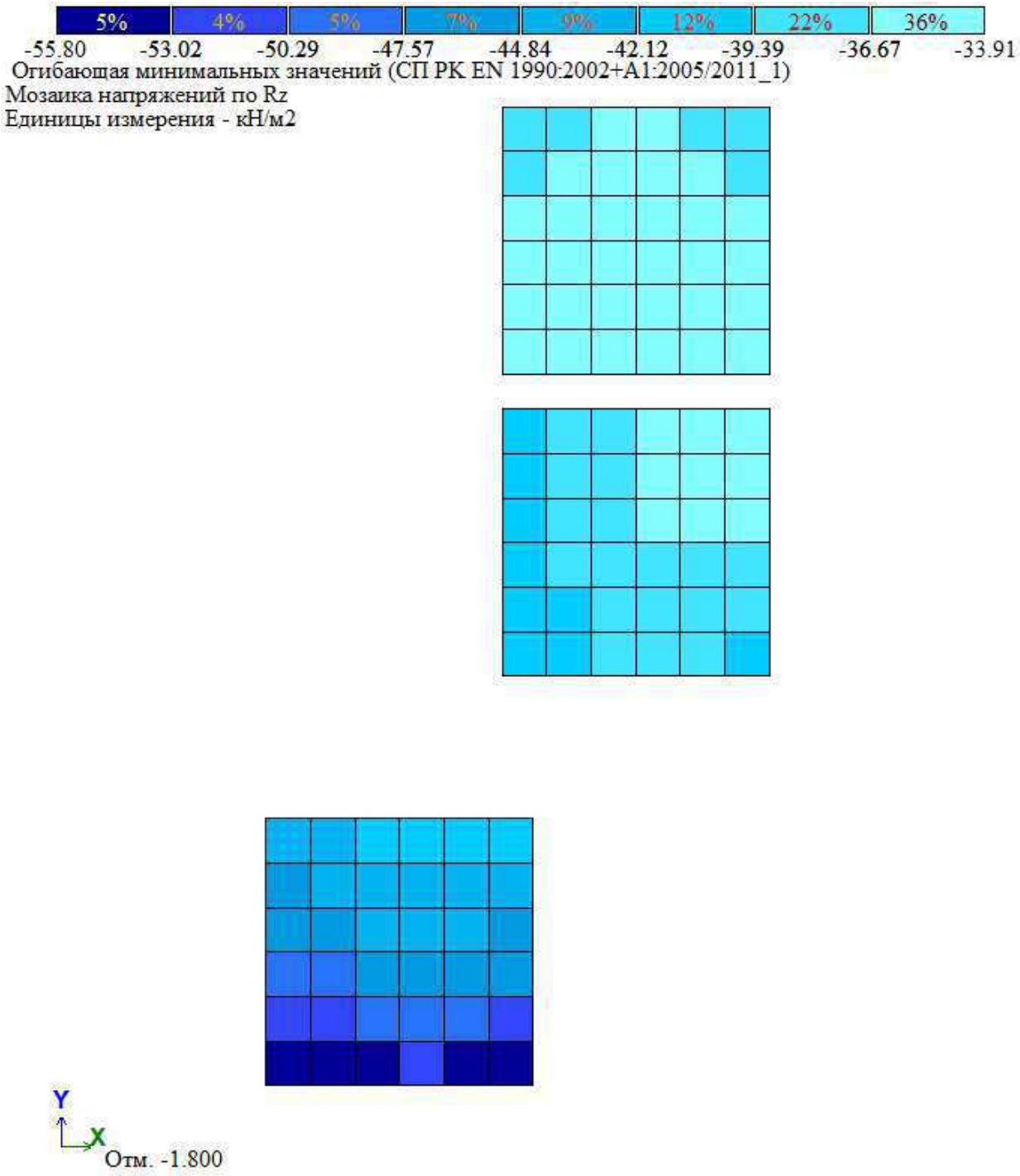


Рис. 5.3 Мозаика минимальных напряжений по Rz

5.2 Параметры расчёта

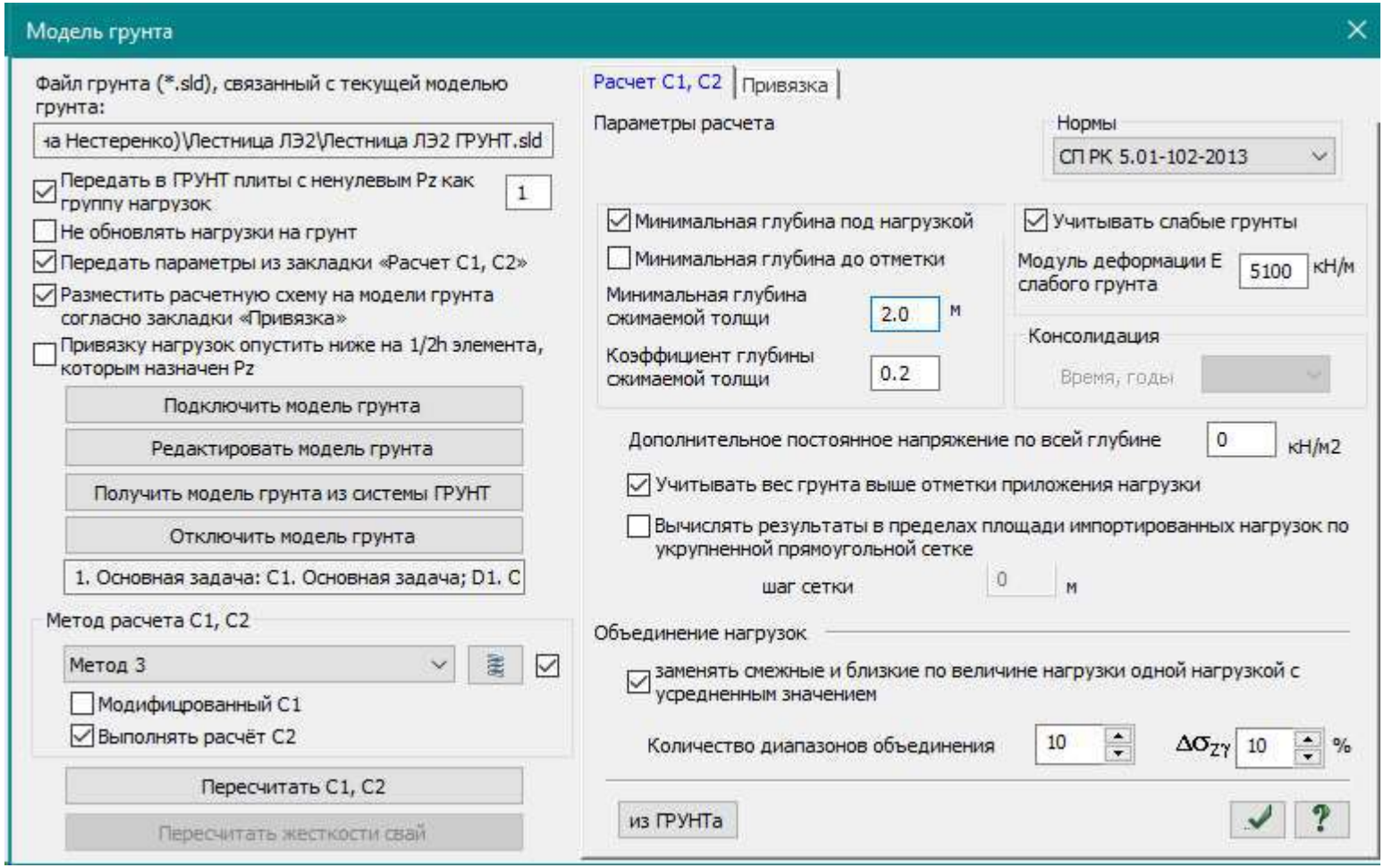


Рис. 5.4 Параметры расчёта

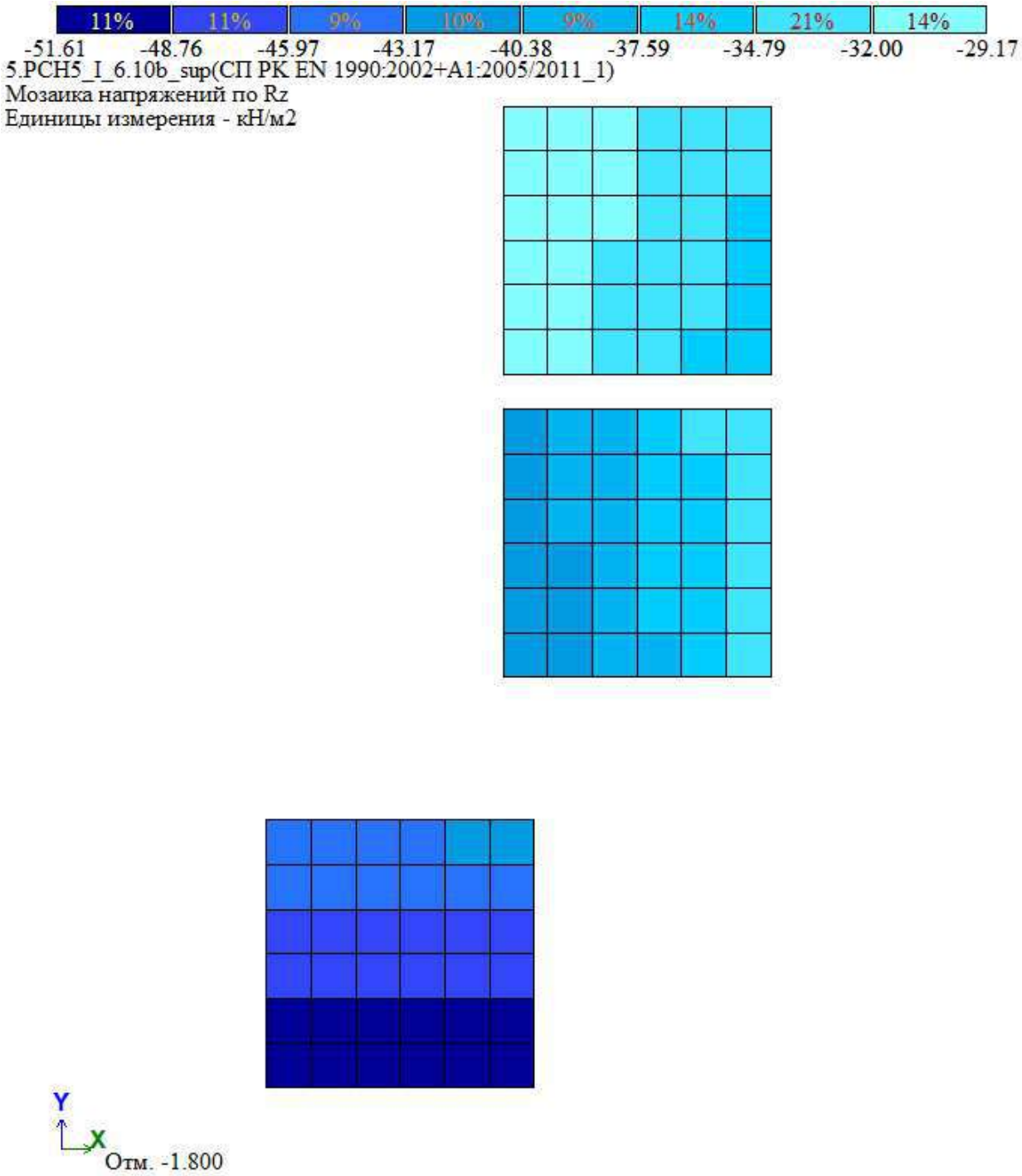


Рис. 5.5 Мозаика напряжений по Rz

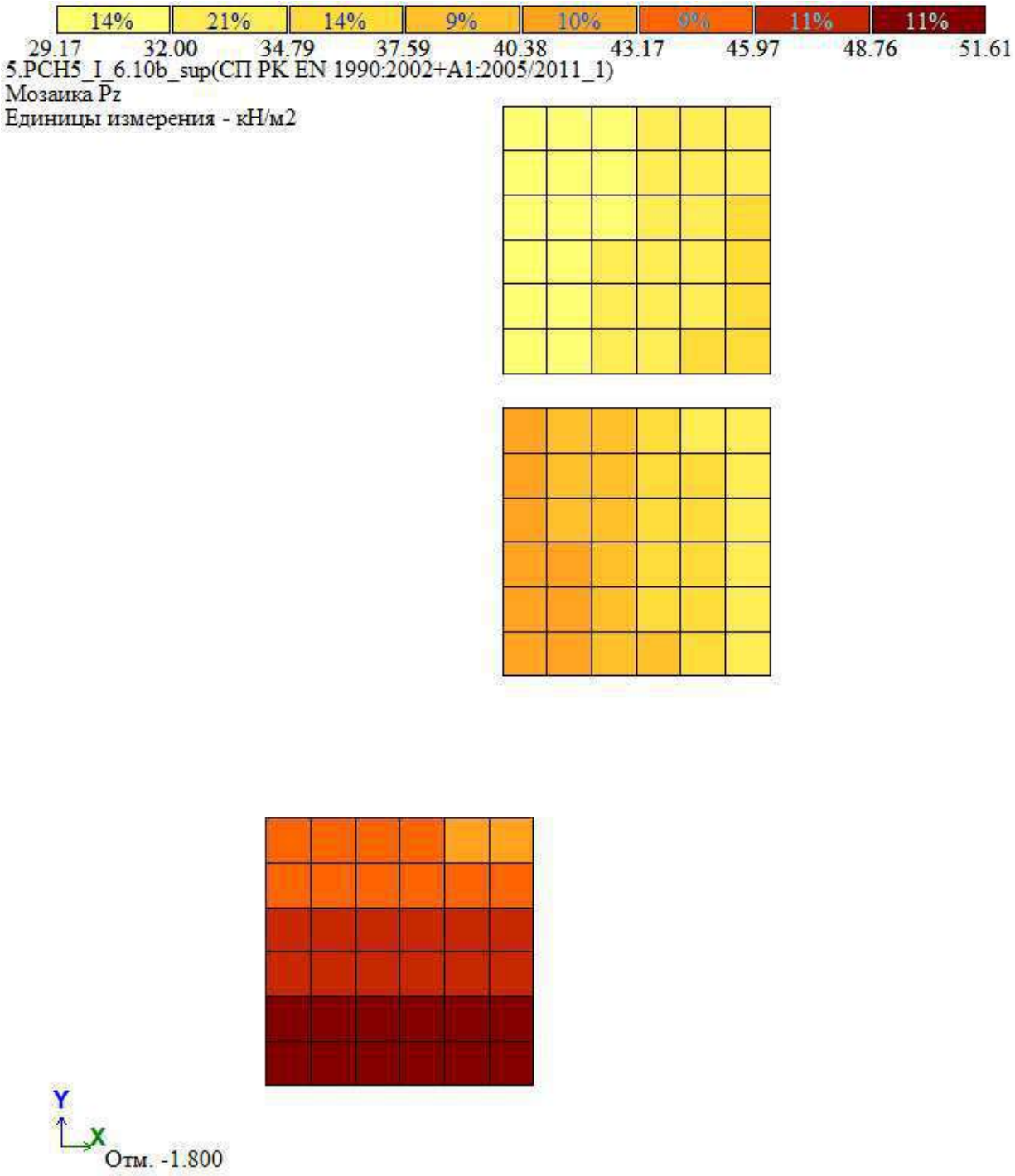


Рис. 5.6 Мозаика Pz

5.3 Расчёт основания

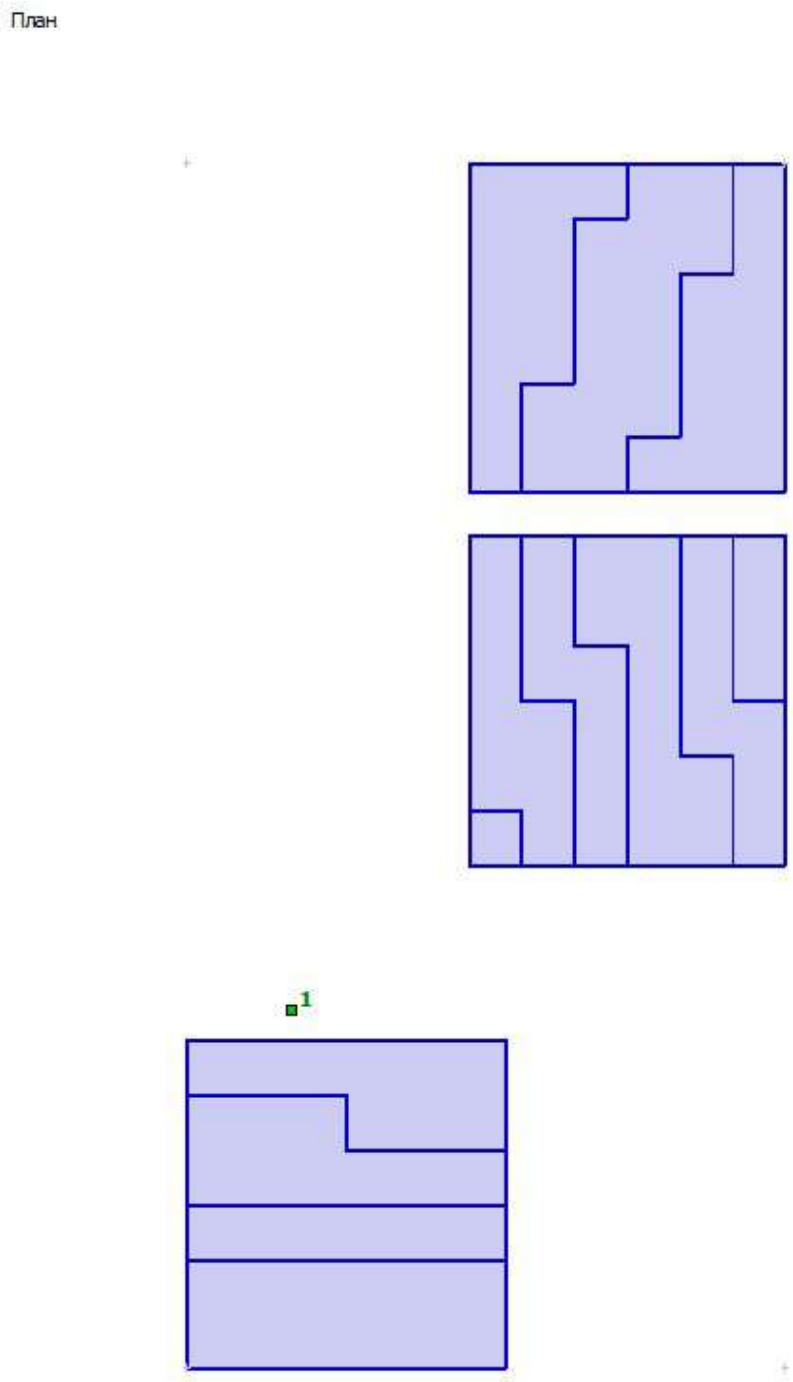


Рис. 5.7 План скважин и фундаментов

Таблица 5.1 Скважины

Скважина 1 *** X = -2.00м Y = 5.00м Абс. отм. устья = 0.00м Глубина = 4.80м

Таблица 5.1 Скважины

Скважина	Номер ИГЭ	Слой	Цвет	Абс. отм. подошвы, м	Мощность слоя, м	Глубина залегания, м
Скважина 1	2	Суглинок тугопластичный		-3.55	3.55	3.55
Скважина 1	3	Песок гравелистый		-4.50	0.95	4.50

Таблица 5.1 Скважины

Скважина	Номер ИГЭ	Слой	Цвет	Абс. отм. подошвы, м	Мощность слоя, м	Глубина залегания, м
Скважина 1	1003	Песок гравелистый		-4.80	0.30	4.80

Таблица 5.2 Характеристики грунтов

Таблица 5.2 Характеристики грунтов. Основные

Номер ИГЭ	Усл.обозн	Наименование	Цвет	E, кН/м2	v	Ro(1ПС), кН/м3	Ro(2ПС), кН/м3	KE	W	IL	WLMOS	e	c(1ПС), кН/м2	c(2ПС), кН/м2	Fi(1ПС),°	Fi(2ПС),°	Rs, кН/м2	C0, кН/м3	K	Код	Описание кода грунта
1		Насыпной		9806.65	0.3	15.8868	17.652	5	0.05	0.2		0.7	4.41299	4.90332	14.4	16	0.882598	9806.65	203.943	Cf.Kz2	Глина текучепластичная IL=0.75...1, K=2000...500 кН/м**4
2		Суглинок тугопластичный		4200	0.35	18.63	18.73	5	0.21	0.1		0.63	17.652	19.6133	11	13	3.53039	19613.3	505.779	Ls.Kz2	Суглинок тугопластичный или полутвердый IL=0...0.5, K=6000...4000 кН/м**4
3		Песок гравелистый		30000	0.3	18.64	18.64	5	0.25	0		0.54	0.001	0.001	34.5	38	0.17652	13729.3	2039.43	S4.Kz2	Песок гравелистый e=0.55...0.7
1003		Песок гравелистый		30000	0.3	18.64	18.64	5	0.25	0	W	0.54	0.001	0.001	34.5	38	0.17652	13729.3	2039.43	S4.Kz2	Песок гравелистый e=0.55...0.7

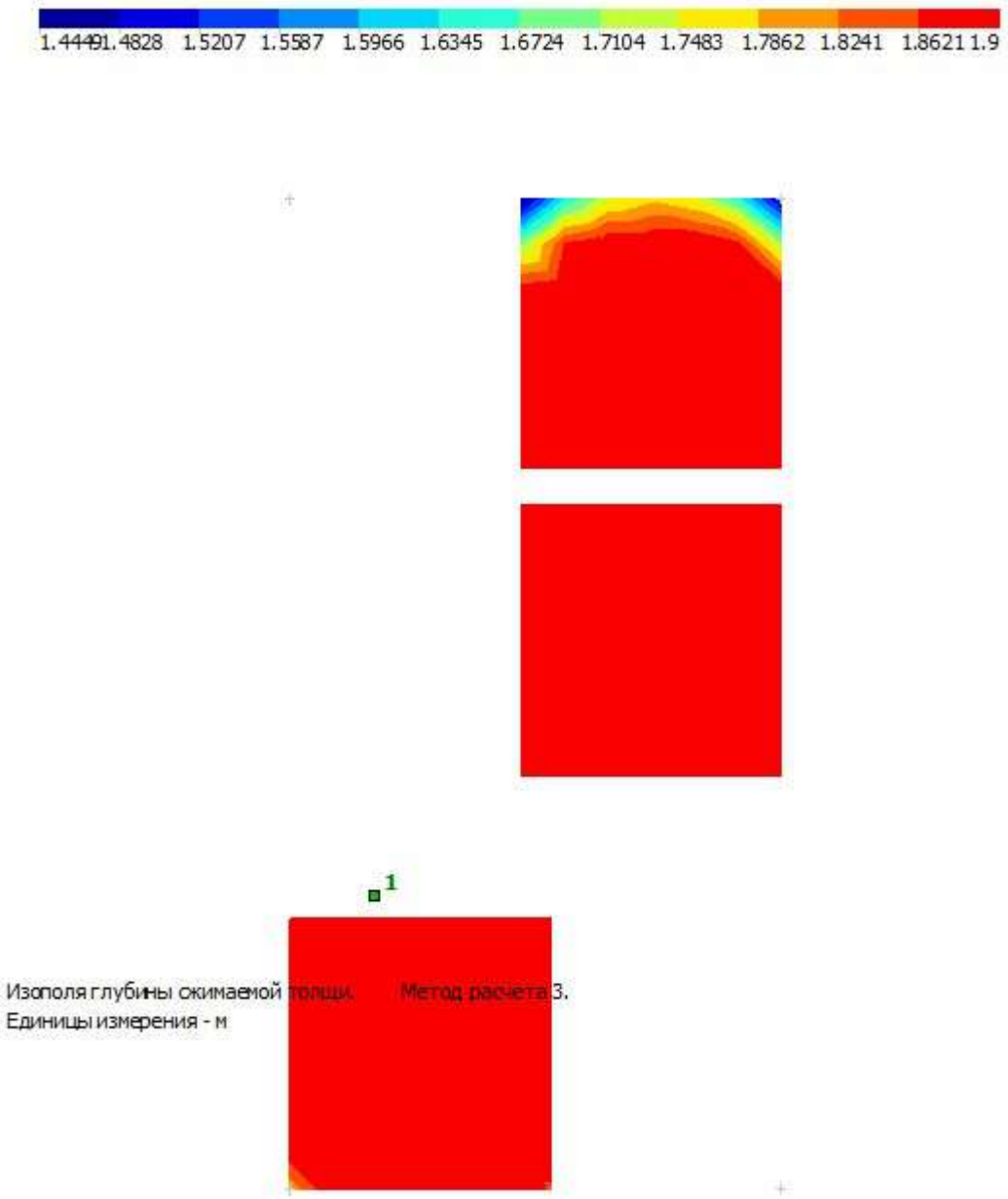


Рис. 5.8 Глубина сжимаемой толщи

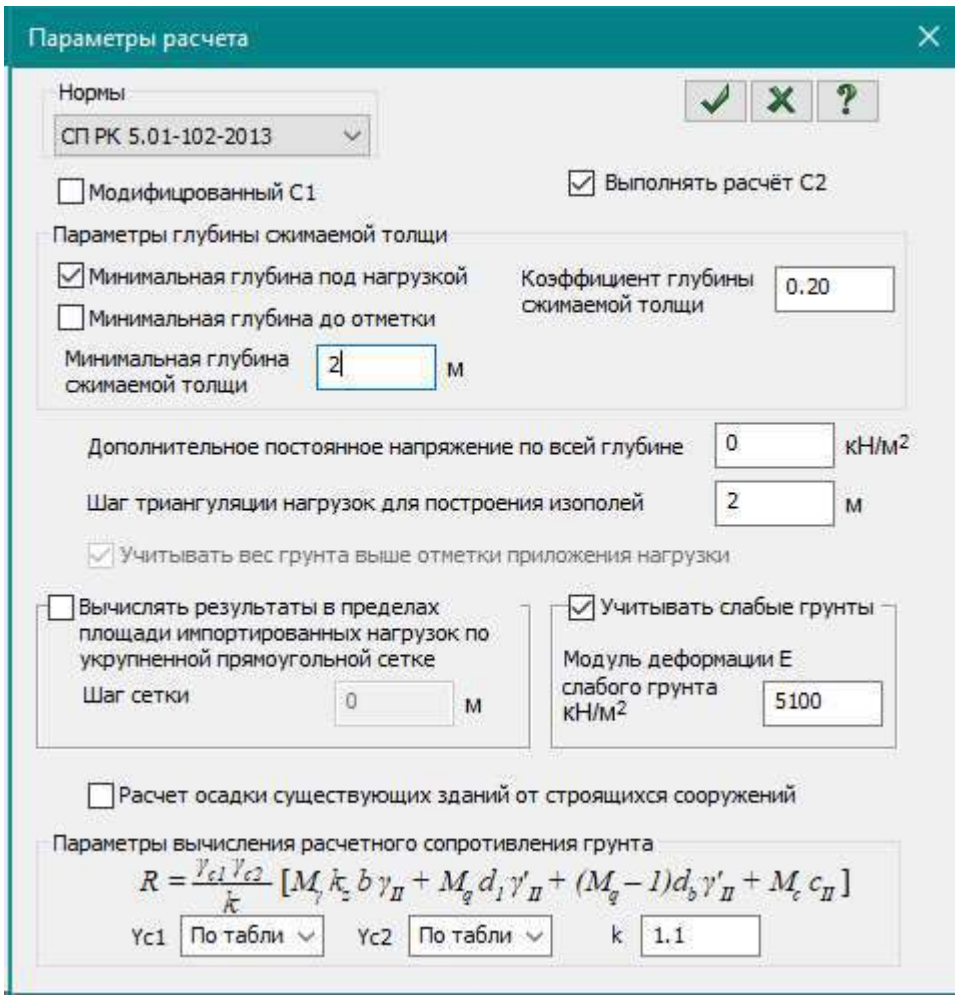


Рис. 5.9 Параметры расчёта

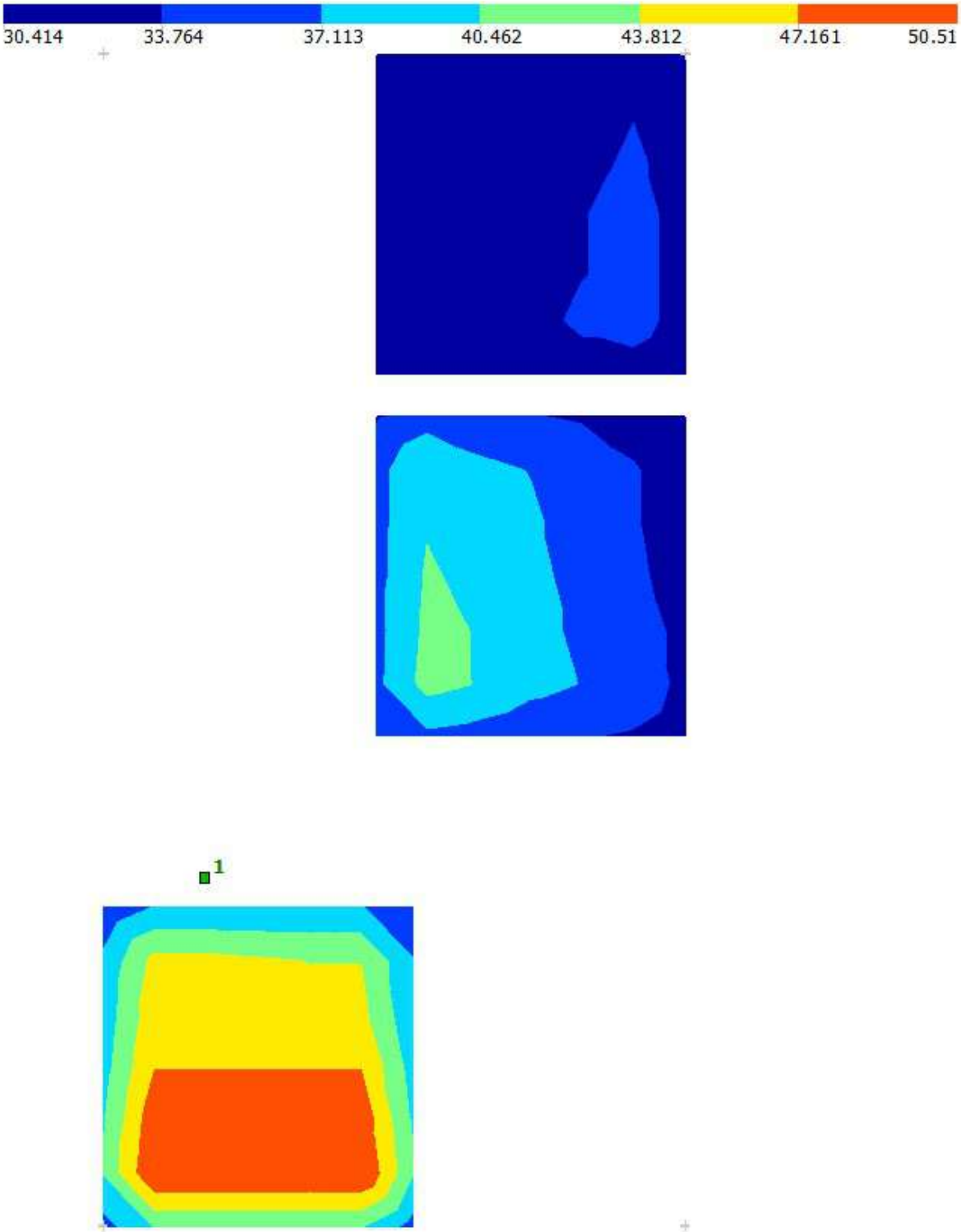


Рис. 5.10 Суммарное вертикальное давление

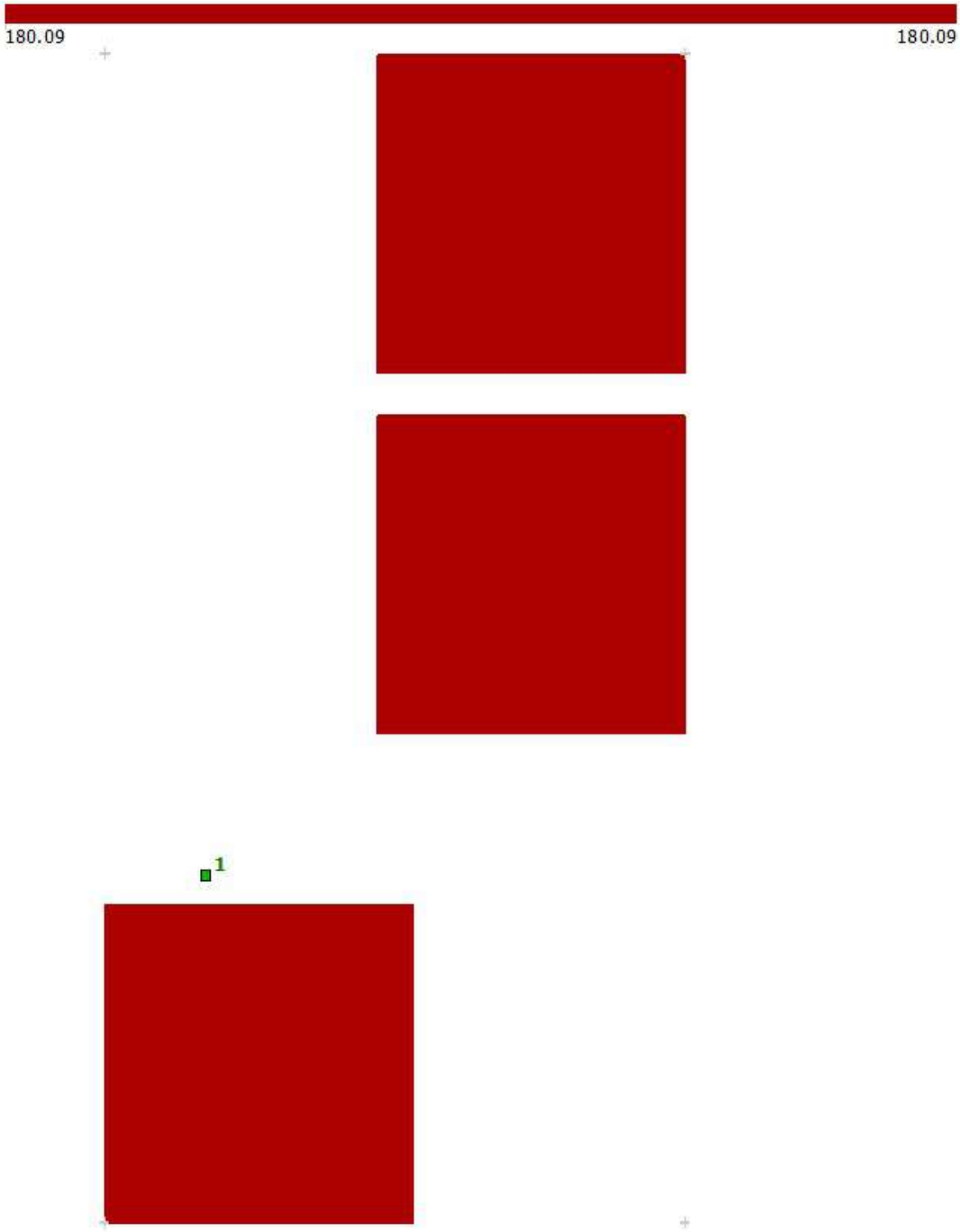


Рис. 5.11 Расчётное сопротивление грунта

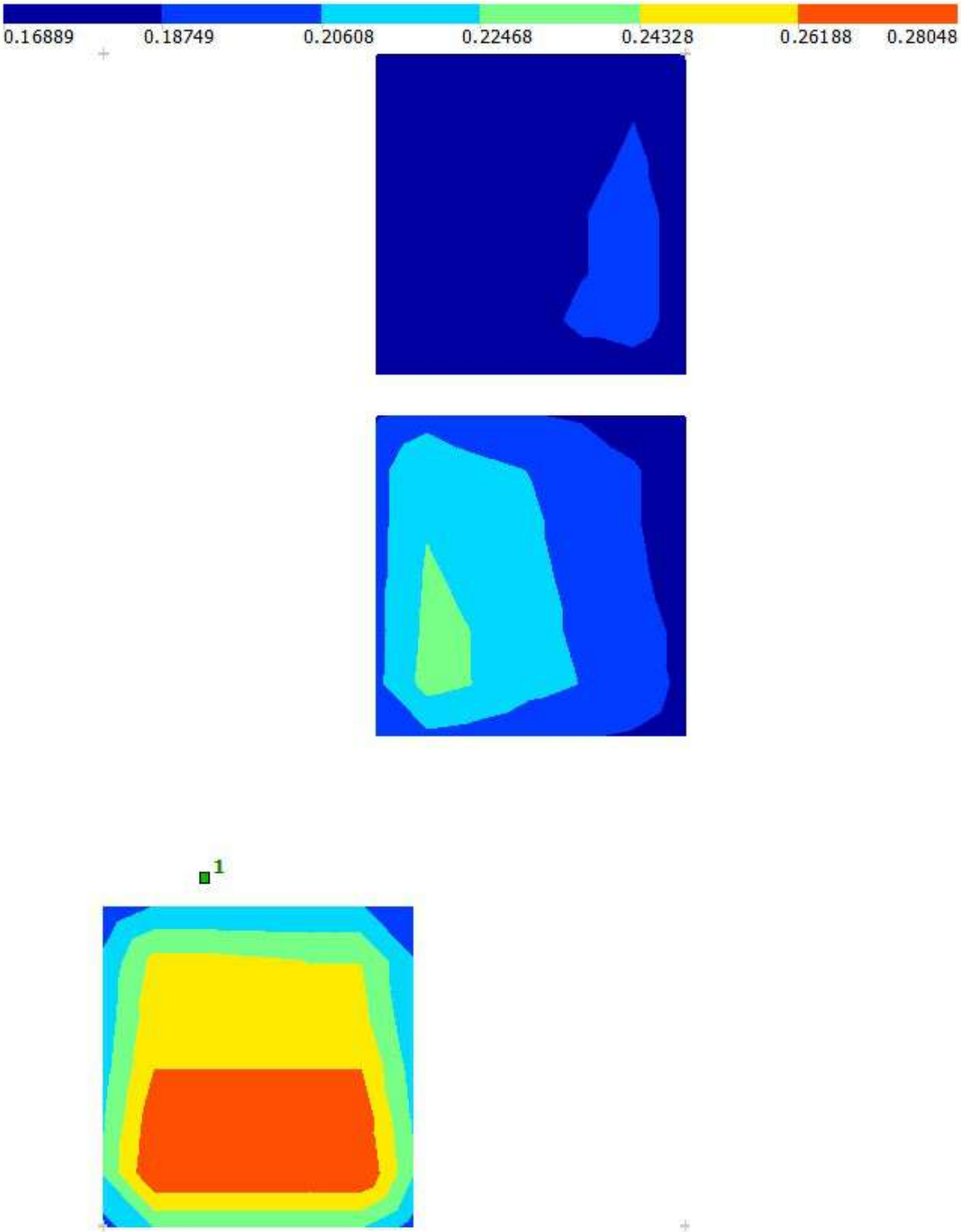


Рис. 5.12 Соотношение давления к сопротивлению

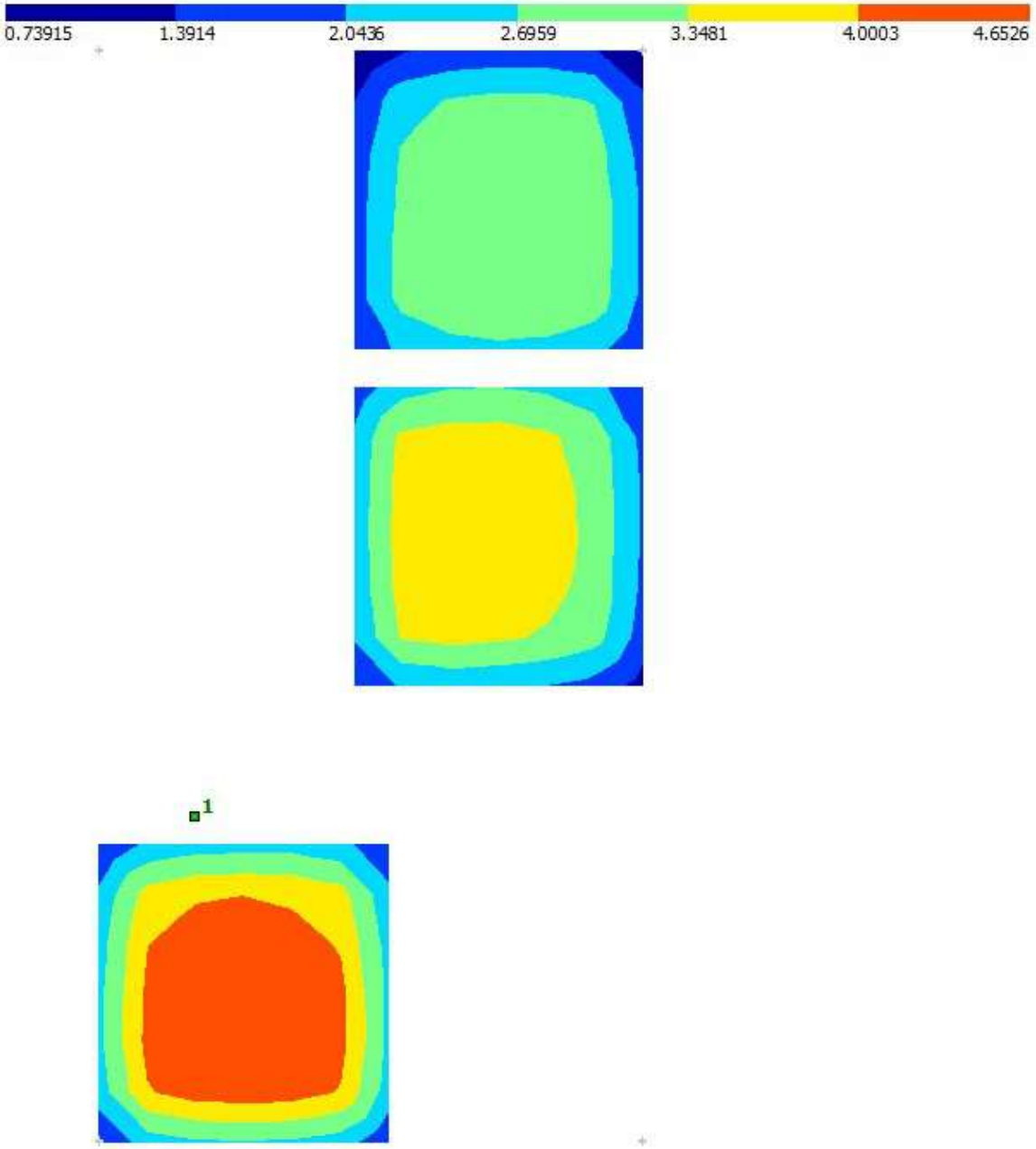


Рис. 5.13 Осадка

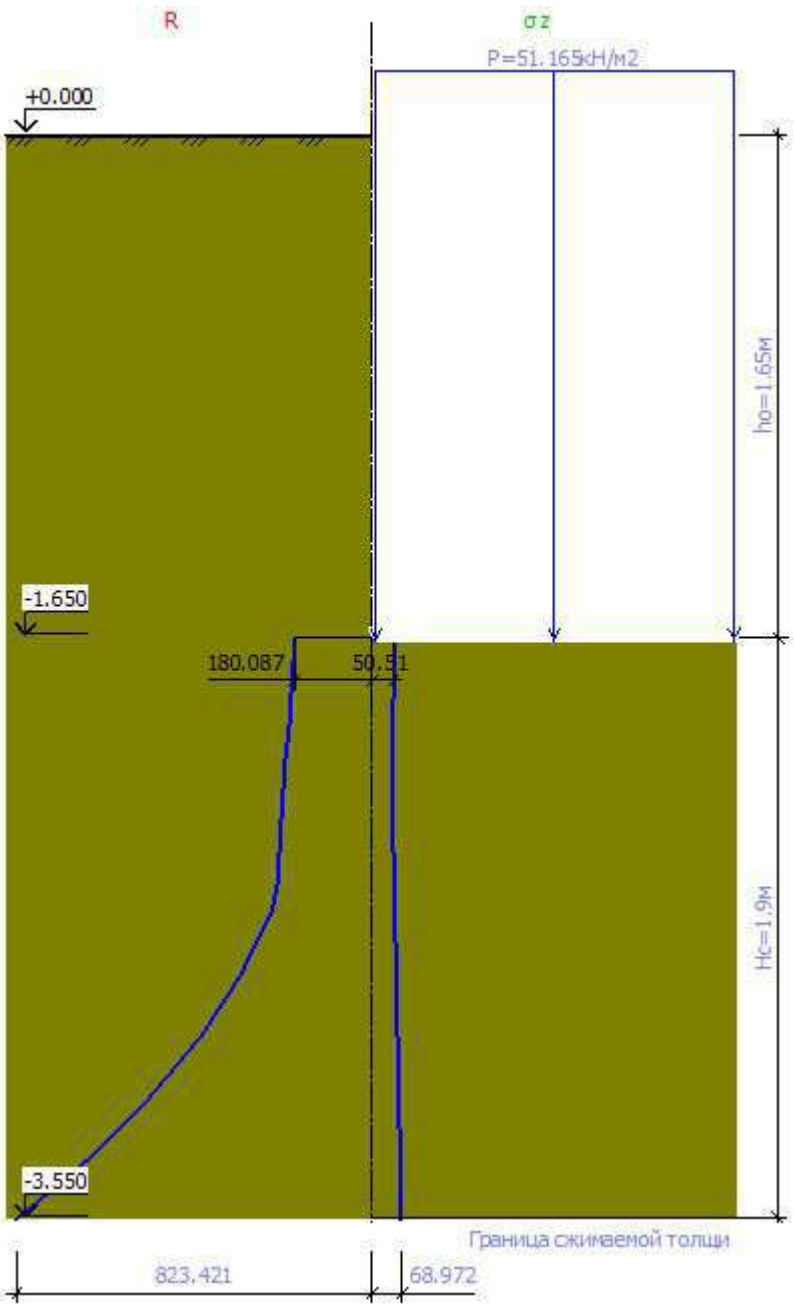


Рис. 5.14 Расчётное сопротивление грунта. Результат в точке

6 Расчётные сочетания нагрузок

Таблица 10.2 Коэффициенты для РСН (02)

Таблица 10.2 Коэффициенты для РСН (02)

Номер комбинации	Имя комбинации	Тип комбинации	Состав комбинации (формула)
1	РСН1_I_6.10a_sup	I - ULS	1(Gsup)1 + 1(Gsup)2 + 1(Gsup)3
2	РСН2_I_6.10b_sup	I - ULS	0.85(Gsup)1 + 0.85(Gsup)2 + 0.85(Gsup)3 + 1(QiB)4 + 0.6(Qw)6
3	РСН3_I_6.10b_sup	I - ULS	0.85(Gsup)1 + 0.85(Gsup)2 + 0.85(Gsup)3 + 1(QiB)4 + 0.6(Qw)7
4	РСН4_I_6.10b_sup	I - ULS	0.85(Gsup)1 + 0.85(Gsup)2 + 0.85(Gsup)3 + 1(QiB)4 + 0.6(Qw)8

Таблица 10.2 Коэффициенты для РСН (02)

Номер комбинации	Имя комбинации	Тип комбинации	Состав комбинации (формула)
5	PCH5_I_6.10b_sup	I - ULS	0.85(Gsup)1 + 0.85(Gsup)2 + 0.85(Gsup)3 + 1(QiB)4 + 0.6(Qw)9
6	PCH6_I_6.10b_sup	I - ULS	0.85(Gsup)1 + 0.85(Gsup)2 + 0.85(Gsup)3 + 0.7(QiB)5 + 0.6(Qw)6
7	PCH7_I_6.10b_sup	I - ULS	0.85(Gsup)1 + 0.85(Gsup)2 + 0.85(Gsup)3 + 0.7(QiB)5 + 0.6(Qw)7
8	PCH8_I_6.10b_sup	I - ULS	0.85(Gsup)1 + 0.85(Gsup)2 + 0.85(Gsup)3 + 0.7(QiB)5 + 0.6(Qw)8
9	PCH9_I_6.10b_sup	I - ULS	0.85(Gsup)1 + 0.85(Gsup)2 + 0.85(Gsup)3 + 0.7(QiB)5 + 0.6(Qw)9
10	PCH10_I_6.10b_sup	I - ULS	0.85(Gsup)1 + 0.85(Gsup)2 + 0.85(Gsup)3 + 0.7(QiB)4 + 0.6(Qw)6
11	PCH11_I_6.10b_sup	I - ULS	0.85(Gsup)1 + 0.85(Gsup)2 + 0.85(Gsup)3 + 0.7(QiB)4 + 0.6(Qw)7
12	PCH12_I_6.10b_sup	I - ULS	0.85(Gsup)1 + 0.85(Gsup)2 + 0.85(Gsup)3 + 0.7(QiB)4 + 0.6(Qw)8
13	PCH13_I_6.10b_sup	I - ULS	0.85(Gsup)1 + 0.85(Gsup)2 + 0.85(Gsup)3 + 0.7(QiB)4 + 0.6(Qw)9
14	PCH14_I_6.10b_sup	I - ULS	0.85(Gsup)1 + 0.85(Gsup)2 + 0.85(Gsup)3 + 1(QiB)5 + 0.6(Qw)6
15	PCH15_I_6.10b_sup	I - ULS	0.85(Gsup)1 + 0.85(Gsup)2 + 0.85(Gsup)3 + 1(QiB)5 + 0.6(Qw)7
16	PCH16_I_6.10b_sup	I - ULS	0.85(Gsup)1 + 0.85(Gsup)2 + 0.85(Gsup)3 + 1(QiB)5 + 0.6(Qw)8
17	PCH17_I_6.10b_sup	I - ULS	0.85(Gsup)1 + 0.85(Gsup)2 + 0.85(Gsup)3 + 1(QiB)5 + 0.6(Qw)9
18	PCH18_I_6.10b_sup	I - ULS	0.85(Gsup)1 + 0.85(Gsup)2 + 0.85(Gsup)3 + 0.7(QiB)4 + 1(Qw)6
19	PCH22_I_6.10b_sup	I - ULS	0.85(Gsup)1 + 0.85(Gsup)2 + 0.85(Gsup)3 + 0.7(QiB)5 + 1(Qw)6
20	PCH27_I_6.10b_sup	I - ULS	0.85(Gsup)1 + 0.85(Gsup)2 + 0.85(Gsup)3 + 0.7(QiB)4 + 1(Qw)7
21	PCH31_I_6.10b_sup	I - ULS	0.85(Gsup)1 + 0.85(Gsup)2 + 0.85(Gsup)3 + 0.7(QiB)5 + 1(Qw)7
22	PCH36_I_6.10b_sup	I - ULS	0.85(Gsup)1 + 0.85(Gsup)2 + 0.85(Gsup)3 + 0.7(QiB)4 + 1(Qw)8
23	PCH40_I_6.10b_sup	I - ULS	0.85(Gsup)1 + 0.85(Gsup)2 + 0.85(Gsup)3 + 0.7(QiB)5 + 1(Qw)8
24	PCH45_I_6.10b_sup	I - ULS	0.85(Gsup)1 + 0.85(Gsup)2 + 0.85(Gsup)3 + 0.7(QiB)4 + 1(Qw)9
25	PCH49_I_6.10b_sup	I - ULS	0.85(Gsup)1 + 0.85(Gsup)2 + 0.85(Gsup)3 + 0.7(QiB)5 + 1(Qw)9
26	PCH50_I_6.10b_sup	I - ULS	0.85(Gsup)1 + 0.85(Gsup)2 + 0.85(Gsup)3 + 1(Qw)6
27	PCH51_I_6.10b_sup	I - ULS	0.85(Gsup)1 + 0.85(Gsup)2 + 0.85(Gsup)3 + 1(Qw)7
28	PCH52_I_6.10b_sup	I - ULS	0.85(Gsup)1 + 0.85(Gsup)2 + 0.85(Gsup)3 + 1(Qw)8

Таблица 10.2 Коэффициенты для РСН (02)

Номер комбинации	Имя комбинации	Тип комбинации	Состав комбинации (формула)
29	PCH53_I_6.10b_sup	I - ULS	0.85(Gsup)1 + 0.85(Gsup)2 + 0.85(Gsup)3 + 1(Qw)9
30	PCH98_IV_6.14b_sup	IV - SLS CHR	0.741(Gsup)1 + 0.741(Gsup)2 + 0.741(Gsup)3 + 0.667(QiB)4 + 0.4(Qw)6
31	PCH99_IV_6.14b_sup	IV - SLS CHR	0.741(Gsup)1 + 0.741(Gsup)2 + 0.741(Gsup)3 + 0.667(QiB)4 + 0.4(Qw)7
32	PCH100_IV_6.14b_sup	IV - SLS CHR	0.741(Gsup)1 + 0.741(Gsup)2 + 0.741(Gsup)3 + 0.667(QiB)4 + 0.4(Qw)8
33	PCH101_IV_6.14b_sup	IV - SLS CHR	0.741(Gsup)1 + 0.741(Gsup)2 + 0.741(Gsup)3 + 0.667(QiB)4 + 0.4(Qw)9
34	PCH102_IV_6.14b_sup	IV - SLS CHR	0.741(Gsup)1 + 0.741(Gsup)2 + 0.741(Gsup)3 + 0.467(QiB)5 + 0.4(Qw)6
35	PCH103_IV_6.14b_sup	IV - SLS CHR	0.741(Gsup)1 + 0.741(Gsup)2 + 0.741(Gsup)3 + 0.467(QiB)5 + 0.4(Qw)7
36	PCH104_IV_6.14b_sup	IV - SLS CHR	0.741(Gsup)1 + 0.741(Gsup)2 + 0.741(Gsup)3 + 0.467(QiB)5 + 0.4(Qw)8
37	PCH105_IV_6.14b_sup	IV - SLS CHR	0.741(Gsup)1 + 0.741(Gsup)2 + 0.741(Gsup)3 + 0.467(QiB)5 + 0.4(Qw)9
38	PCH106_IV_6.14b_sup	IV - SLS CHR	0.741(Gsup)1 + 0.741(Gsup)2 + 0.741(Gsup)3 + 0.467(QiB)4 + 0.4(Qw)6
39	PCH107_IV_6.14b_sup	IV - SLS CHR	0.741(Gsup)1 + 0.741(Gsup)2 + 0.741(Gsup)3 + 0.467(QiB)4 + 0.4(Qw)7
40	PCH108_IV_6.14b_sup	IV - SLS CHR	0.741(Gsup)1 + 0.741(Gsup)2 + 0.741(Gsup)3 + 0.467(QiB)4 + 0.4(Qw)8
41	PCH109_IV_6.14b_sup	IV - SLS CHR	0.741(Gsup)1 + 0.741(Gsup)2 + 0.741(Gsup)3 + 0.467(QiB)4 + 0.4(Qw)9
42	PCH110_IV_6.14b_sup	IV - SLS CHR	0.741(Gsup)1 + 0.741(Gsup)2 + 0.741(Gsup)3 + 0.667(QiB)5 + 0.4(Qw)6
43	PCH111_IV_6.14b_sup	IV - SLS CHR	0.741(Gsup)1 + 0.741(Gsup)2 + 0.741(Gsup)3 + 0.667(QiB)5 + 0.4(Qw)7
44	PCH112_IV_6.14b_sup	IV - SLS CHR	0.741(Gsup)1 + 0.741(Gsup)2 + 0.741(Gsup)3 + 0.667(QiB)5 + 0.4(Qw)8

Таблица 10.2 Коэффициенты для РСН (02)

Номер комбинации	Имя комбинации	Тип комбинации	Состав комбинации (формула)
45	PCH113_IV_6.14b_sup	IV - SLS CHR	0.741(Gsup)1 + 0.741(Gsup)2 + 0.741(Gsup)3 + 0.667(QiB)5 + 0.4(Qw)9
46	PCH114_IV_6.14b_sup	IV - SLS CHR	0.741(Gsup)1 + 0.741(Gsup)2 + 0.741(Gsup)3 + 0.467(QiB)4 + 0.667(Qw)6
47	PCH118_IV_6.14b_sup	IV - SLS CHR	0.741(Gsup)1 + 0.741(Gsup)2 + 0.741(Gsup)3 + 0.467(QiB)5 + 0.667(Qw)6
48	PCH123_IV_6.14b_sup	IV - SLS CHR	0.741(Gsup)1 + 0.741(Gsup)2 + 0.741(Gsup)3 + 0.467(QiB)4 + 0.667(Qw)7
49	PCH127_IV_6.14b_sup	IV - SLS CHR	0.741(Gsup)1 + 0.741(Gsup)2 + 0.741(Gsup)3 + 0.467(QiB)5 + 0.667(Qw)7
50	PCH132_IV_6.14b_sup	IV - SLS CHR	0.741(Gsup)1 + 0.741(Gsup)2 + 0.741(Gsup)3 + 0.467(QiB)4 + 0.667(Qw)8
51	PCH136_IV_6.14b_sup	IV - SLS CHR	0.741(Gsup)1 + 0.741(Gsup)2 + 0.741(Gsup)3 + 0.467(QiB)5 + 0.667(Qw)8
52	PCH141_IV_6.14b_sup	IV - SLS CHR	0.741(Gsup)1 + 0.741(Gsup)2 + 0.741(Gsup)3 + 0.467(QiB)4 + 0.667(Qw)9
53	PCH145_IV_6.14b_sup	IV - SLS CHR	0.741(Gsup)1 + 0.741(Gsup)2 + 0.741(Gsup)3 + 0.467(QiB)5 + 0.667(Qw)9
54	PCH78_V_6.15b_sup	V - SLS FRE	0.741(Gsup)1 + 0.741(Gsup)2 + 0.741(Gsup)3 + 0.333(QiB)4
55	PCH82_V_6.15b_sup	V - SLS FRE	0.741(Gsup)1 + 0.741(Gsup)2 + 0.741(Gsup)3 + 0.2(QiB)5
56	PCH86_V_6.15b_sup	V - SLS FRE	0.741(Gsup)1 + 0.741(Gsup)2 + 0.741(Gsup)3 + 0.2(QiB)4
57	PCH90_V_6.15b_sup	V - SLS FRE	0.741(Gsup)1 + 0.741(Gsup)2 + 0.741(Gsup)3 + 0.333(QiB)5
58	PCH102_VI_6.16b_sup	VI - SLS QPR	0.741(Gsup)1 + 0.741(Gsup)2 + 0.741(Gsup)3 + 0.2(QiB)4
59	PCH103_VI_6.16b_sup	VI - SLS QPR	0.741(Gsup)1 + 0.741(Gsup)2 + 0.741(Gsup)3 + 0.2(QiB)5

Таблица 6.1 Нагрузки на фрагмент по РСН [СП РК EN 1990:2002+A1:2005/2011_1] (01)

СПИСОК НАИМЕНОВАНИЙ ГРУПП УЗЛОВ

1. Балка площадки
2. Базы стоек

******

СПИСОК НАИМЕНОВАНИЙ РСН

1. PCH1_I_6.10a_sup
2. PCH2_I_6.10b_sup
3. PCH3_I_6.10b_sup
4. PCH4_I_6.10b_sup
5. PCH5_I_6.10b_sup
6. PCH6_I_6.10b_sup
7. PCH7_I_6.10b_sup
8. PCH8_I_6.10b_sup
9. PCH9_I_6.10b_sup
10. PCH10_I_6.10b_sup
11. PCH11_I_6.10b_sup
12. PCH12_I_6.10b_sup
13. PCH13_I_6.10b_sup
14. PCH14_I_6.10b_sup
15. PCH15_I_6.10b_sup
16. PCH16_I_6.10b_sup
17. PCH17_I_6.10b_sup
18. PCH18_I_6.10b_sup
19. PCH22_I_6.10b_sup
20. PCH27_I_6.10b_sup
21. PCH31_I_6.10b_sup
22. PCH36_I_6.10b_sup
23. PCH40_I_6.10b_sup
24. PCH45_I_6.10b_sup
25. PCH49_I_6.10b_sup
26. PCH50_I_6.10b_sup
27. PCH51_I_6.10b_sup
28. PCH52_I_6.10b_sup
29. PCH53_I_6.10b_sup
30. PCH98_IV_6.14b_sup
31. PCH99_IV_6.14b_sup
32. PCH100_IV_6.14b_sup
33. PCH101_IV_6.14b_sup
34. PCH102_IV_6.14b_sup
35. PCH103_IV_6.14b_sup
36. PCH104_IV_6.14b_sup
37. PCH105_IV_6.14b_sup
38. PCH106_IV_6.14b_sup
39. PCH107_IV_6.14b_sup
40. PCH108_IV_6.14b_sup
41. PCH109_IV_6.14b_sup
42. PCH110_IV_6.14b_sup
43. PCH111_IV_6.14b_sup
44. PCH112_IV_6.14b_sup
45. PCH113_IV_6.14b_sup

46. PCH114_IV_6.14b_sup
47. PCH118_IV_6.14b_sup
48. PCH123_IV_6.14b_sup
49. PCH127_IV_6.14b_sup
50. PCH132_IV_6.14b_sup
51. PCH136_IV_6.14b_sup
52. PCH141_IV_6.14b_sup
53. PCH145_IV_6.14b_sup
54. PCH78_V_6.15b_sup
55. PCH82_V_6.15b_sup
56. PCH86_V_6.15b_sup
57. PCH90_V_6.15b_sup
58. PCH102_VI_6.16b_sup
59. PCH103_VI_6.16b_sup

Таблица 6.1 Нагрузки на фрагмент по РСН [СП РК EN 1990:2002+A1:2005/2011_1] (01)

Группа узлов	РСН	Узел	Px, кН	Py, кН	Pz, кН	Mx, кН*м	My, кН*м	Mz, кН*м
1	1	2	0.0481141	0.282065	2.12668	0	0.204339	0
1	1	59	-0.0692843	1.16727	1.17936	-1.27772	0.110713	-0.660902
1	3	59	-0.0318557	-0.348585	25.0595	-7.13554	0.415695	-2.35085
1	5	59	0.0155349	-0.54811	26.3607	-7.27079	0.356689	-2.01241
1	27	59	-0.0983839	1.15845	-0.0819125	-0.973364	0.143277	-0.843805
2	2	138	-1.06459	0.164996	5.93625	-0.578477	-2.63234	0
2	4	1	1.08407	0.138519	13.5682	-0.485648	5.32543	0
2	5	57	0.0155349	-0.45046	27.35	-6.57137	0.381017	-2.01241

7 Результаты расчёта

7.1 Протокол расчёта

Протокол расчета
Дата: 08.07.2025
FESolver.exe 2025.2.0.0 15.04.2025 15:04
GenuineIntel Intel(R) Core(TM) i7-8700T CPU @ 2.40GHz 6 cores 12 threads 6(1572864) L2 cache
Microsoft Windows 10 Professional RUS 64-bit. Build 19045
Размер доступной физической памяти = 6086577664
22:34 Чтение исходных данных из файла E:\Data\Лестница ЛЭ2.txt
22:34 Контроль исходных данных основной схемы
Количество узлов = 205 (из них количество неудаленных = 205)
Количество элементов = 322 (из них количество неудаленных = 322)
22:34 Разделение линейных загружений на блоки
Линейные загружения разделены на 1 блока
ОСНОВНАЯ СХЕМА
22:34 Оптимизация порядка неизвестных
РАСЧЕТ БЛОКА ЗАГРУЖЕНИЙ №№ 1-9
Количество неизвестных = 958
РАСЧЕТ НА СТАТИЧЕСКИЕ ЗАГРУЖЕНИЯ
22:34 Формирование матрицы жесткости
22:34 Формирование векторов нагрузок
22:34 Разложение матрицы жесткости
22:34 Вычисление неизвестных
22:34 Контроль решения
Формирование результатов
22:34 Формирование топологии
22:34 Формирование перемещений
22:34 Вычисление и формирование усилий в элементах
22:34 Вычисление и формирование реакций в элементах
22:34 Вычисление и формирование эпюр усилий в стержнях
22:34 Вычисление и формирование эпюр прогибов в стержнях
Суммарные узловые нагрузки на основную схему:
Загружение 1 PX=0 PY=-3.46945e-18 PZ=6.28425 PUX=-0.00332427 PUY=-0.00183505 PUZ=0.00229972 PW=0
Загружение 2 PX=0 PY=3.46945e-18 PZ=0.307608 PUX=-0.00419026 PUY=0.000147925 PUZ=0.00285982 PW=0
Загружение 3 PX=0 PY=0 PZ=9.33504 PUX=-3.9465e-17 PUY=-2.81893e-17 PUZ=0 PW=0
Загружение 4 PX=0 PY=-8.32667e-17 PZ=4.57931 PUX=-0.0453589 PUY=0.0177601 PUZ=0.0413619 PW=0

Загружение 5 PX=0 PY=-8.32667e-17 PZ=2.75147 PUX=-0.0375705 PUY=0.00133133 PUZ=0.0257385 PW=0

Загружение 6 PX=-0.130705 PY=0 PZ=0 PUX=0 PUY=0.000153733 PUZ=-0.000381828 PW=0

Загружение 7 PX=0 PY=-0.128008 PZ=6.50521e-19 PUX=-0.000153733 PUY=0.000571966 PUZ=9.72801e-08 PW=0

Загружение 8 PX=0.130705 PY=0 PZ=0 PUX=0 PUY=-0.000153733 PUZ=0.000381828 PW=0

Загружение 9 PX=0 PY=0.128008 PZ=-6.50521e-19 PUX=0.000153733 PUY=-0.000571966 PUZ=-9.72801e-08 PW=0

Расчет успешно завершен

Затраченное время = 0 мин

7.2 Перемещение основных узлов

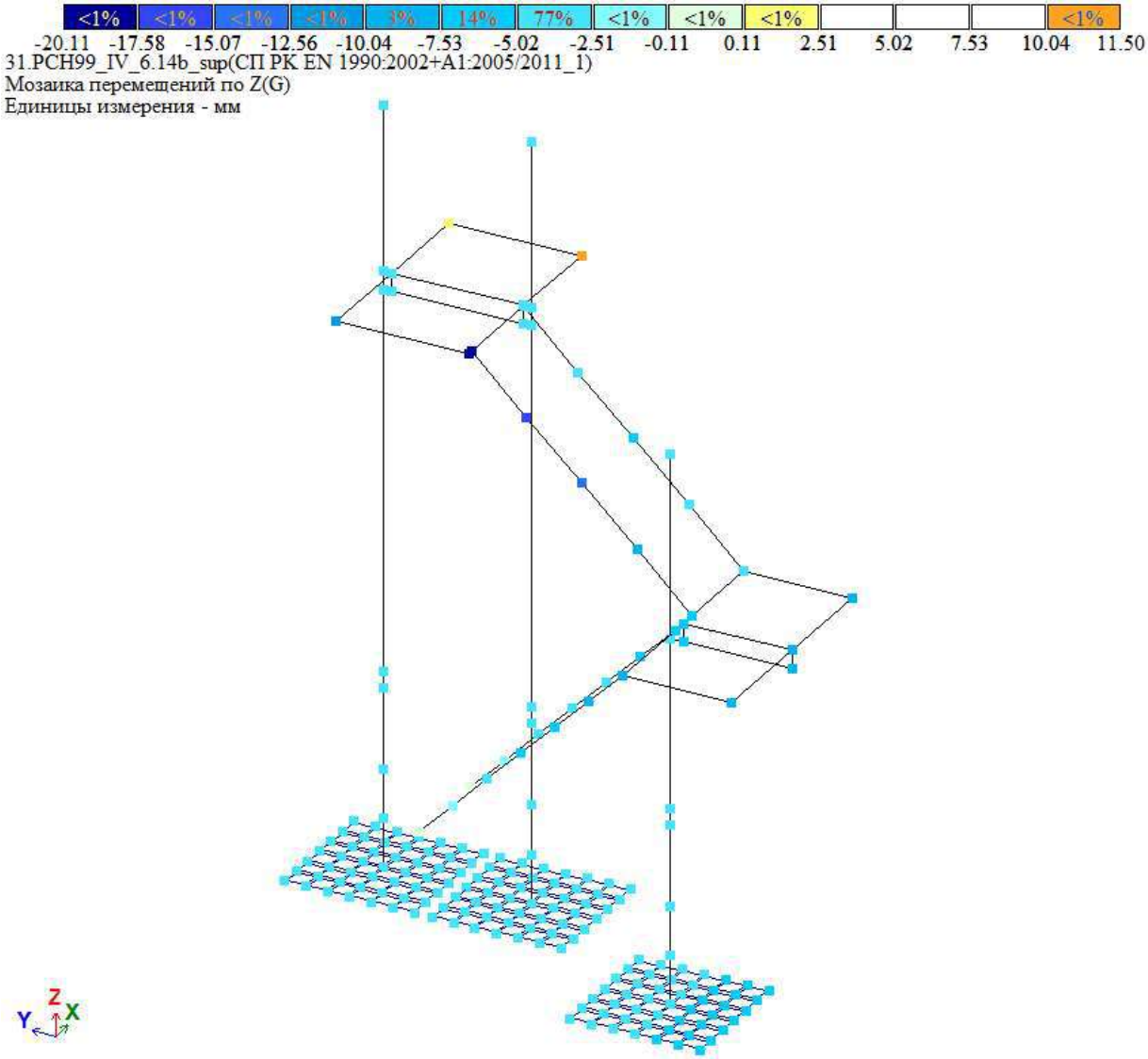


Рис. 7.1 Мозаика перемещений по Z(G)

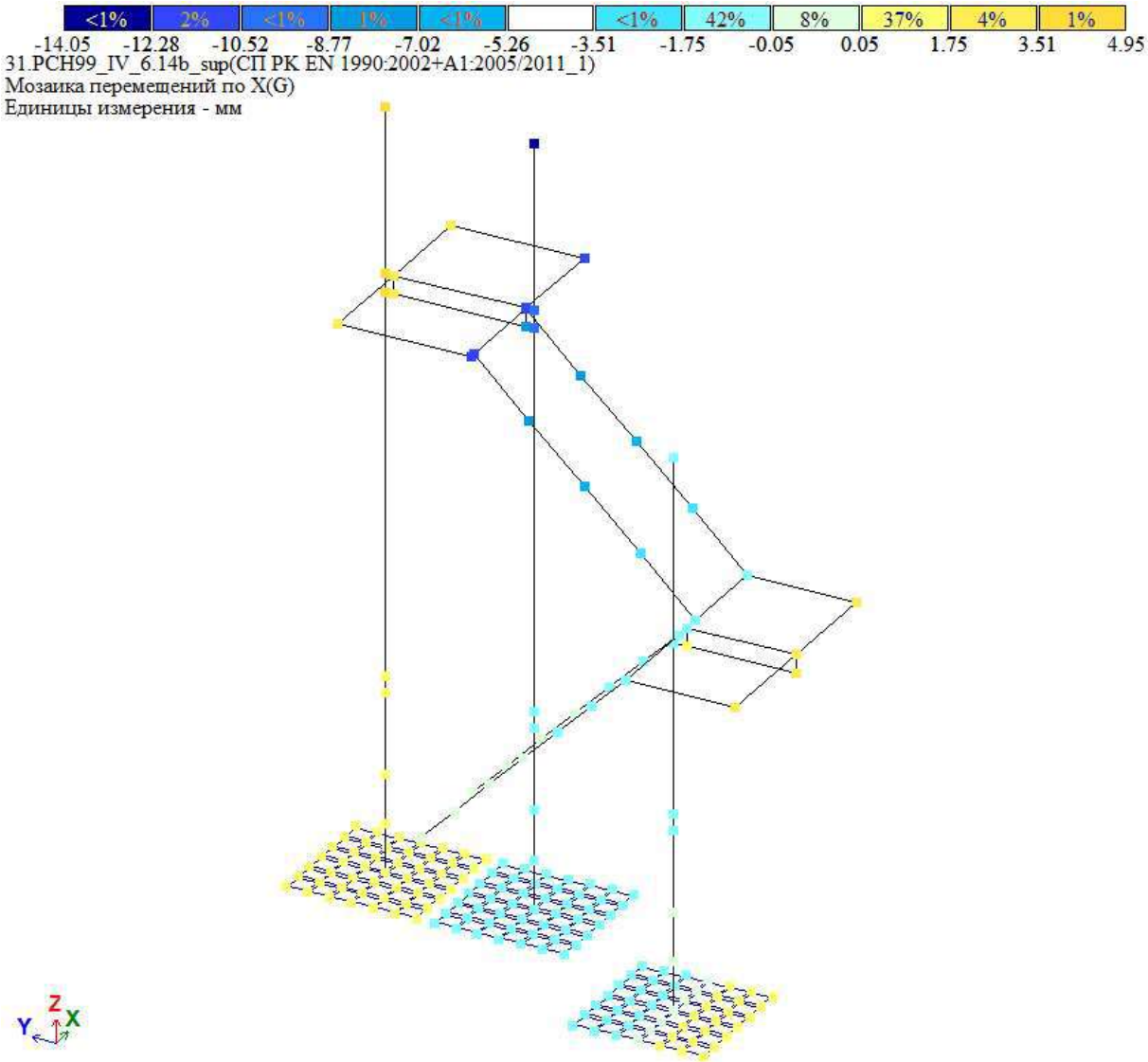


Рис. 7.2 Мозаика перемещений по X(G)

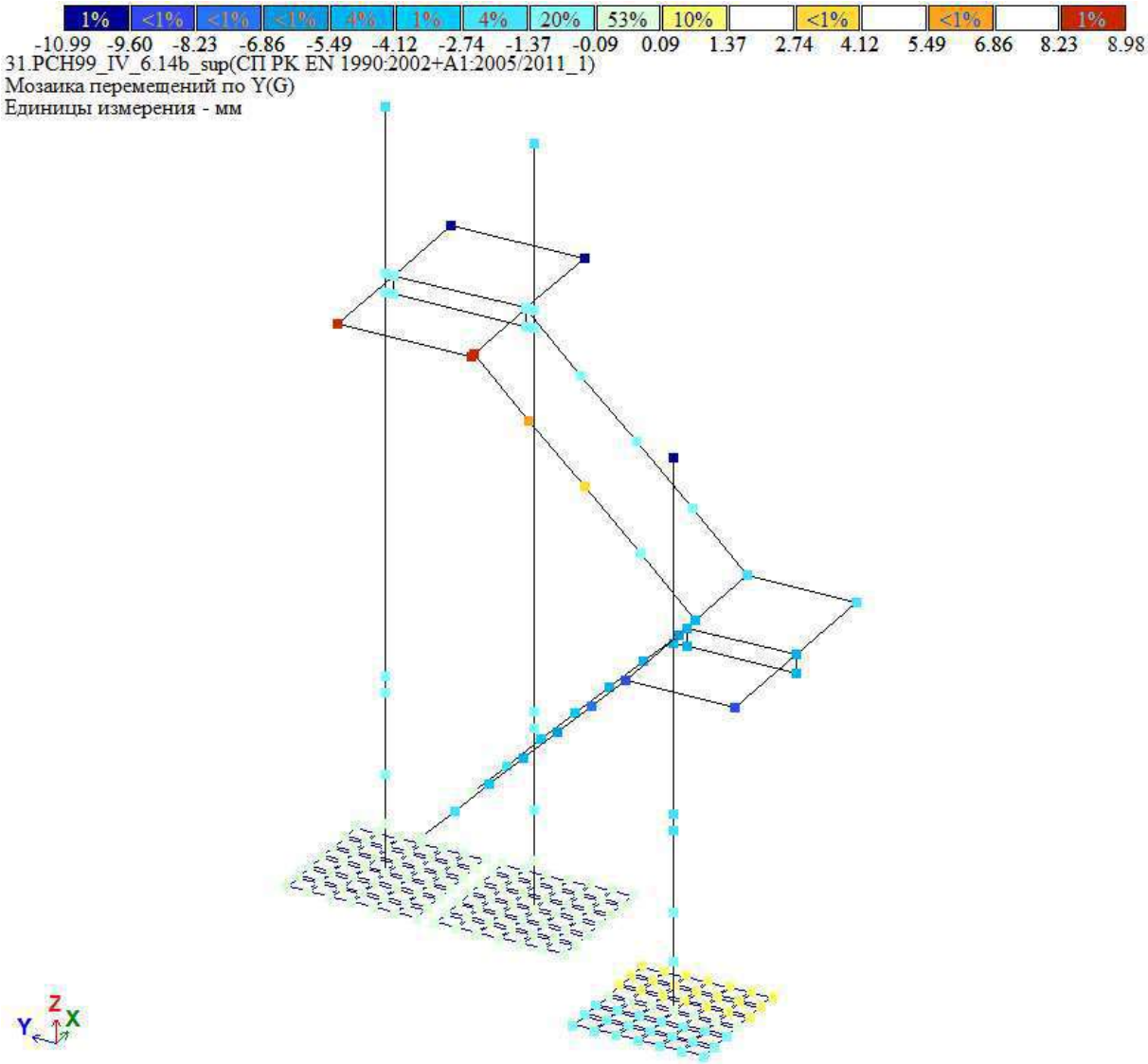


Рис. 7.3 Мозаика перемещений по Y(G)

7.3 Расчёт железобетонных элементов здания

Если подбор арматуры осуществлялся для унифицированных групп элементов, для конструктивных элементов и унифицированных групп конструктивных элементов, то формируется таблица, в которую заносится информация о составе:

- Номер УГКоЕ - номера унифицированных групп конструктивных элементов;
- Номер КоЕ - номера конструктивных элементов;
- Номер УГ - номера унифицированных групп элементов;
- ВИД - символьное обозначение (С - стержень; К - колонна; Б - балка; Т - балка-стенка;
- П - плита; О - оболочка);
- НОМЕРА ЭЛЕМЕНТОВ В РАСЧЕТНОЙ СХЕМЕ - номера элементов, входящих в унифицированную группу или в конструктивный элемент.

  Таблица результатов подбора арматуры:
- ЭЛЕМЕНТ - номер элемента в расчетной схеме;
- СЕЧЕНИЕ - номер армируемого сечения стержневого элемента;
- Буквой 'С' обозначается симметричное армирование, а буквой 'Н' - несимметричное.
- Знаком '*' ('1*', '2*', '3*') отмечена арматура обусловленная кручением.
- Знаком 'f+' отмечена арматура подобранная с учетом огнестойкости.
- Знаком '^' арматура подобранная по сочетаниям прогрессирующего разрушения
- ПРОДОЛЬНАЯ АРМАТУРА - площади подобранной продольной арматуры и процент армирования.

  Для стержней (см²):
- AU1 - площадь угловой нижней продольной арматуры (в левом нижнем угле сечения);
- AU2 - площадь угловой нижней продольной арматуры (в правом нижнем угле сечения);
- AU3 - площадь угловой верхней продольной арматуры (в левом верхнем угле сечения);
- AU4 - площадь угловой верхней продольной арматуры (в правом верхнем угле сечения);
- AS1 - площадь нижней продольной арматуры;
- AS2 - площадь верхней продольной арматуры;
- AS3 - площадь боковой продольной арматуры (у левой грани сечения);
- AS4 - площадь боковой продольной арматуры (у правой грани сечения);
- %% - процент армирования для сечения.

Для пластин (см²/пм):

- AS1 - площадь нижней арматуры по направлению X;
- AS2 - площадь верхней арматуры по направлению X;
- AS3 - площадь нижней арматуры по направлению Y;
- AS4 - площадь верхней арматуры по направлению Y;
- %% X, Y, XY- проценты армирования по направлениям X и Y, суммарный;
-
- ПОПЕРЕЧНАЯ АРМАТУРА - площади поперечной арматуры при шагах 15,20,30 см
- Для стержней (см2): ASW1, ASW2 - вертикальная и горизонтальная поперечная арматура;
- Для пластин (см2/пм): ASW1, ASW2 - поперечная арматура по направлениям X и Y;
- ШИРИНА РАСКРЫТИЯ ТРЕЩИН - ширина кратковременного и длительного раскрытия трещин (мм).

Результаты подбора арматуры заносятся в строки :

- СТРОКА 1 - полная арматура, подобранная по I и II группам предельных состояний
- СТРОКА 2 - арматура, подобранная по I группе предельных состояний
- СТРОКА 3 (4, 5) - арматура обусловленная кручением (для стержней и отмечена знаком '*')
- СТРОКА 4 (6) - арматура подобранная с учетом огнестойкости (отмечена знаком 'f+')
- СТРОКА - арматура подобранная по сочетаниям прогрессирующего разрушения (отмечена знаком '^')

Для норм СП 63.13330.2012/2018 арматура от кручения выдается для каждой грани сечения.

(Подобранная арматура от кручения не входит в результаты полной арматуры.)

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ МОДУЛЕЙ АРМИРОВАНИЯ

Модуль "СТЕРЖЕНЬ" - косое внецентренное нагружение с кручением. Модуль выполняет подбор арматуры

при наличии в сечениях стержня:

- нормальной силы (сжатие или растяжение) N;
- крутящего момента M_x;
- изгибающих моментов в двух плоскостях M_y,M_z;
- перерезывающих сил Q_z,Q_y.

Выполняется расчет по предельным состояниям первой и второй группы (прочность и трещиностойкость).

Армируемые сечения: прямоугольное, тавровое, двутавровое, коробчатое, круглое, кольцевое, крестовое, уголковое, тавровое со смещенной полкой, сталежелезобетонные сечения.

По желанию пользователя может быть выбран алгоритм подбора арматуры.

- Алгоритм дискретной арматуры с приоритетным расположением стержней в угловых зонах сечения. Режим "выделять угловые стержни".

- Алгоритм распределенной арматуры с равномерным расположением расчетных площадей арматуры вдоль нижней и верхней стороны сечения ("размазанная" арматура). Режим "не выделять угловые стержни". Данный алгоритм не допускается: при расчете пространственного стержня; при наличии арматуры, обусловленной действием крутящего момента; в двутавровом сечении; при преобладающем моменте M_z.

По желанию может быть получено симметричное и несимметричное армирование относительно оси Y или Z.

Подбор поперечной арматуры осуществляется исходя из величины перерезывающей силы по направлениям Y и Z на единицу длины. Результаты подбора поперечной арматуры - площадь арматуры по направлениям Y и Z при шагах 15, 20, 30 см.

Для подобранной арматуры по условиям трещиностойкости определяется ширина продолжительного и кратковременного раскрытия трещин. Ширина раскрытия трещин определяется по направлениям Z и Y.

В таблицу результатов заносится большее значение. При подборе арматуры, обусловленной кручением для сечений типов тавр, двутавр, крест, уголок возможно получить результаты отдельно для стенок и полок – многоконтурность.

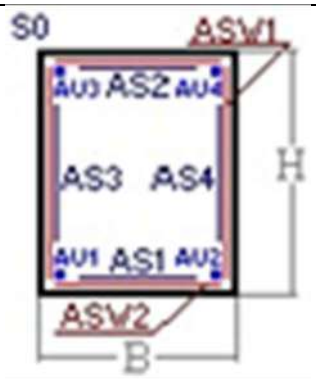
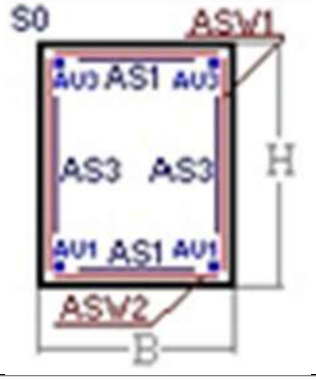
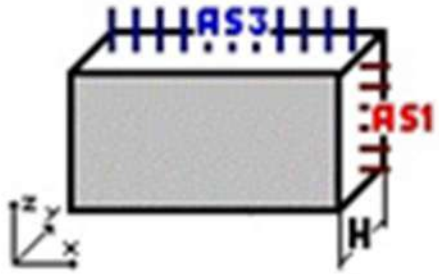
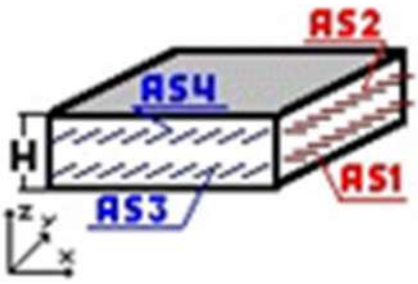
Модуль "ПЛИТА" предназначен для подбора арматуры плоских железобетонных элементов. Подбор продольной арматуры осуществлен исходя из условий прочности и трещиностойкости по направлениям X и Y на один погонный метр.

В таблице результатов в первую строку заносятся полные результаты подбора арматуры (по условиям трещиностойкости, прочности, огнестойкости), во вторую - по условиям прочности, в третью - арматура подобранная с учетом огнестойкости.

Результаты подбора продольной арматуры:

- AS1 - площадь нижней арматуры по направлению X (см²/м);
- AS2 - площадь верхней арматуры по направлению X (см²/м);
- AS3 - площадь нижней арматуры по направлению Y (см²/м);
- AS4 - площадь верхней арматуры по направлению Y (см²/м);
- Подбор поперечной арматуры осуществляется исходя из величины перерезывающей силы по направлениям X и Y на один погонный метр. Результаты подбора поперечной арматуры - площадь арматуры по направлениям X и Y при шагах 15,20,30 см.

Для подобранной арматуры по условиям трещиностойкости определяется ширина продолжительного и кратковременного раскрытия трещин. Ширина раскрытия трещин определяется по направлениям X и Y, и в таблицу заносится большее значение.

	Прямоугольник (несимметричная арматура)
	Прямоугольник (симметричная арматура)
	Балка-стенка
	Пластина/Оболочка

7.3.1 Подошва фундаментов

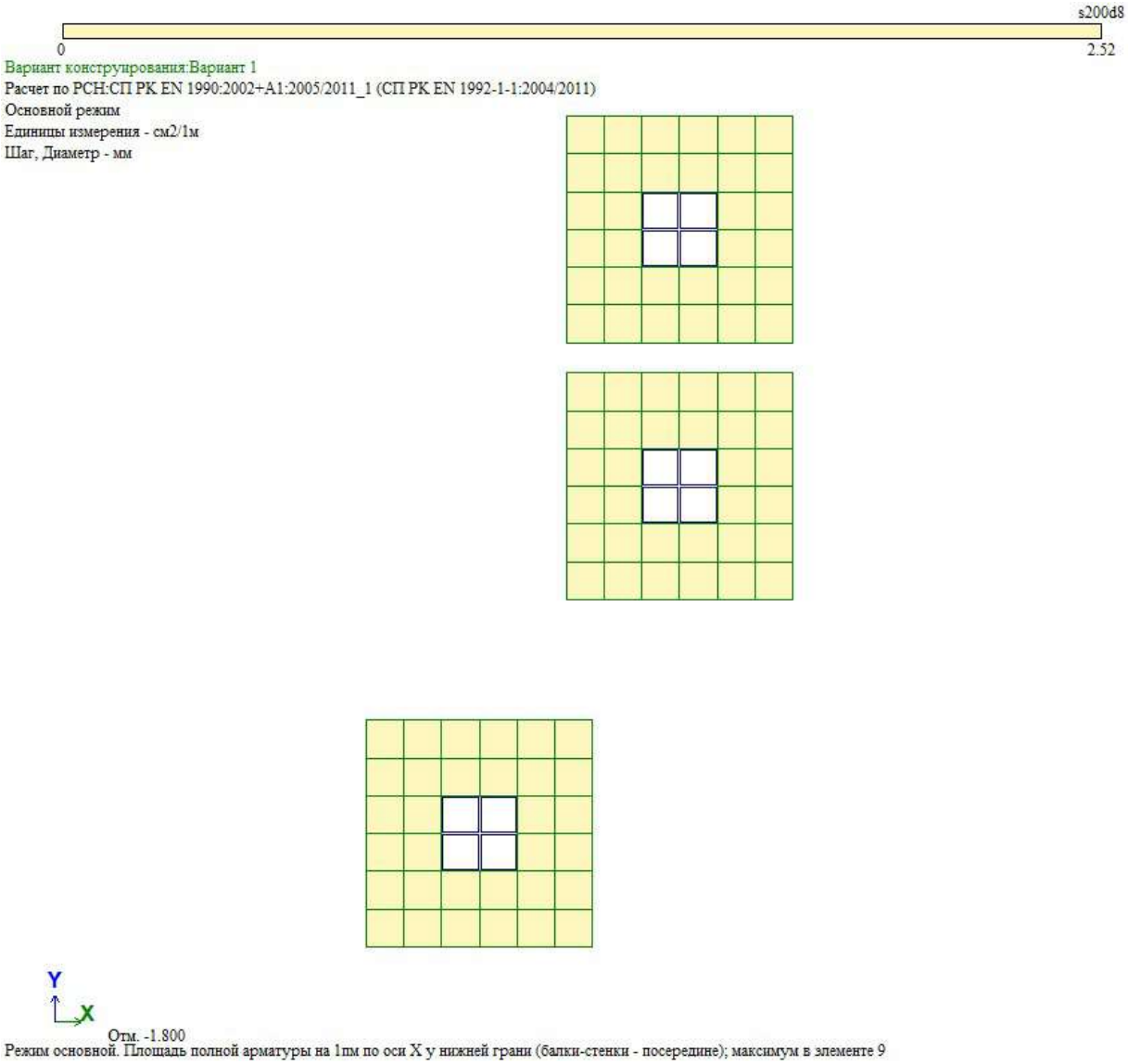


Рис. 7.4 Арматура вдоль оси X1 у нижней грани. Вариант 1

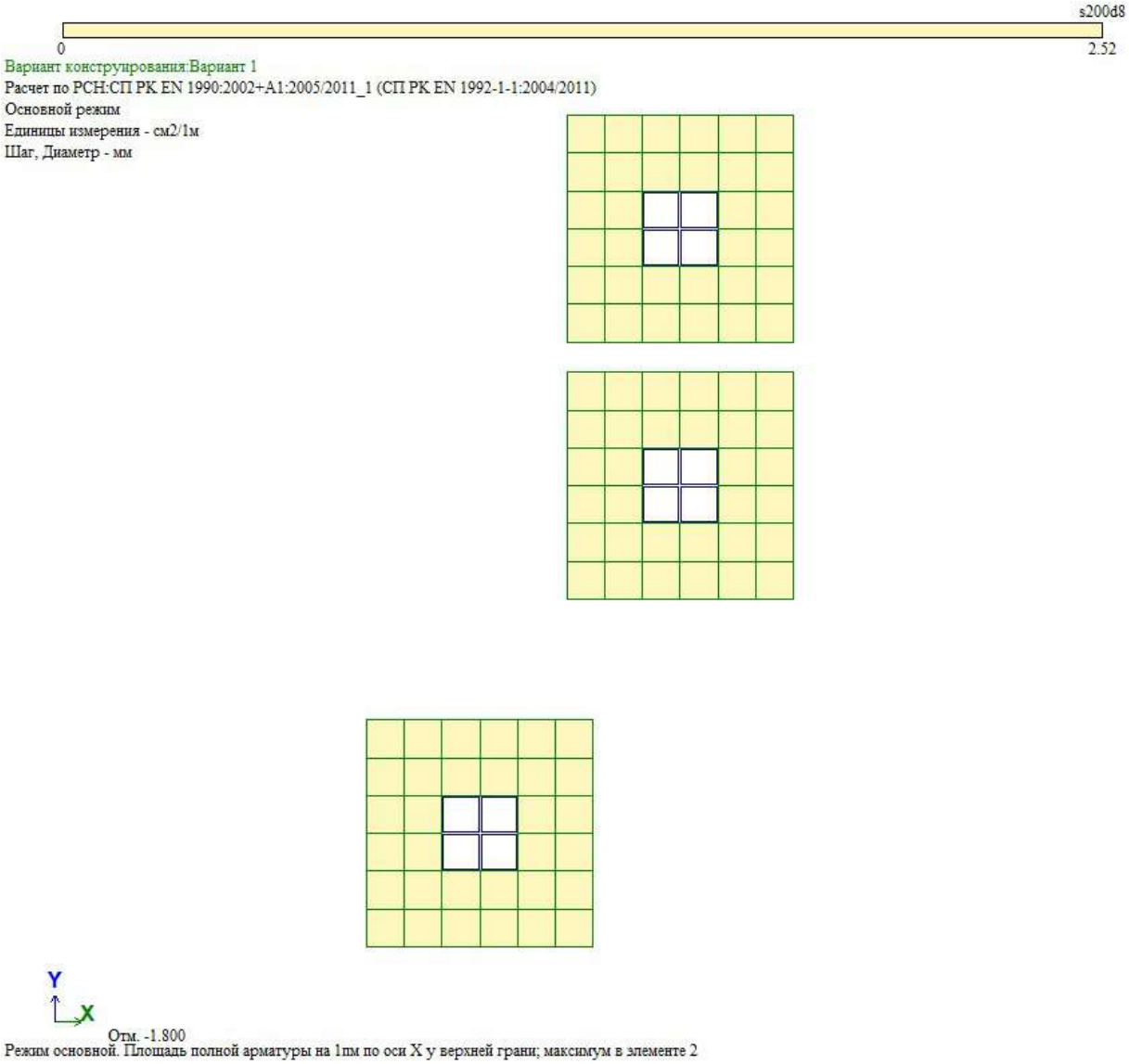


Рис. 7.5 Арматура вдоль оси X1 у верхней грани. Вариант 1

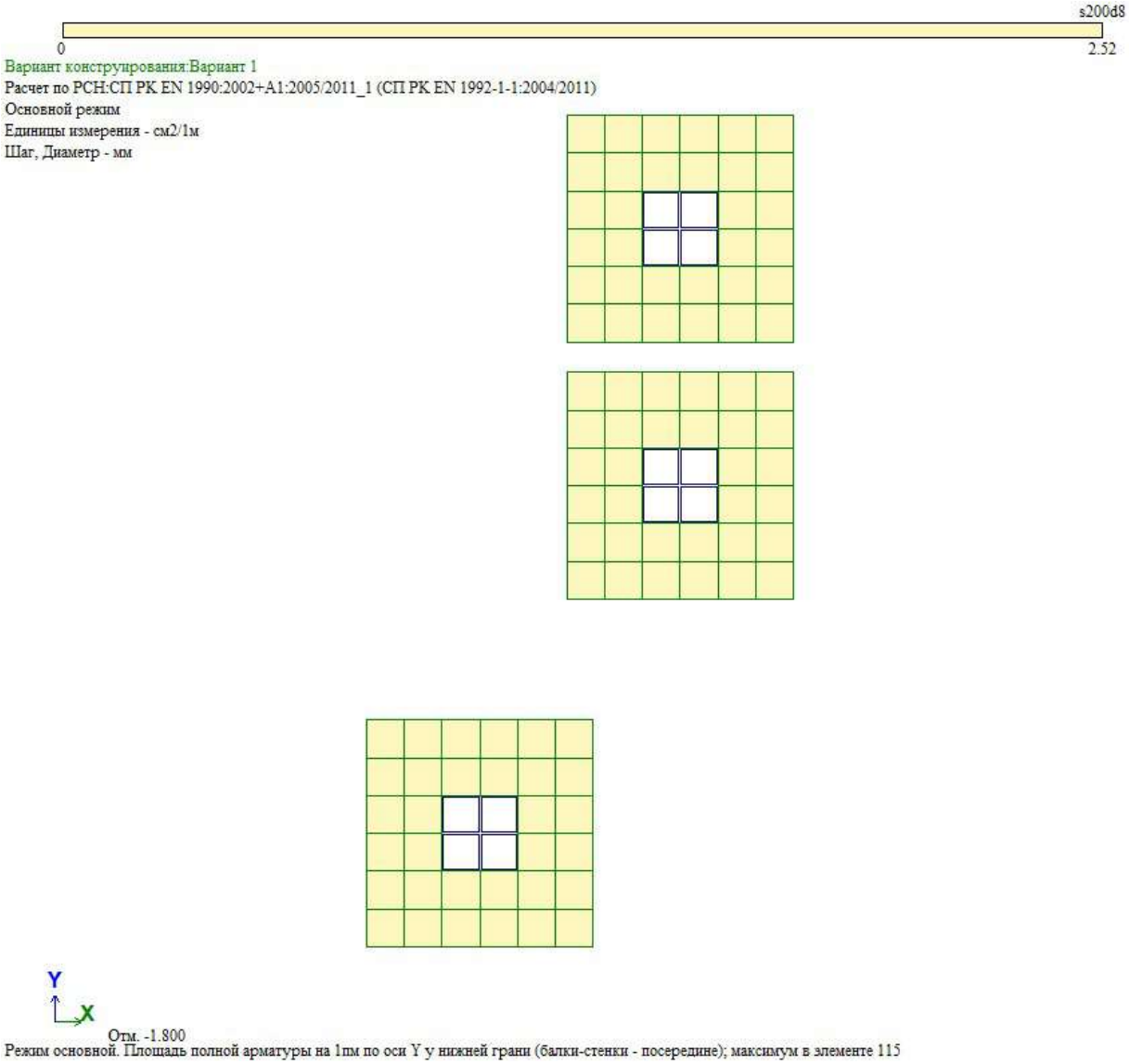


Рис. 7.6 Арматура вдоль оси Y1 у нижней грани. Вариант 1

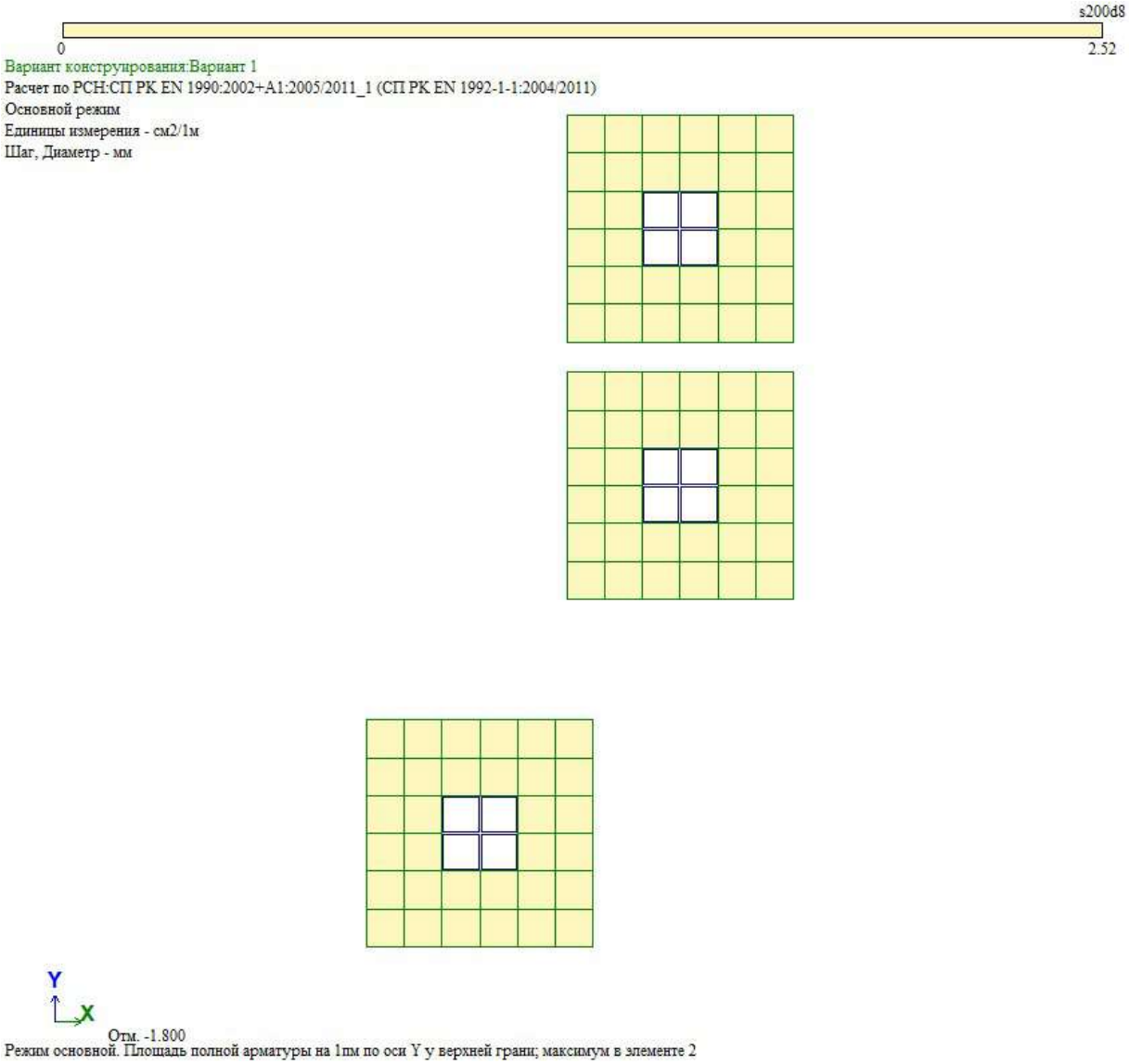


Рис. 7.7 Арматура вдоль оси Y1 у верхней грани. Вариант 1

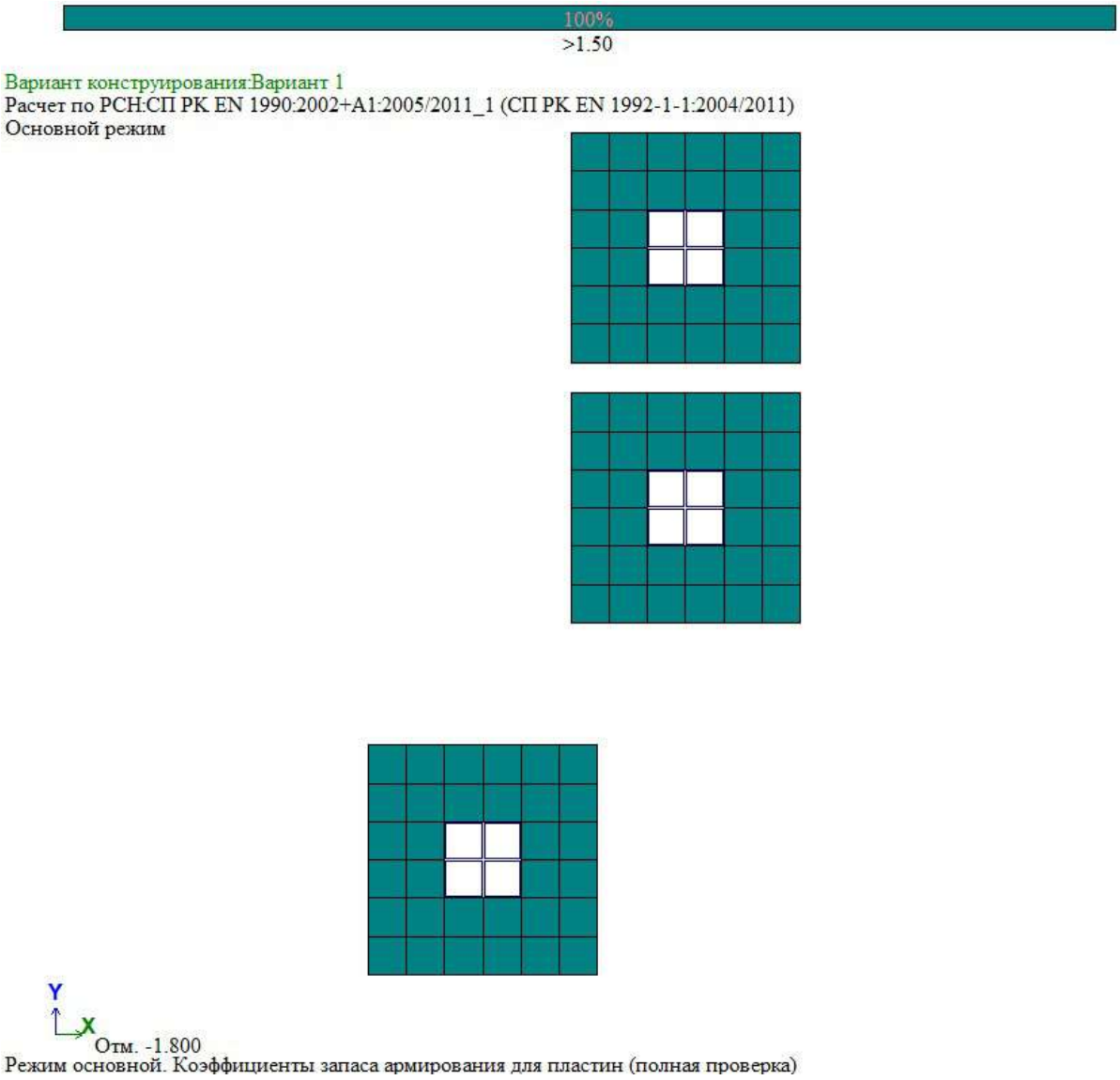


Рис. 7.8 Режим основной. Коэффициенты запаса армирования для пластин (полная проверка)

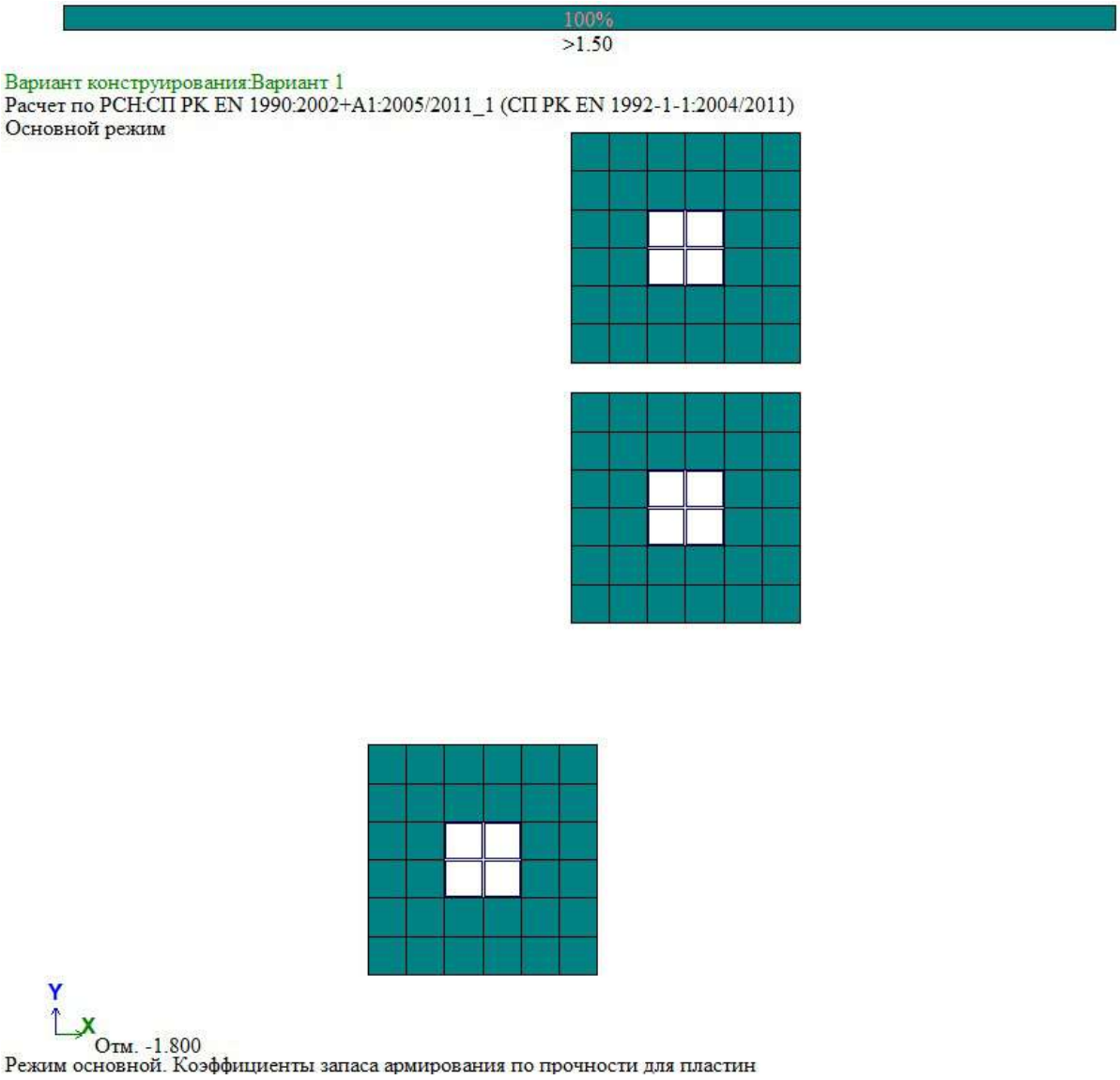


Рис. 7.9 Режим основной. Коэффициенты запаса армирования по прочности для пластин

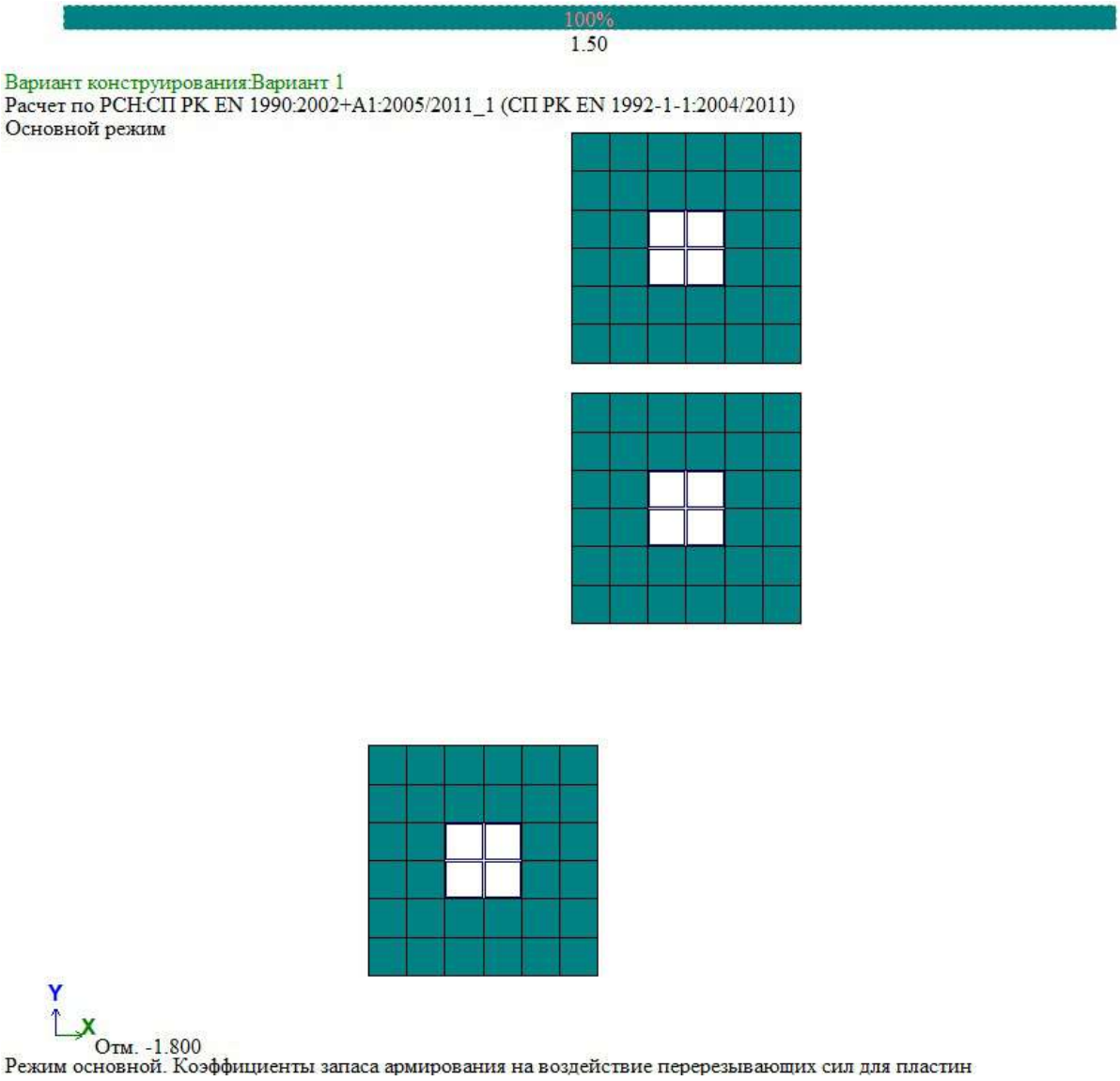


Рис. 7.10 Режим основной. Коэффициенты запаса армирования на воздействие перерезывающих сил для пластин

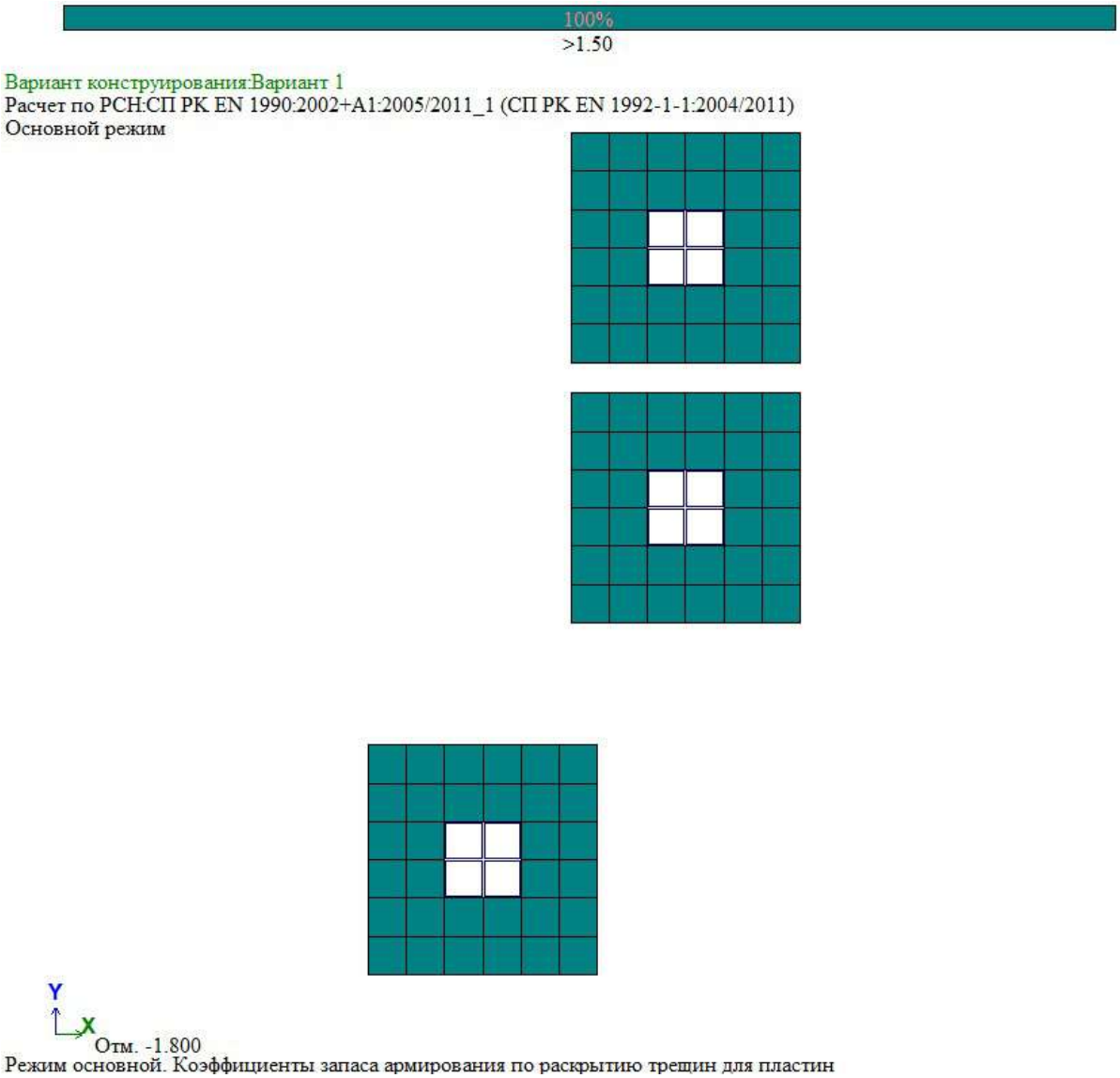


Рис. 7.11 Режим основной. Коэффициенты запаса армирования по раскрытию трещин для пластин

7.3.2 Подколонники

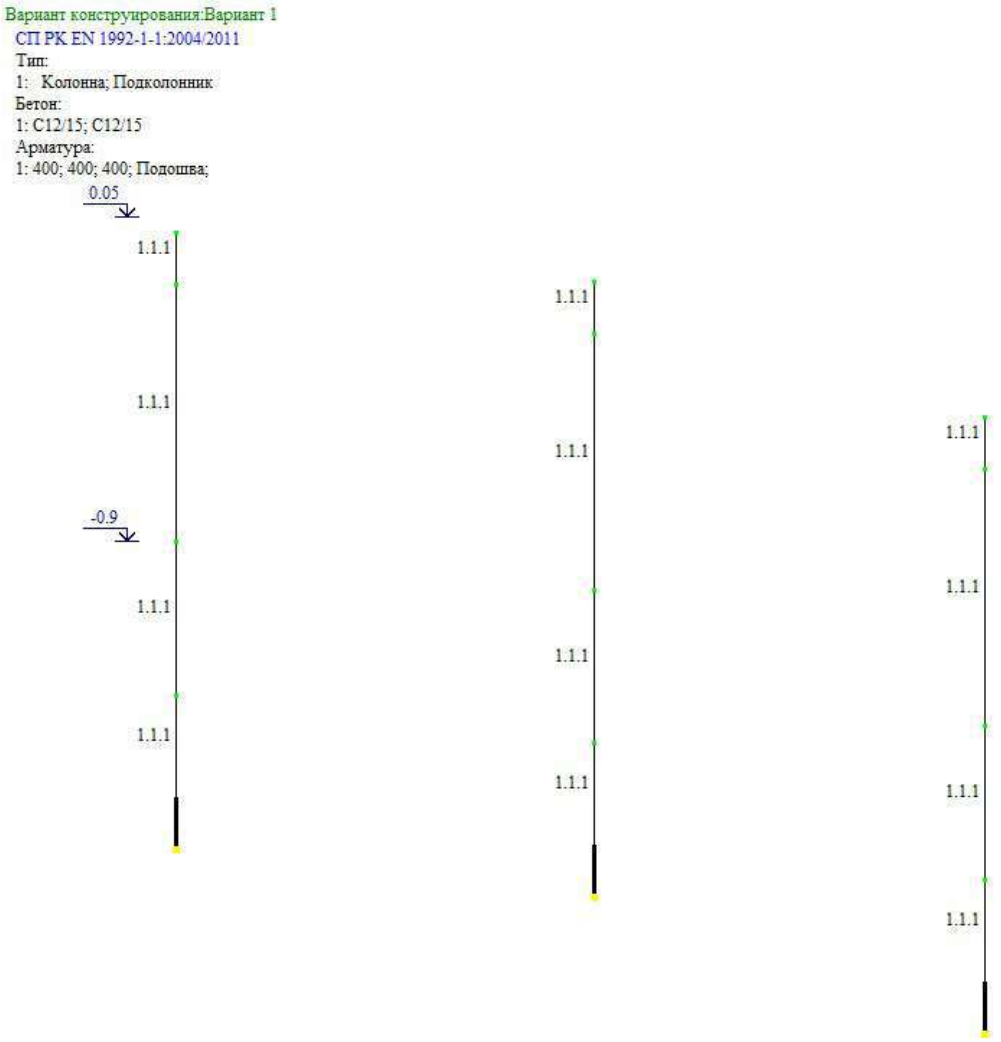


Рис. 7.12 Расчетные характеристики и материалы. Вариант 1

7.3.2.1 Симметричное армирование

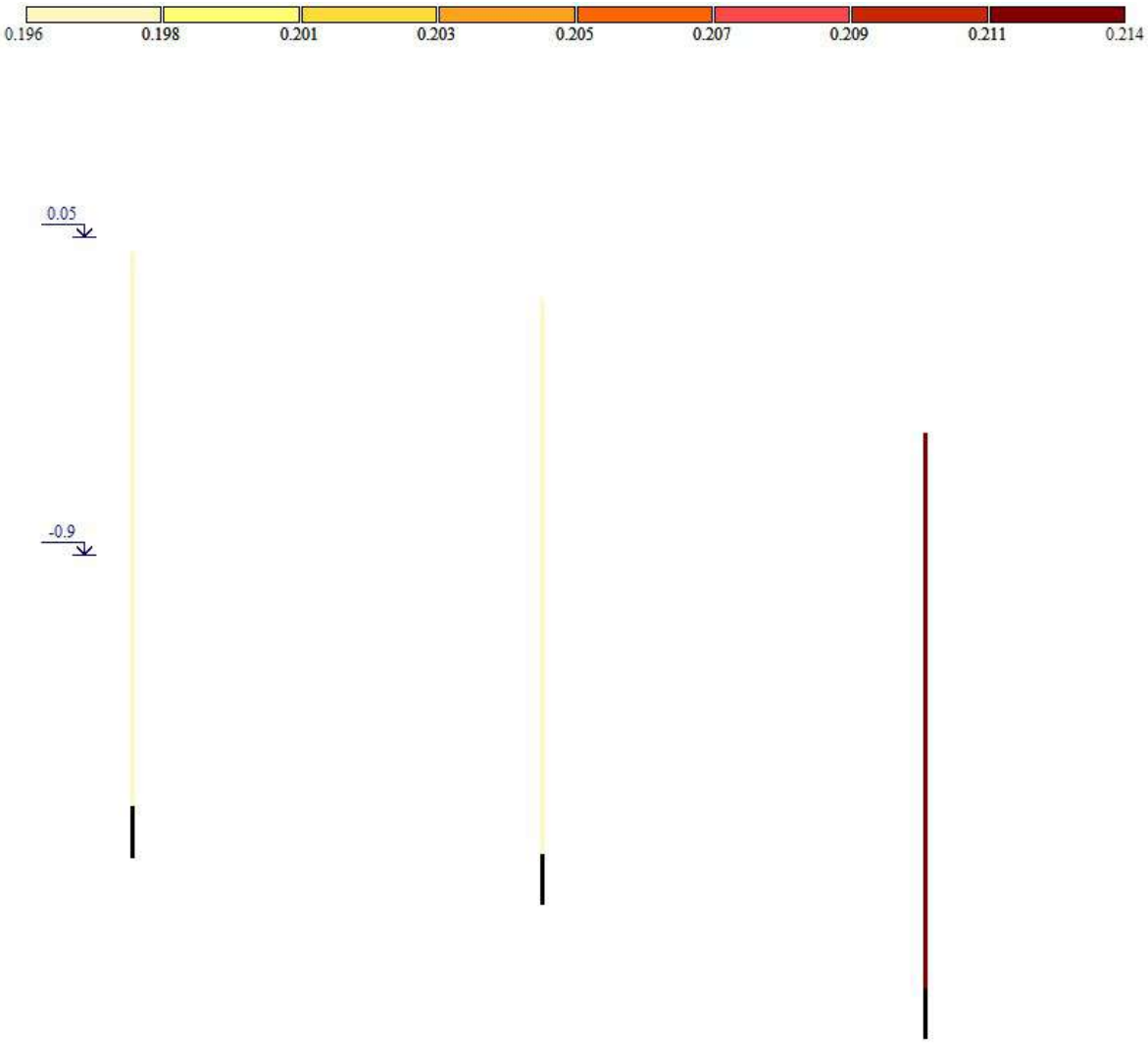


Рис. 7.13 Процент армирования. Вариант 1

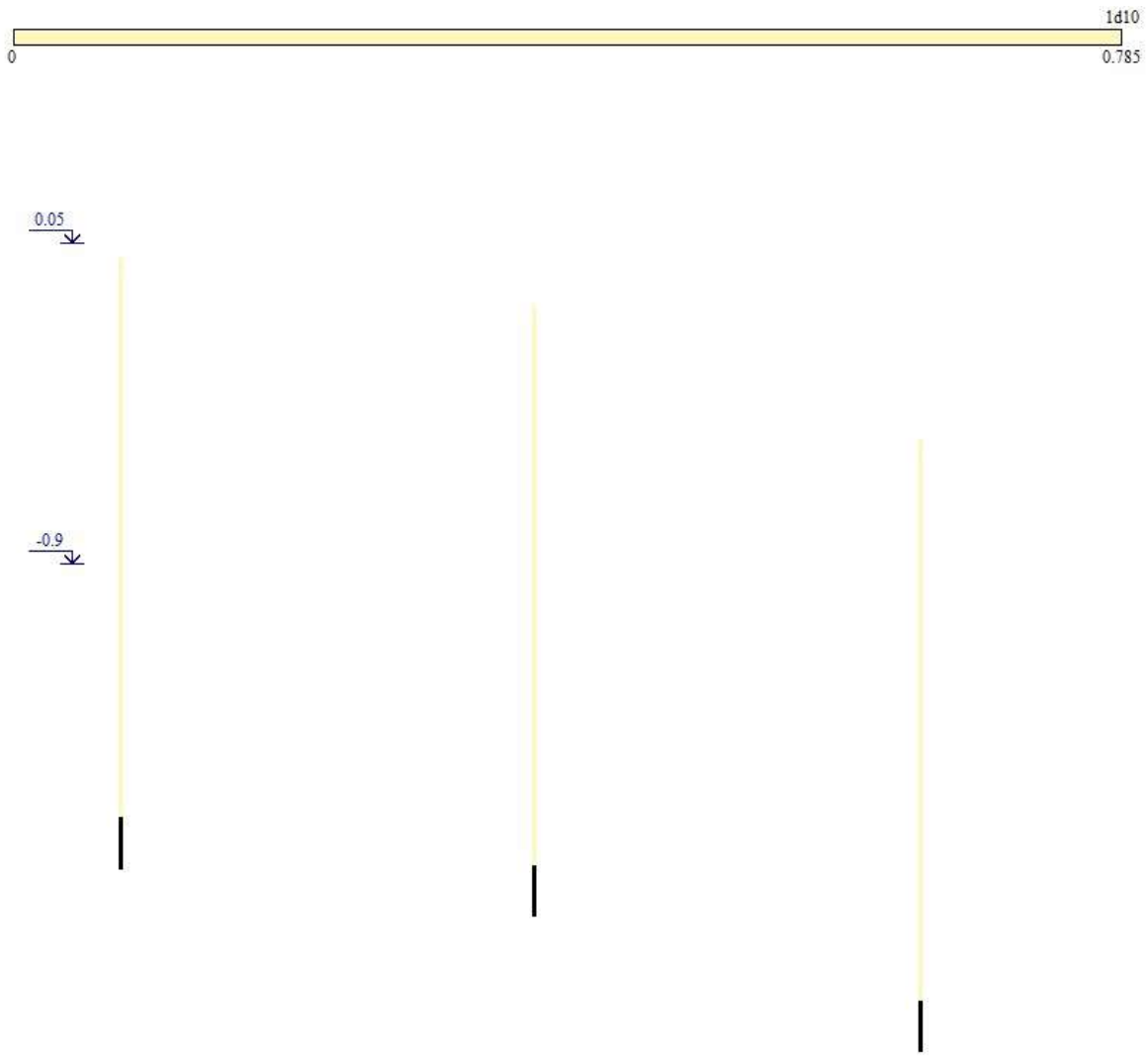


Рис. 7.14 Угловая арматура. Вариант 1

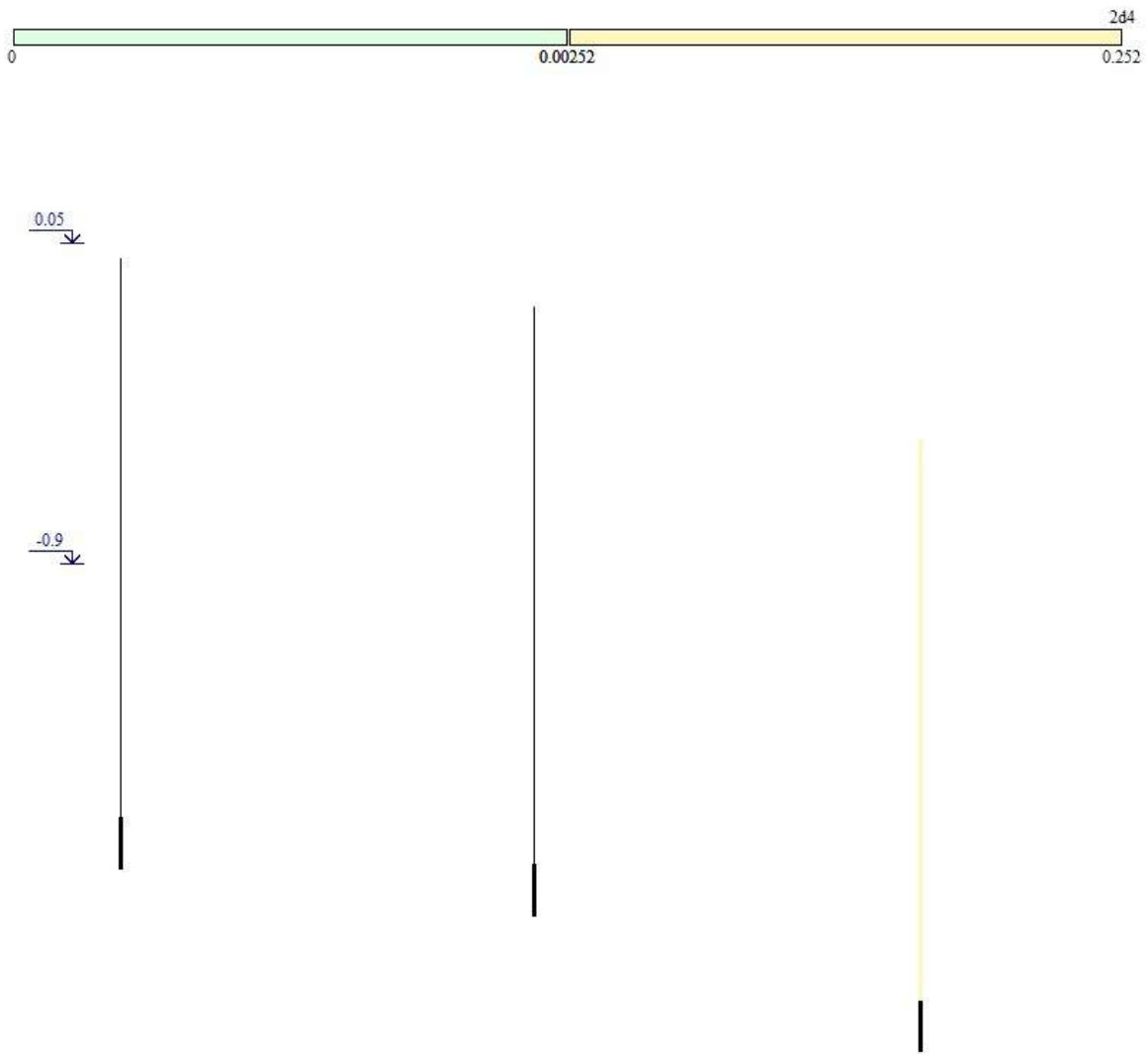


Рис. 7.15 Распределенная арматура AS1. Вариант 1

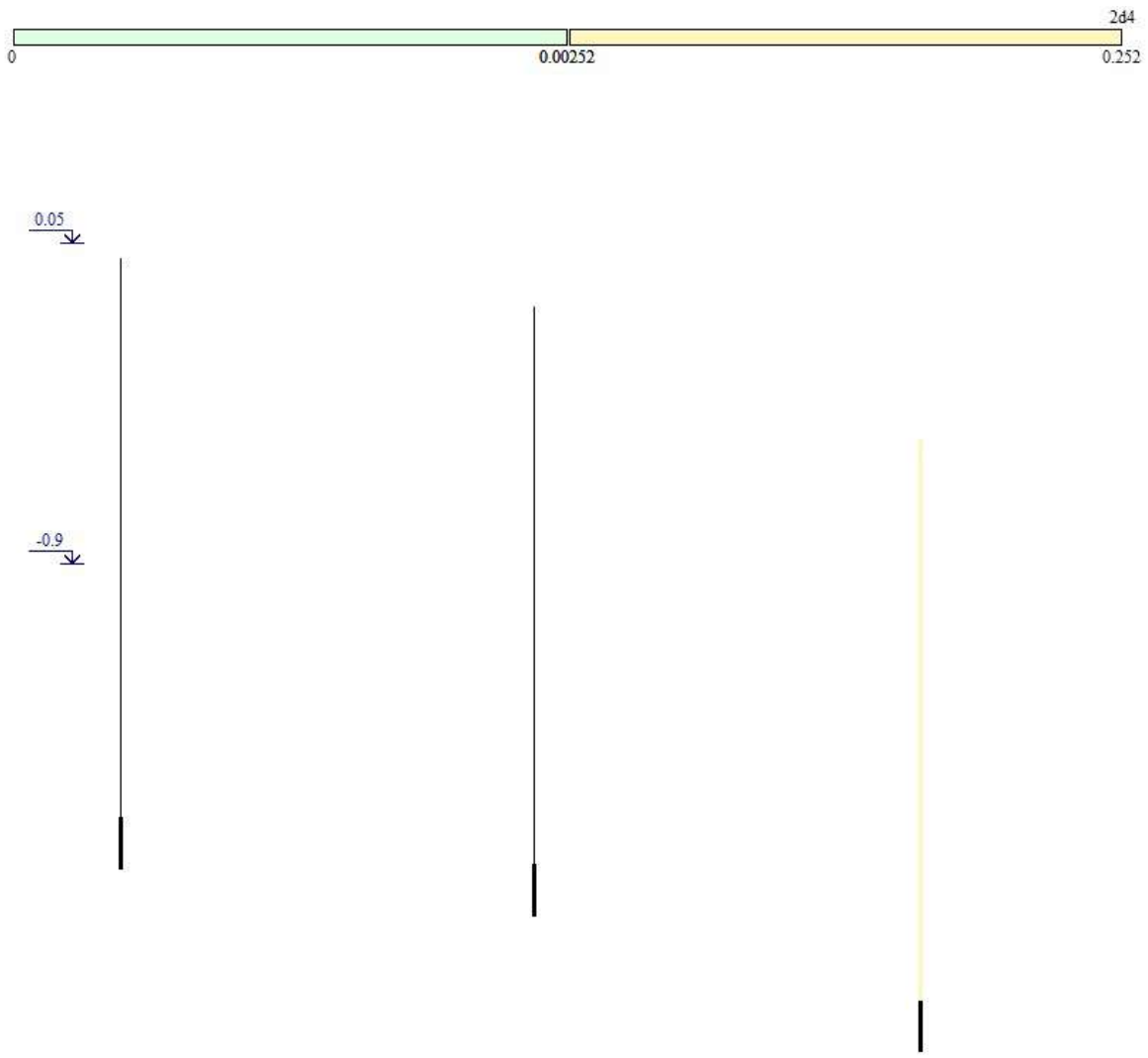


Рис. 7.16 Распределенная арматура AS3. Вариант 1

Рис. 7.17 Поперечная арматура ASW1. Вариант 1

7.3.2.2 Несимметричное армирование

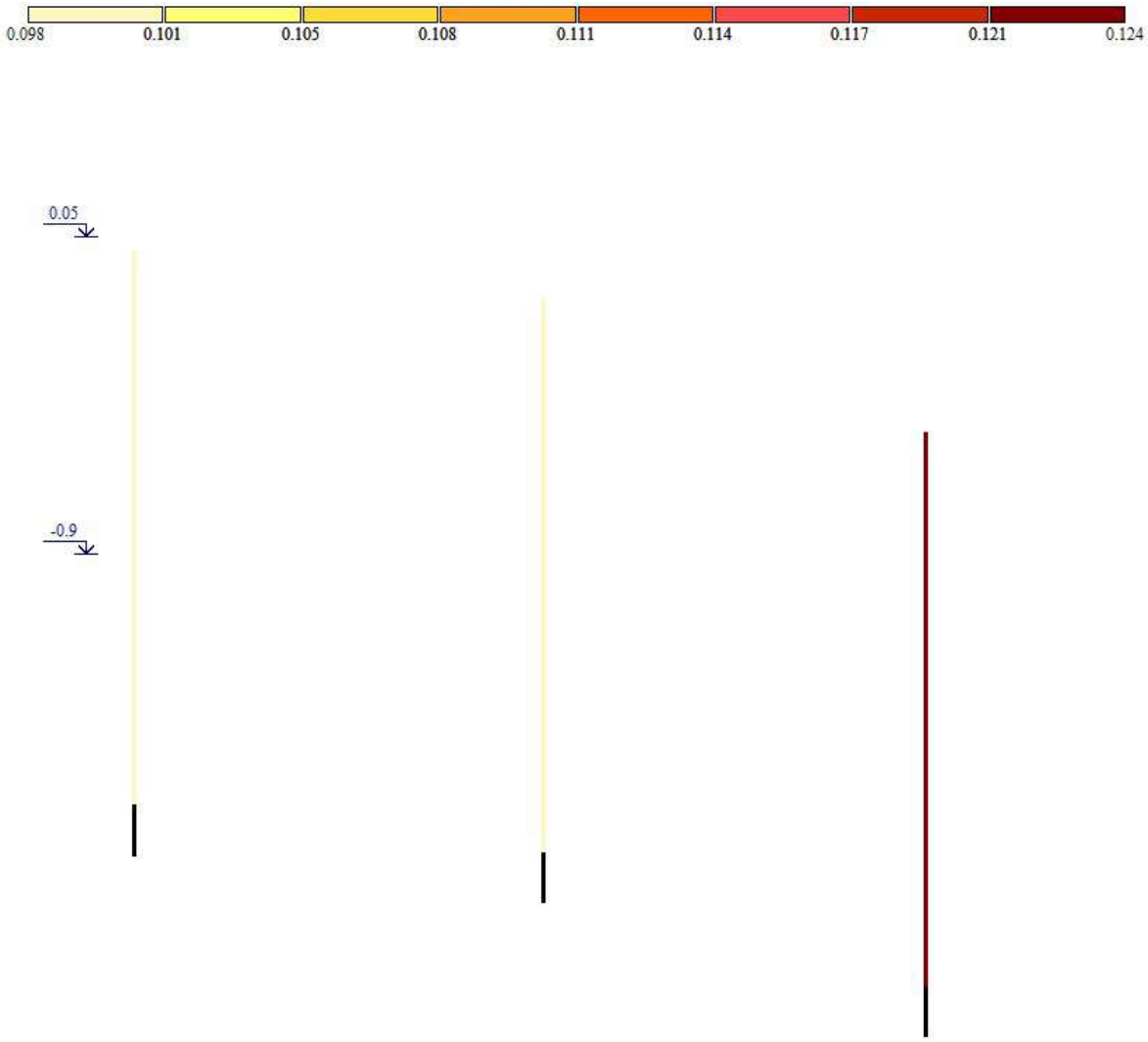


Рис. 7.18 Процент армирования. Вариант 1

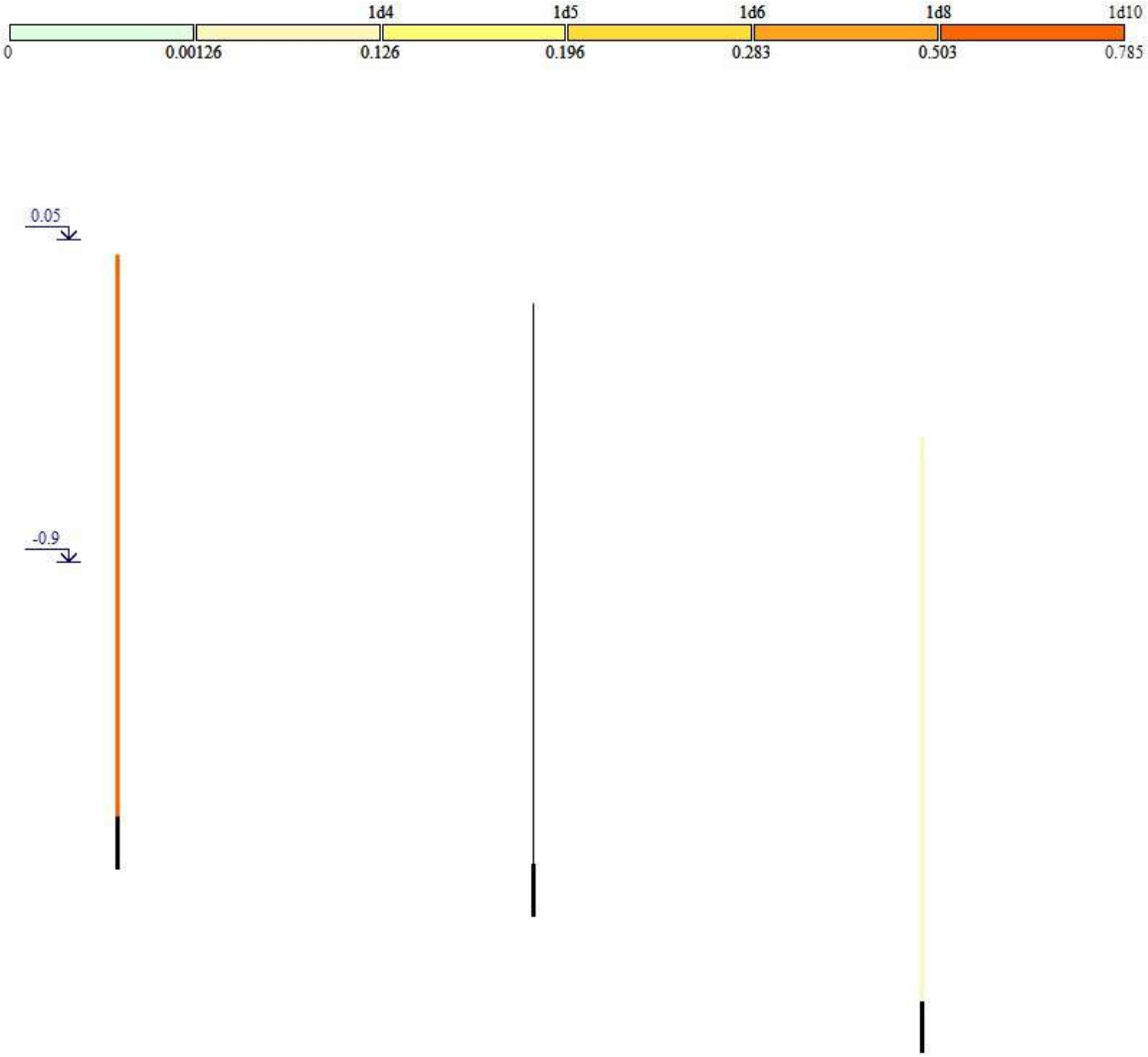


Рис. 7.19 Угловая арматура AU1. Вариант 1

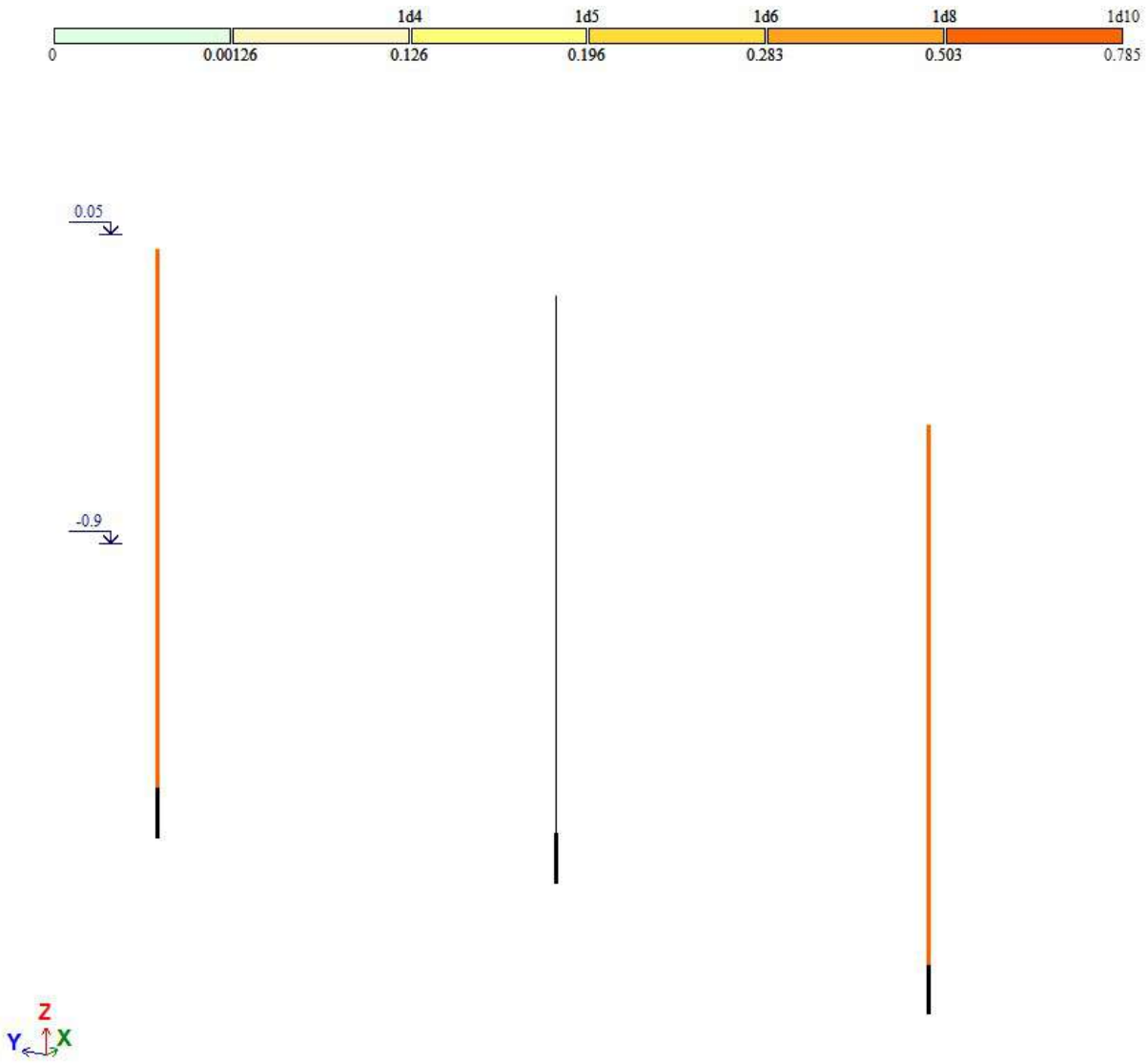


Рис. 7.20 Угловая арматура AU2. Вариант 1

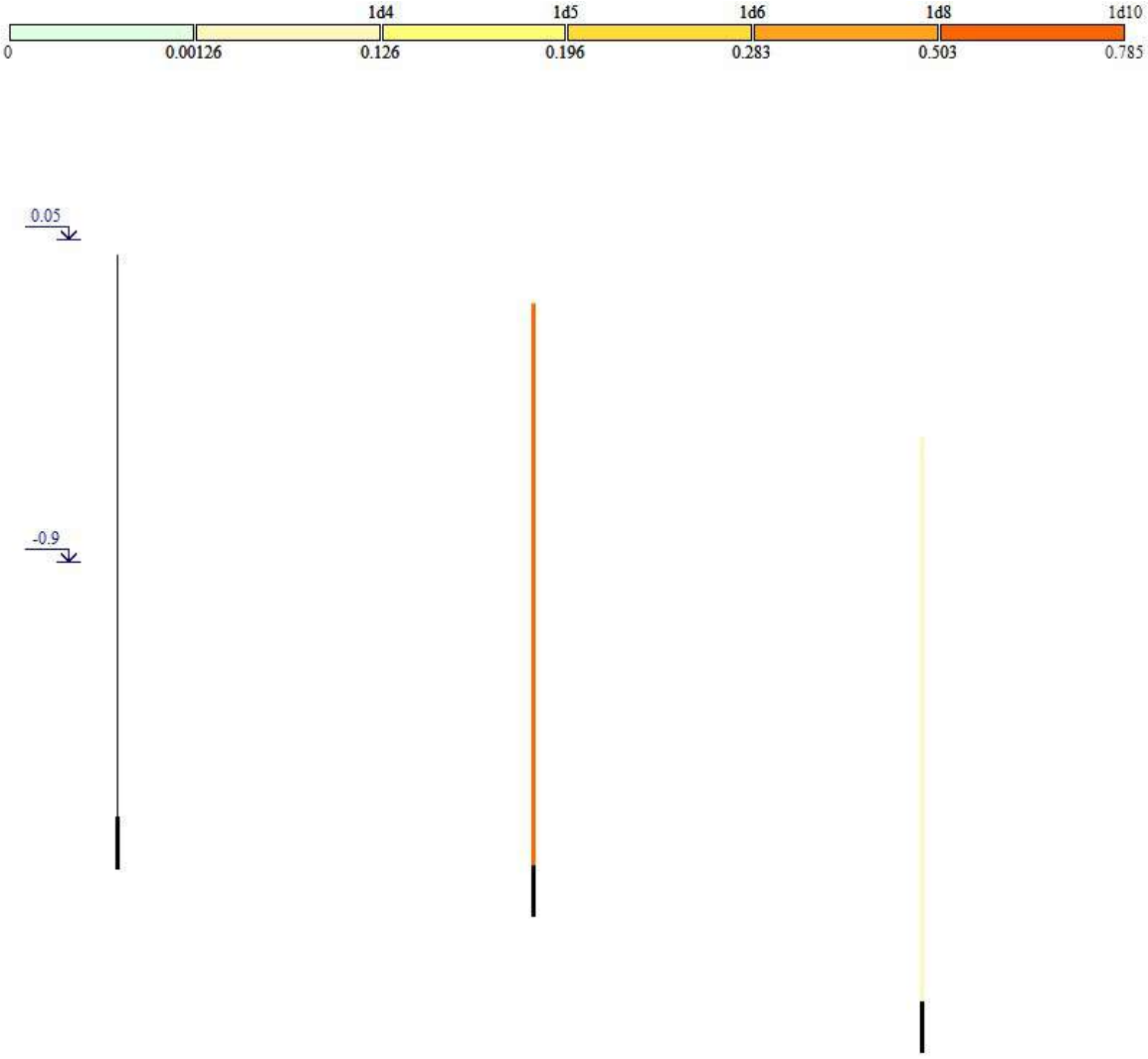


Рис. 7.21 Угловая арматура AU3. Вариант 1

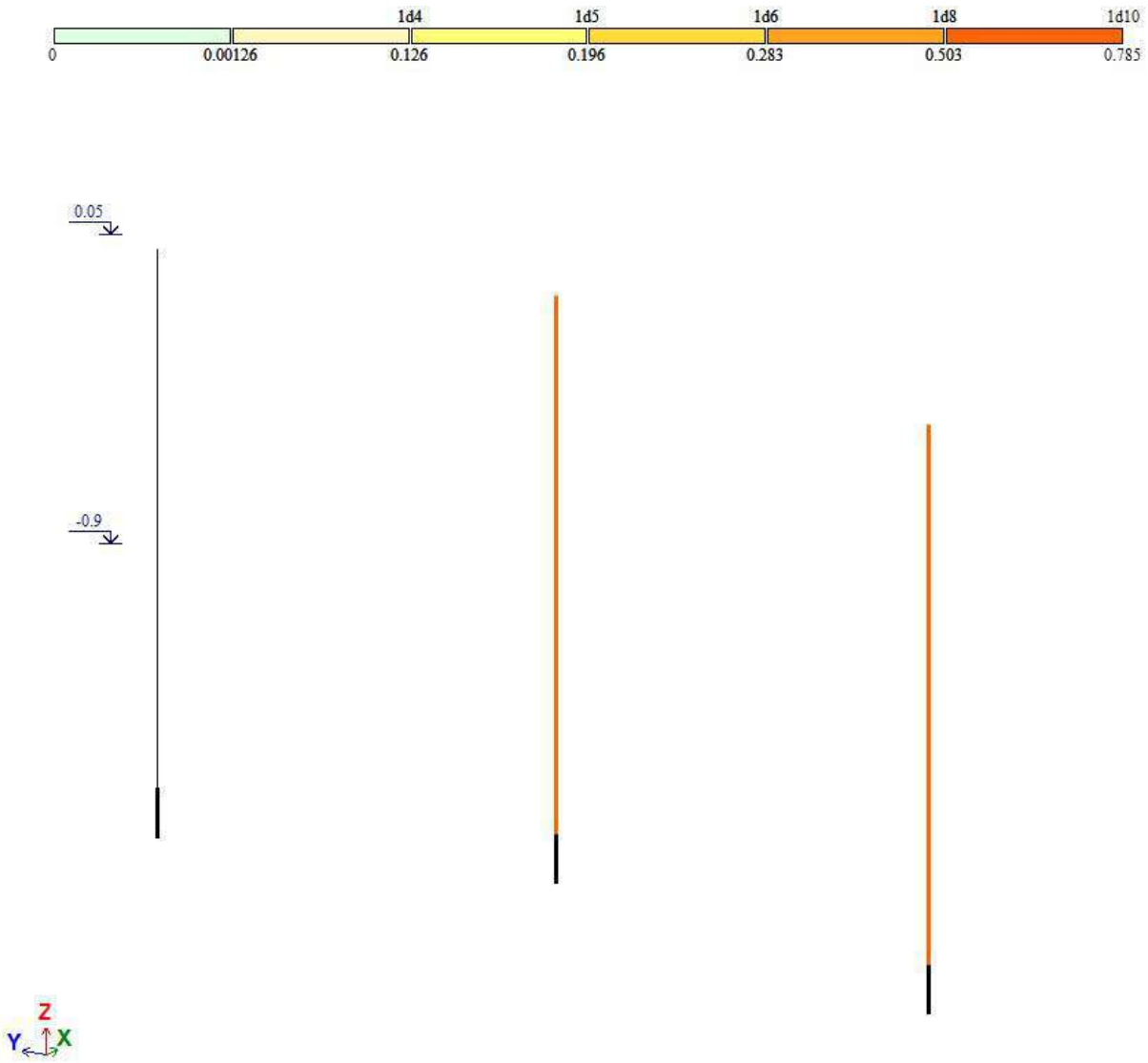


Рис. 7.22 Угловая арматура AU4. Вариант 1

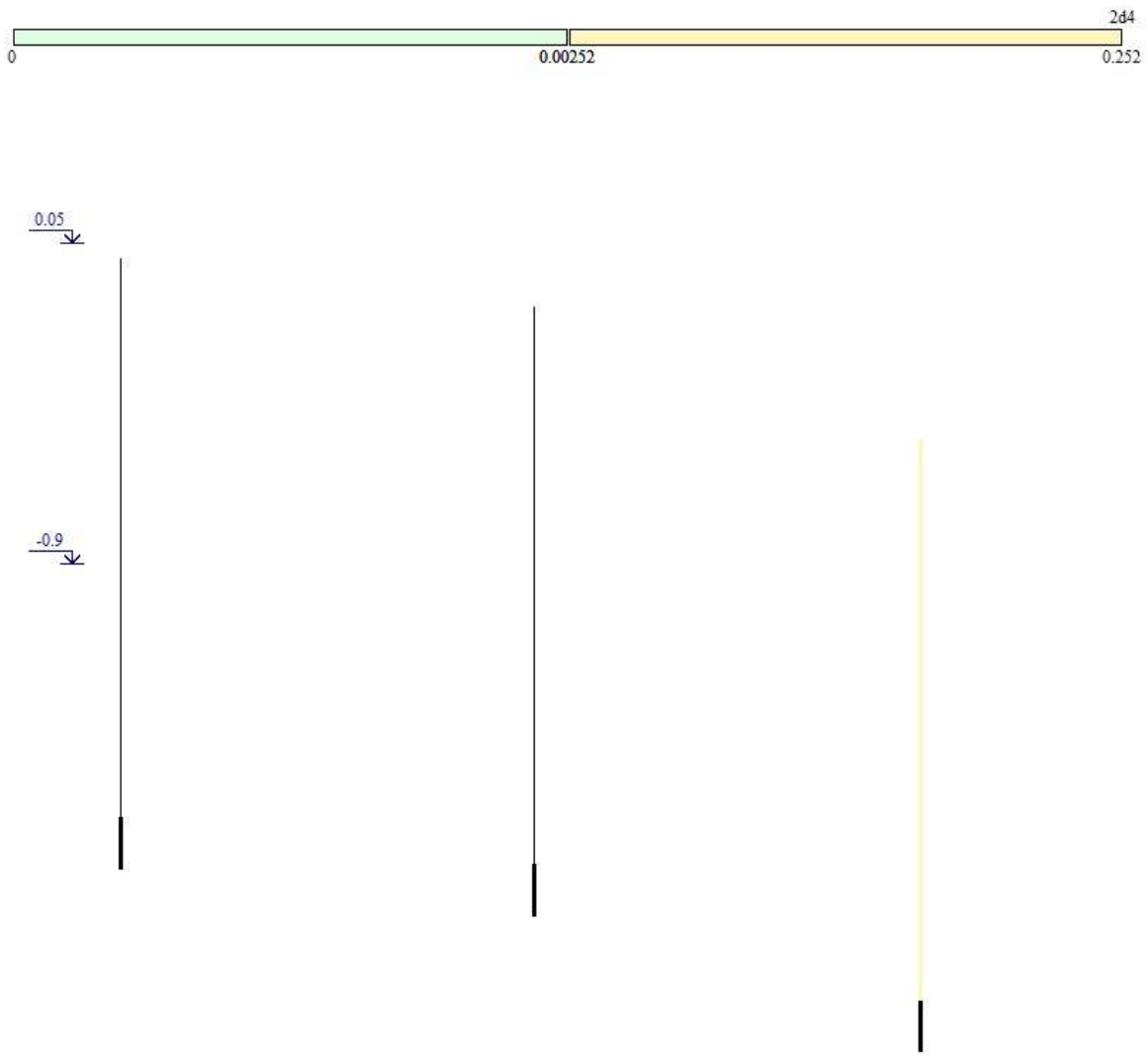


Рис. 7.23 Распределенная арматура AS1. Вариант 1

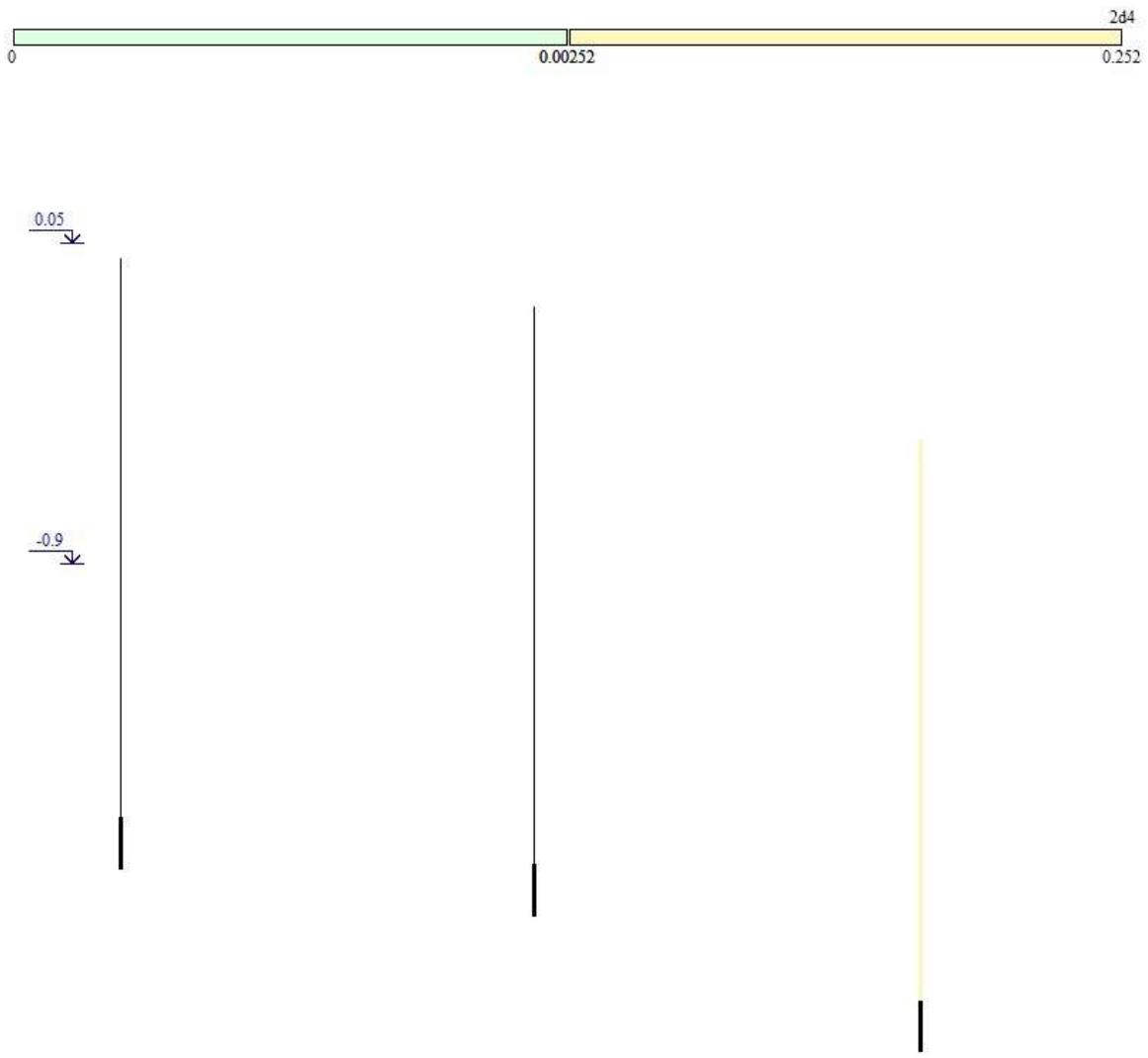


Рис. 7.24 Распределенная арматура AS2. Вариант 1

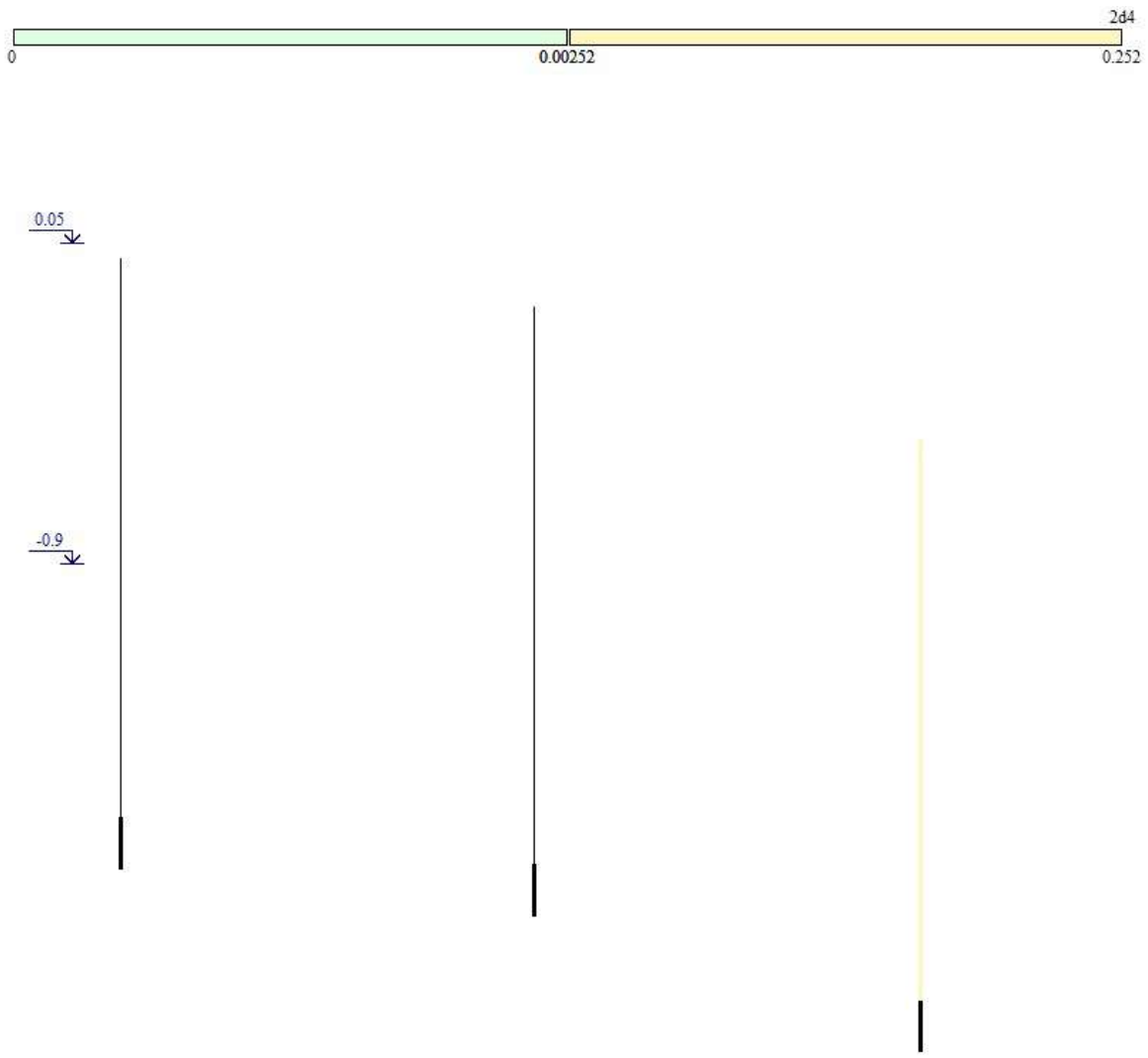


Рис. 7.25 Распределенная арматура AS3. Вариант 1

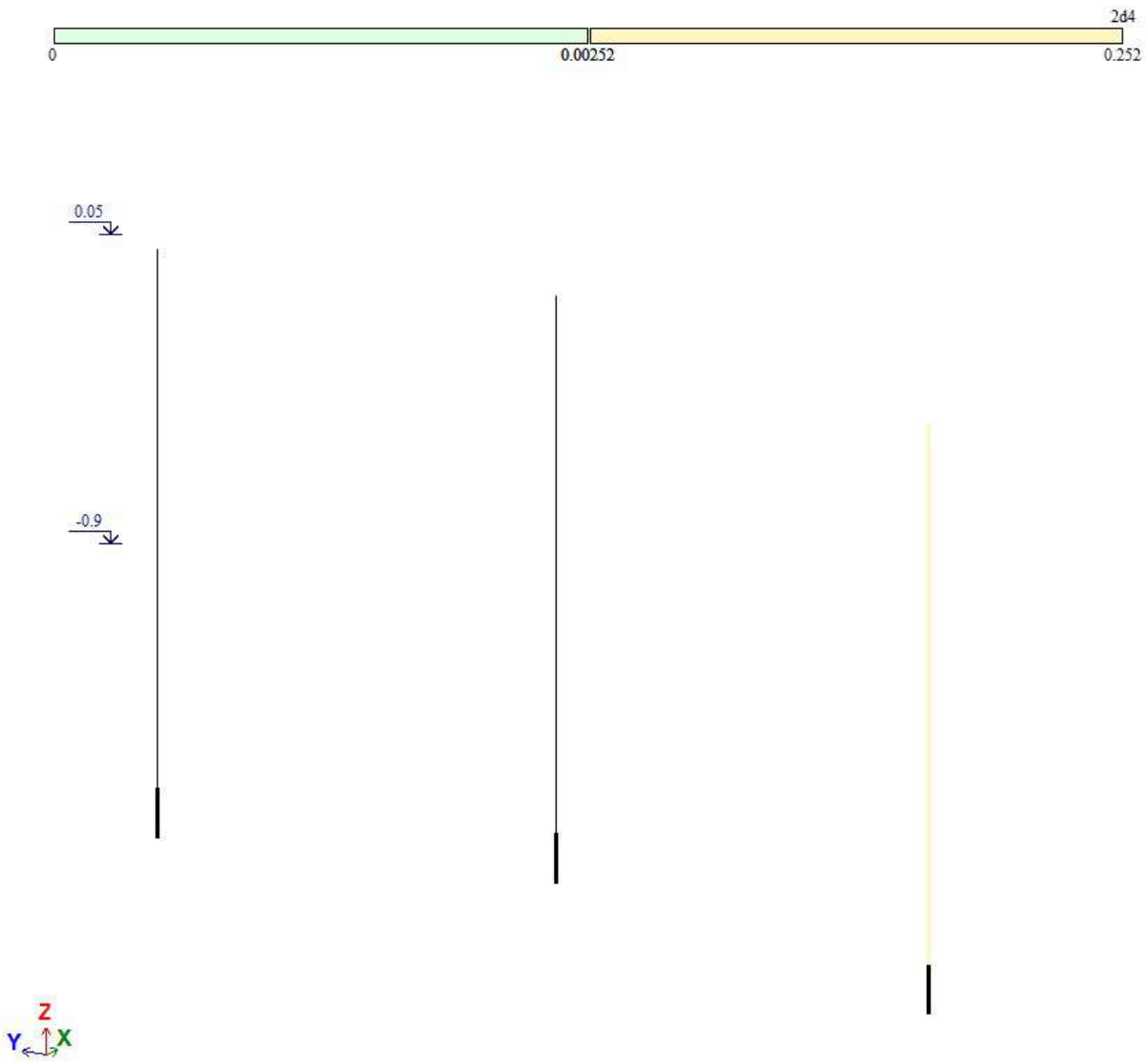


Рис. 7.26 Распределенная арматура AS4. Вариант 1

Рис. 7.27 Поперечная арматура ASW1. Вариант 1

Рис. 7.28 Режим основной. Коэффициенты запаса армирования для стержней (полная проверка). Симметричное армирование .

Рис. 7.29 Режим основной. Коэффициенты запаса армирования для стержней (проверка по прочности). Симметричное армирование .

Рис. 7.30 Режим основной. Коэффициенты запаса армирования для стержней (проверка на действие крутящего момента). Симметричное армирование .

Рис. 7.31 Режим основной. Коэффициенты запаса армирования для стержней (проверка на действие поперечной силы). Симметричное армирование .

Рис. 7.32 Режим основной. Коэффициенты запаса армирования для стержней (проверка на раскрытие трещин). Симметричное армирование .

7.4 Расчёт стальных элементов здания

Рис. 7.33 Проверка назначенных сечений по 1 предельному состоянию. Вариант 1

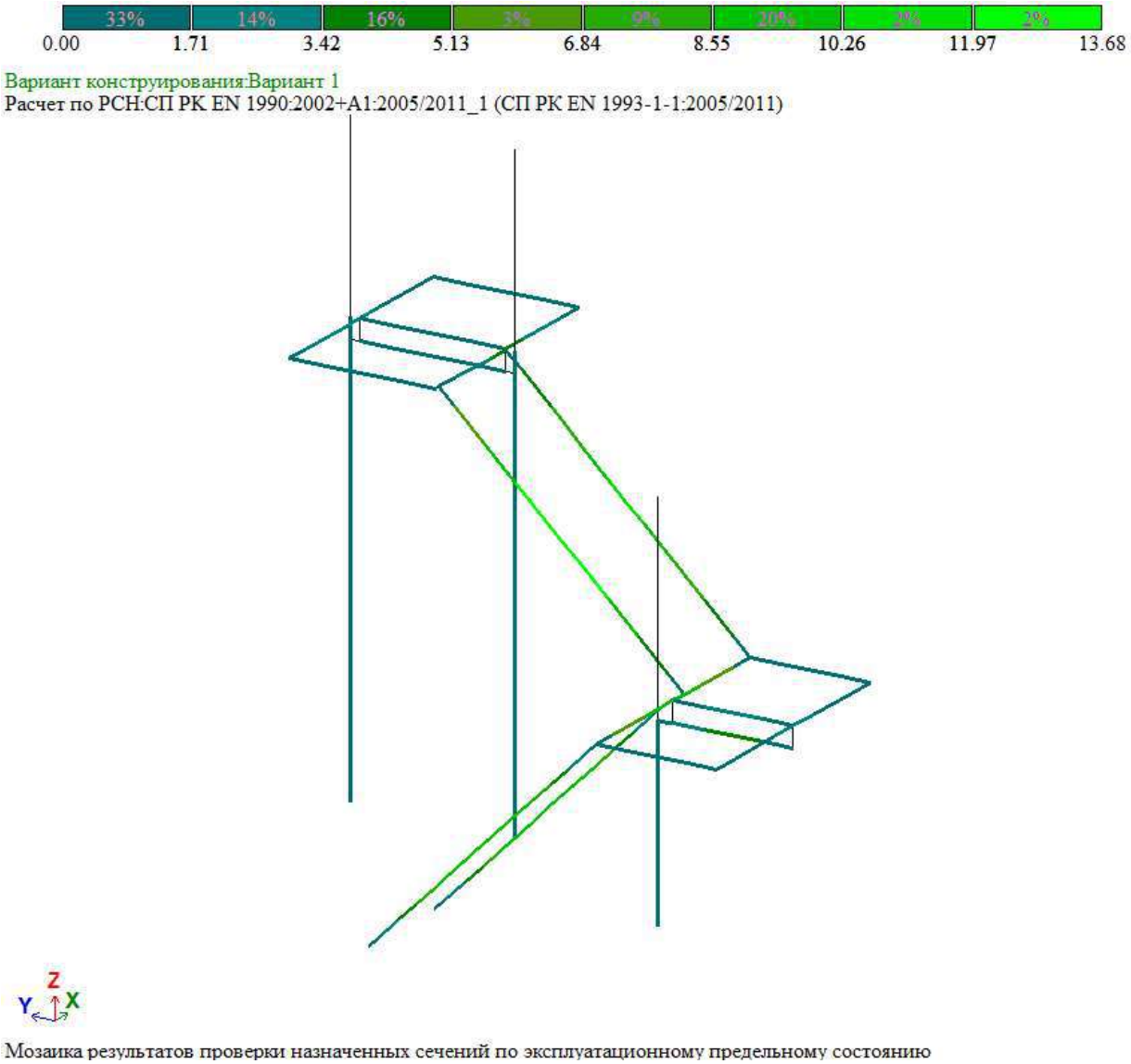


Рис. 7.34 Проверка назначенных сечений по 2 предельному состоянию. Вариант 1

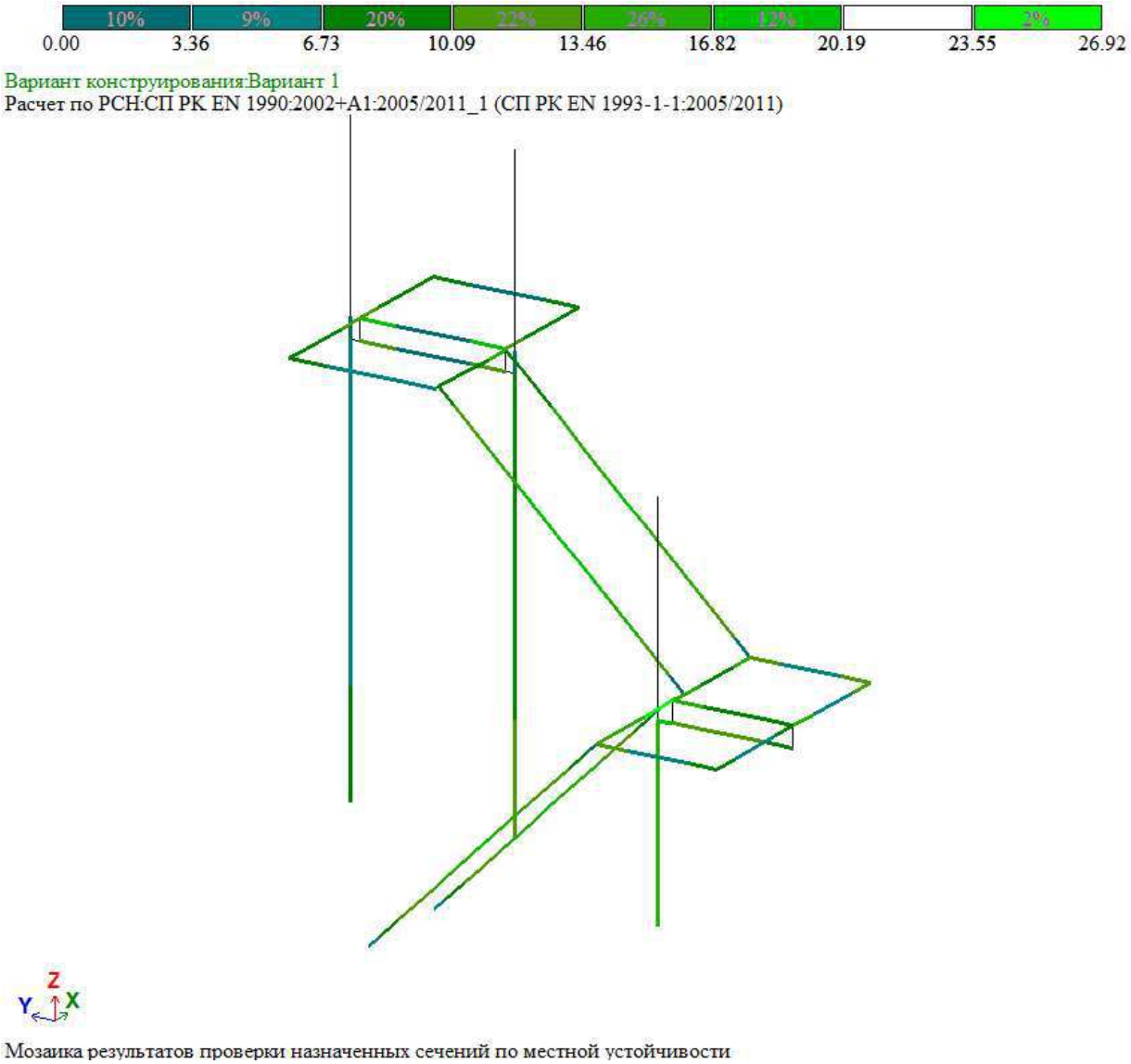


Рис. 7.35 Проверка назначенных сечений по местной устойчивости. Вариант 1

8 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.

Подошву фундамента армировать сверху и снизу в продольном и поперечном направлении арматурными стержнями диаметром 10А400 с шагом 200 мм. Минимальных коэффициент запаса при проверке заданного армирования – >1,5.

Вертикальную арматуру подколонника принять из стержней 16А400 с расположенных в углах. Поперечная арматура 6А240 с шагом 300 мм. Минимальных коэффициент запаса при проверке заданного армирования – >1,5.

Максимальный коэффициент использования стальных элементов 56%.

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

9 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».