ТОО «Проект Альфа Групп»

Лицензия № 08814 от 09.09.2022г.

ТОМ 4 Расчет тамбура

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 16
3.3.1 Жесткости 17
4 Сбор нагрузок 29
4.1 Постоянные нагрузки 29
4.2 Нагрузку от посетителей 33
4.3 Снеговые нагрузки 34
4.4 Ветровые нагрузки 36
5 Расчёт основания фундаментов 41
5.1 Инженерно-геологические условия площадки 41
5.1.1 Глубина заложения фундамента 41
5.1.2 Определение наихудшего расчётного сочетания 42
5.2 Параметры расчёта 44
5.3 Расчёт основания 47
6 Расчётные сочетания нагрузок 56
7 Результаты расчёта 57
7.1 Протокол расчёта 57
7.2 Перемещение основных узлов 59
7.3 Расчёт железобетонных элементов здания 62
7.4 Расчёт стальных элементов здания 75
8 Выводы 78
9 Список ссылочной и нормативной литературы 79

1 Введение

Настоящий расчёт принят для проверки принятых проектных решений по конструированию стальных и железобетонных конструкций тамбура здания 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».

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

Фундамент – монолитные железобетонные плитный.

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

Балки покрытия – из стальных гнутых замкнутых сварных квадратных профилей.

Фермы – из стальных гнутых замкнутых сварных квадратных профилей.

Устойчивость стоек обеспечивается жёстким сопряжением с фундаментом и балками покрытия.

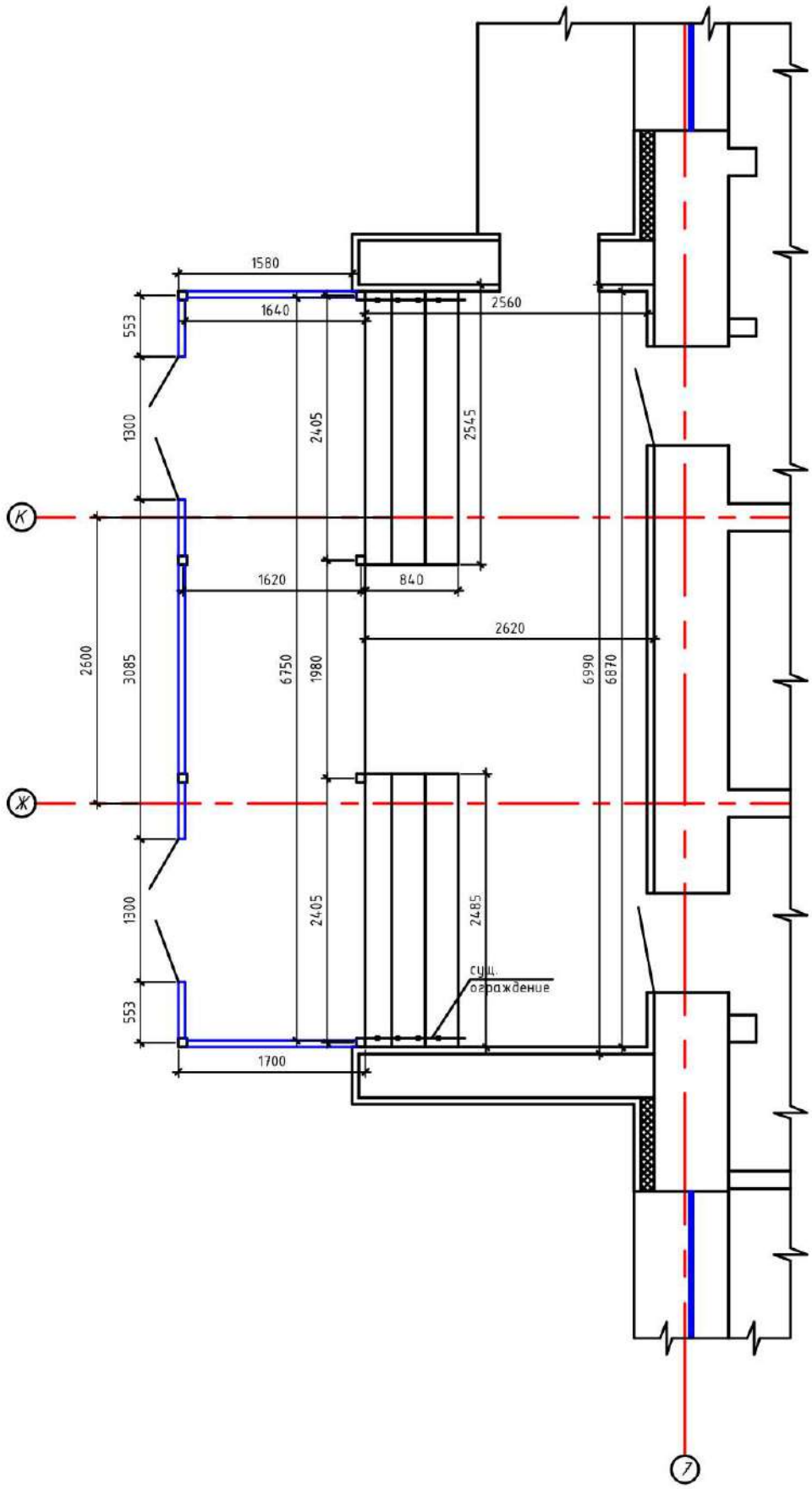

1580
1640
553
1300
2405
2545
2560
К
1620
840
2620
2600
3085
6750
1980
6990
6870
Ж
1300
2405
2485
553
сущ.
ограждение
1700
7

Рис. 2.1 План

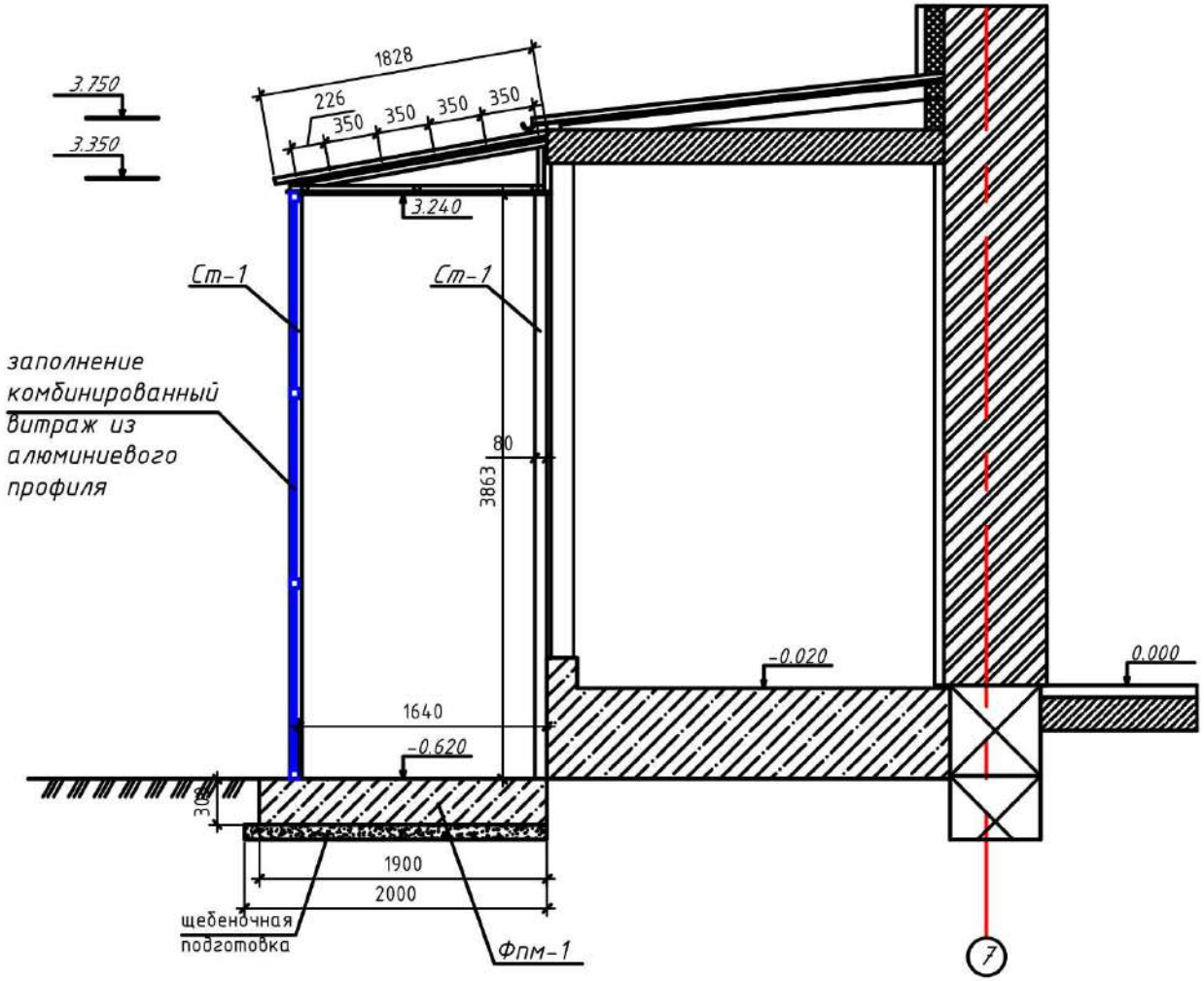


Рис. 2.2 Разрез

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.

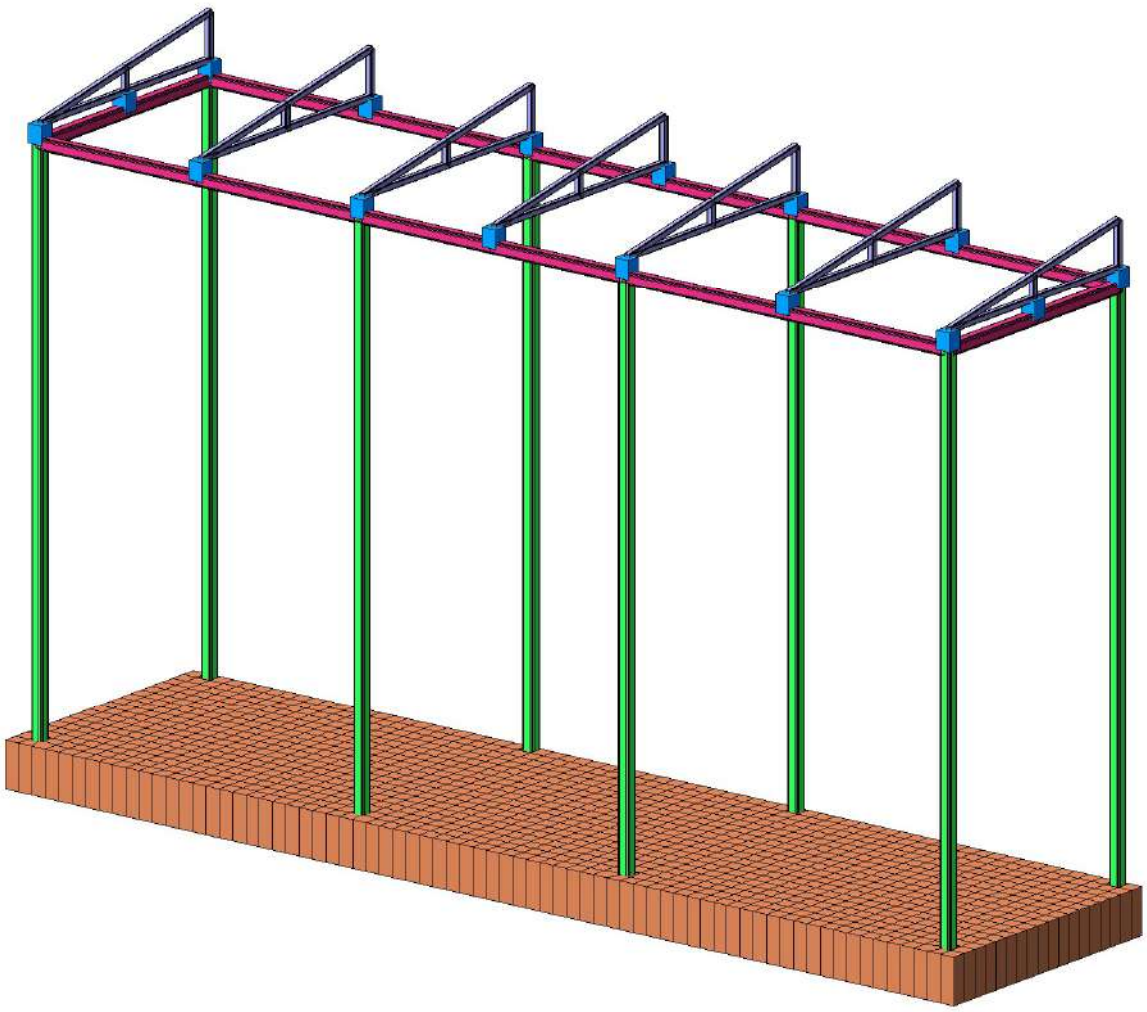
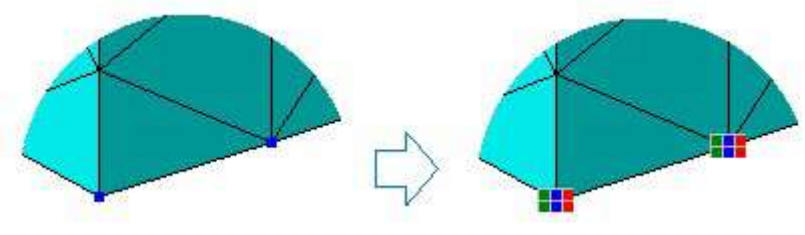


Рис. 3.1 3D вид

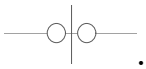
3.2 Визуализация расчётной схемы здания

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

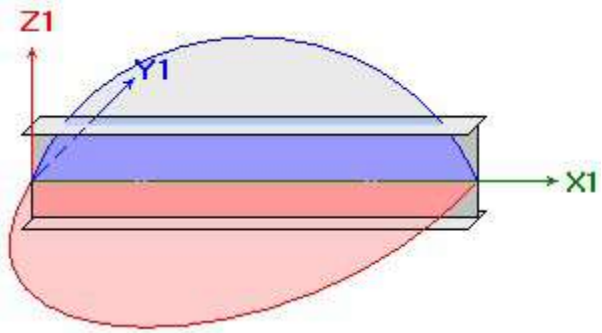
Опорные узлы представлены цветной палеткой из шести ячеек, где три верхних ячейки соответствуют X, Y. Z, а три нижних – UX, UY, UZ. Присутствие цвета в ячейке обозначает наложенную связь



.

Визуализация шарнирного соединения выполняется значком окружности на концах элемента  .

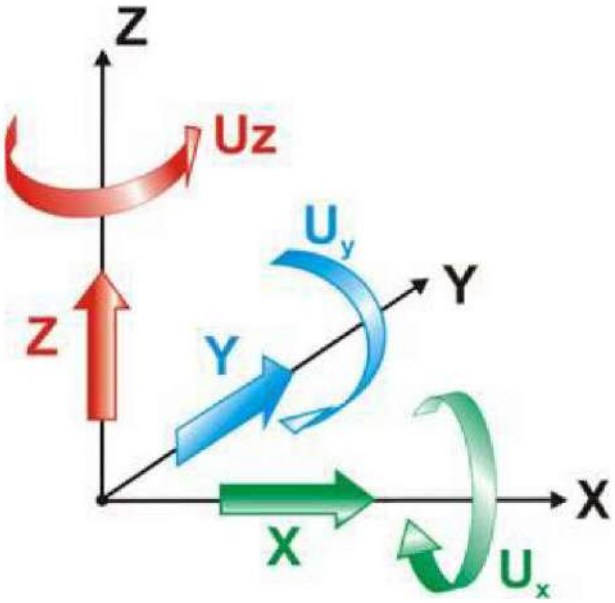
Расчётные длины элементов назначаются относительно местных осей элемента. Расчетная длина относительно оси Y1 соответствует расчету в синей плоскости, а расчетная длина относительно оси Z1 соответствует расчету в красной плоскости.



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

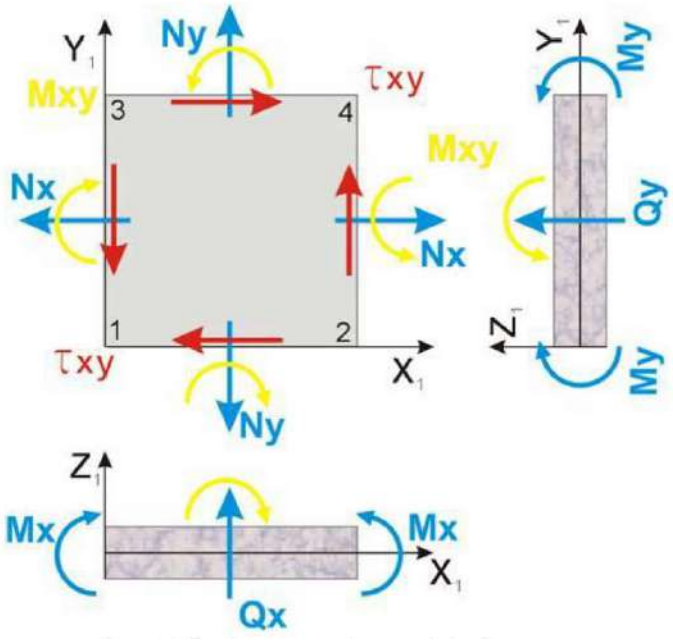
Ось выдачи результатов и армирования X для диафрагм жёсткости направлена горизонтально.

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/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.

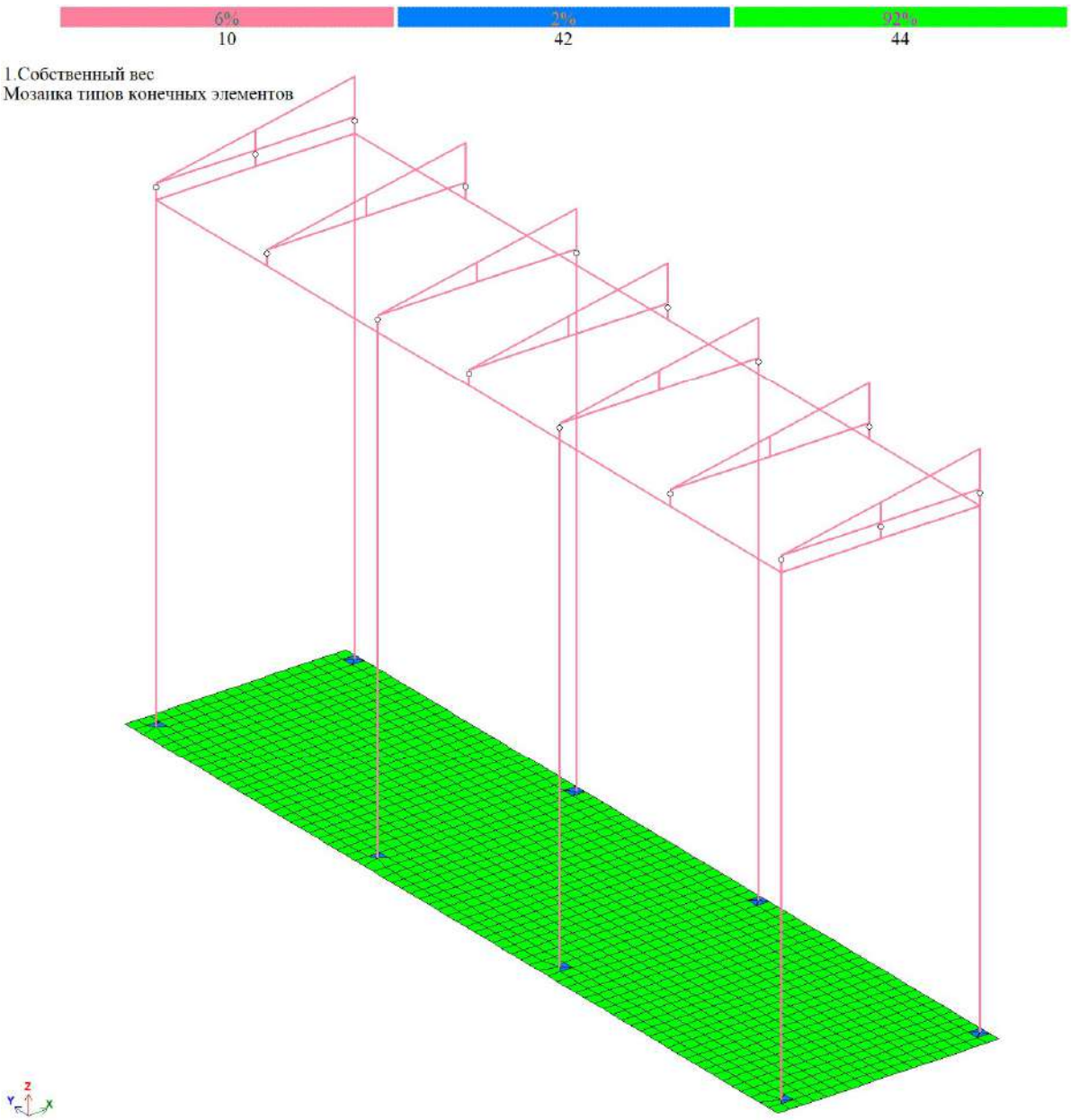


Рис. 3.2 Мозаика типов конечных элементов

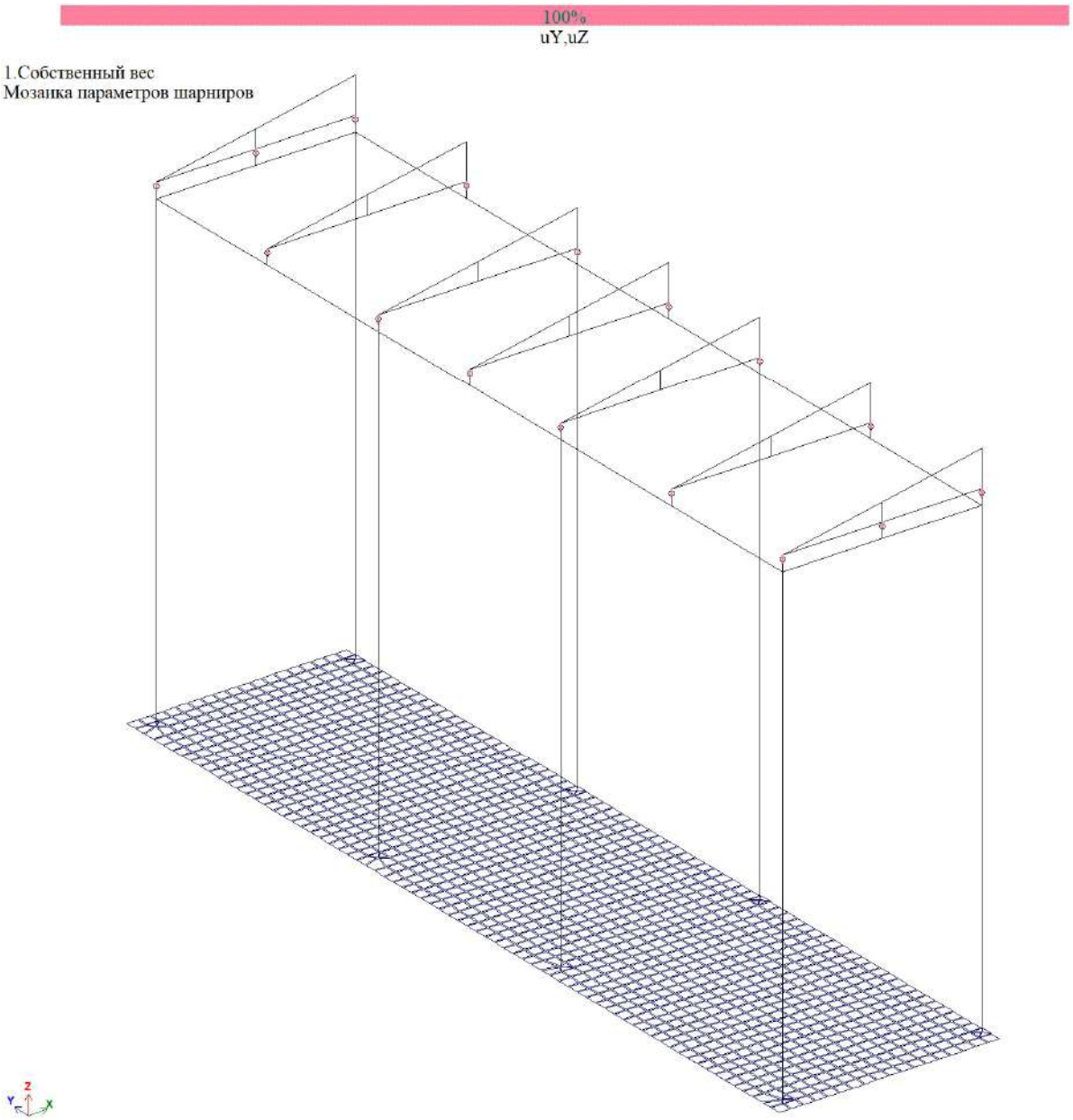


Рис. 3.3 Мозаика параметров шарниров

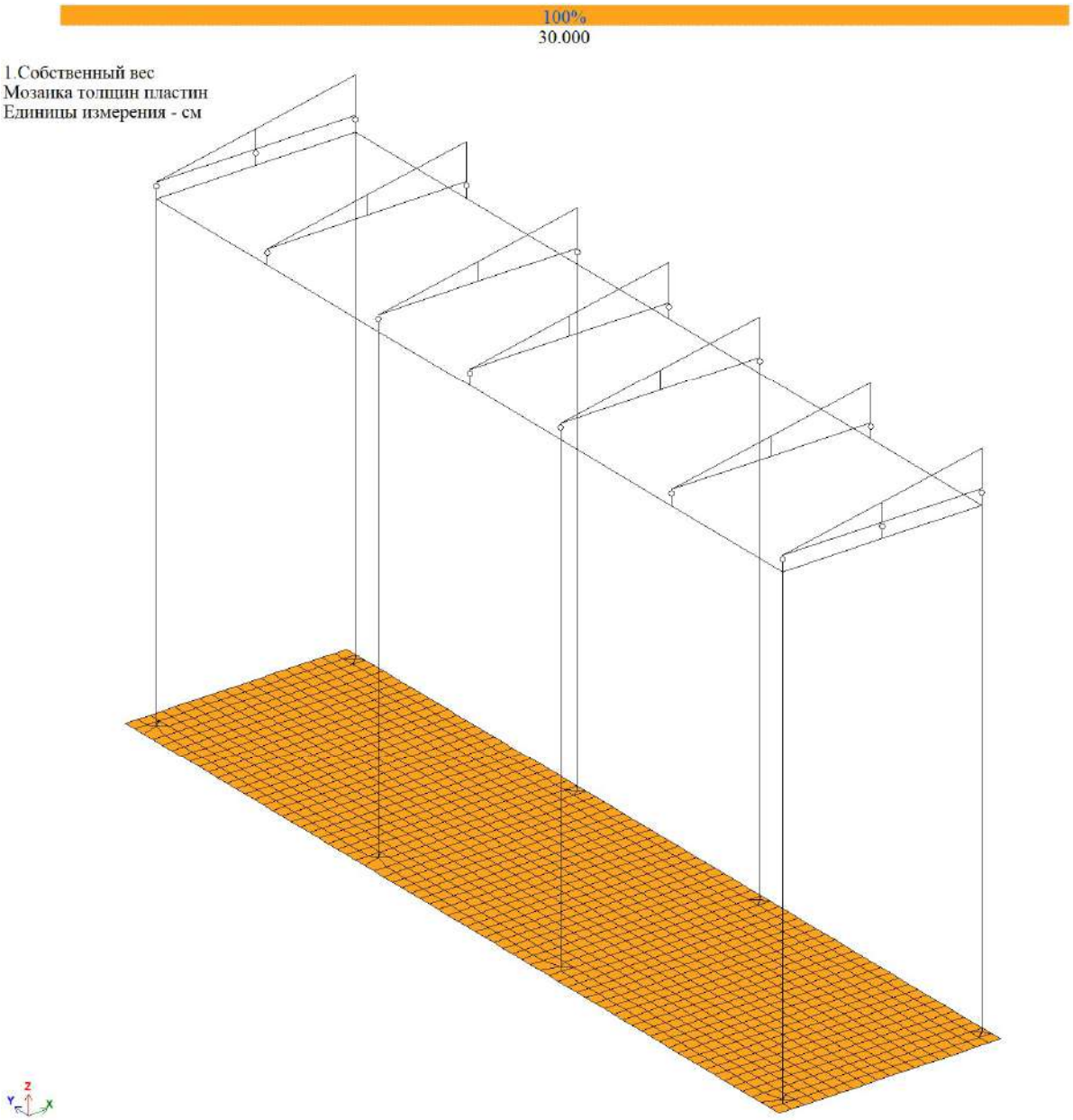


Рис. 3.4 Мозаика толщин пластин

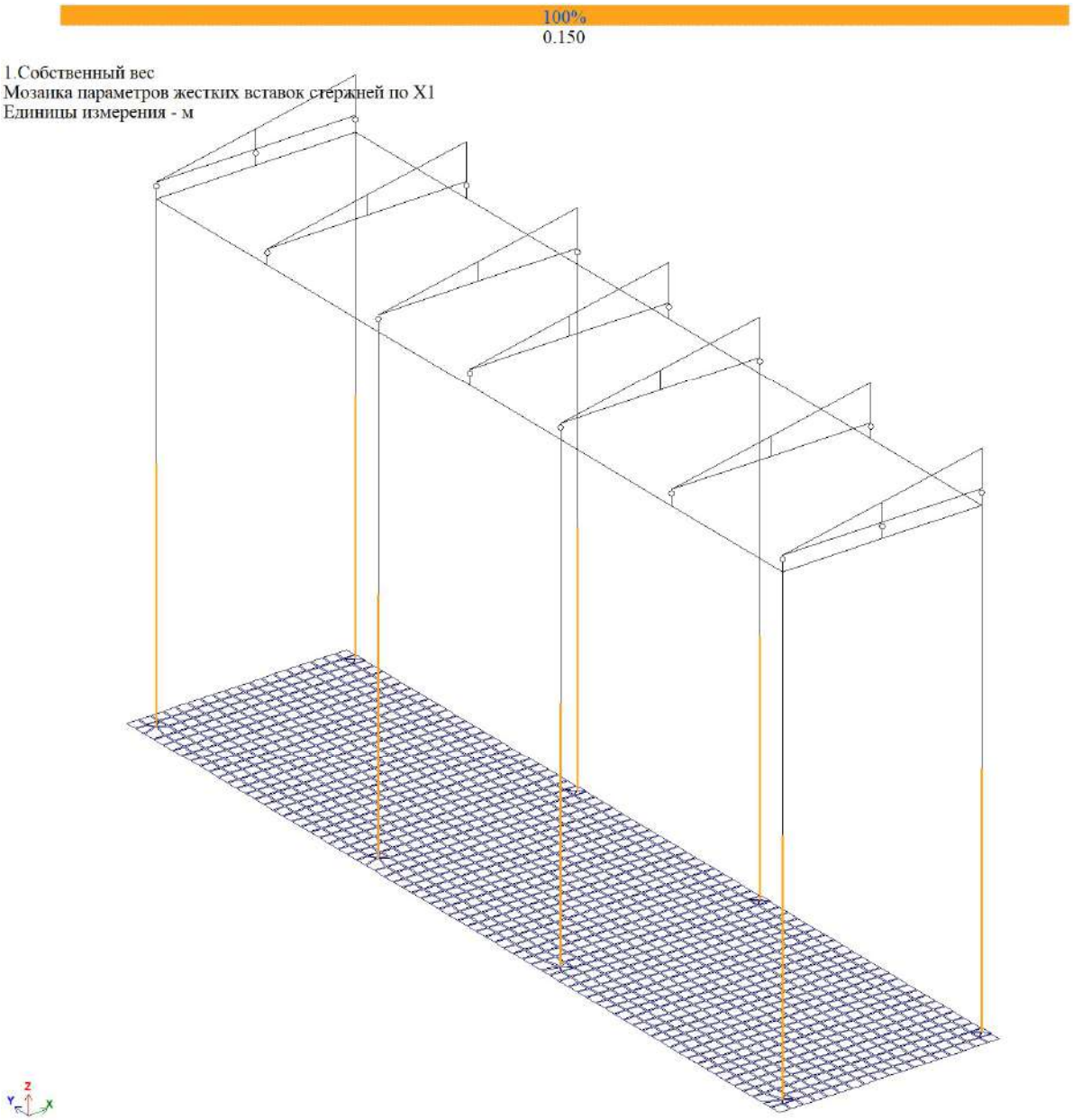


Рис. 3.5 Мозаика параметров жестких вставок стержней по X1

1.Собственный вес

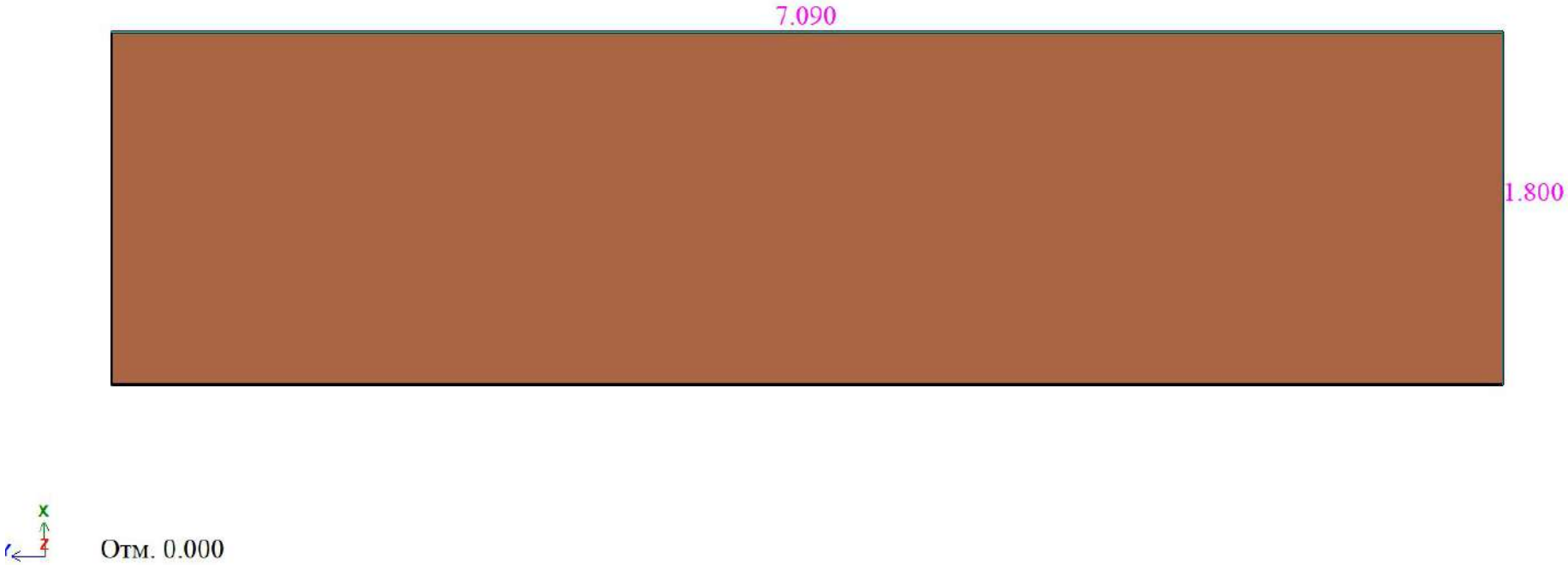


Рис. 3.6 Габаритная схема фундаментной плиты

3.3 Жесткости и расчётные характеристики

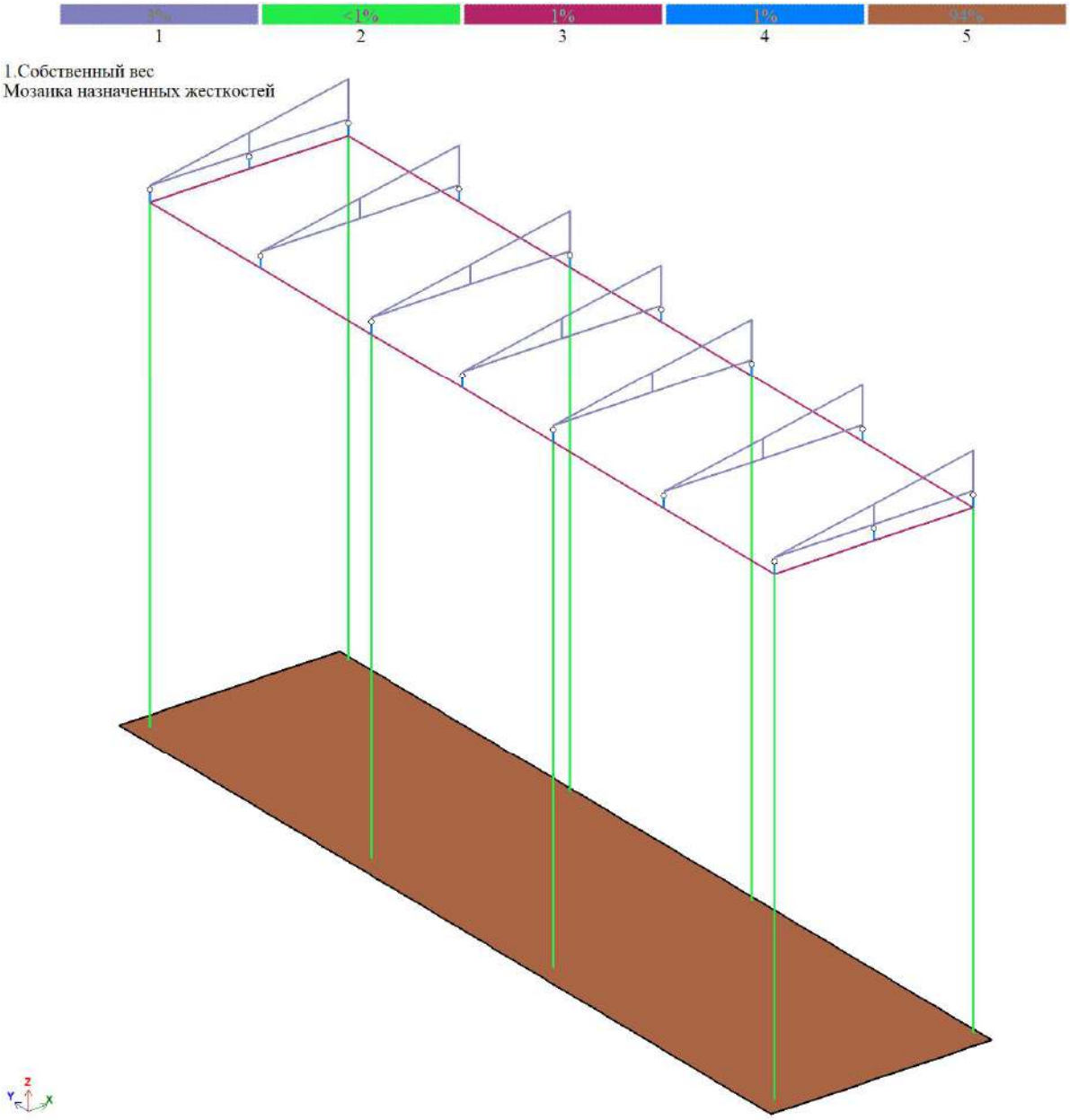


Рис. 3.7 Мозаика назначенных жесткостей

3.3.1 Жесткости

Таблица 3.1 Жесткостные характеристики

Таблица 3.1 Жесткостные характеристики. Стержни

Цвет	Имя с номером	ГОСТ	Комментарий	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. Прямоугольная труба 40 х 3	ГОСТ 30245-2012	Элементы фермы	0.0323619	0	86726	19.1786	19.1786	12.3341	1.1057	1.1057	1.1057	1.1057	0	0	0.0323619	14861	14861.1
	2. Прямоугольная труба 80 х 7	ГОСТ 30245-2012	Стойка Ст-1	0.144354	0	386456	324.244	324.244	219.811	2.09755	2.09755	2.09755	2.09755	0	0	0.144354	68683	68683
	3. Прямоугольная труба 80 х 7	ГОСТ 30245-2012	Балки	0.144354	0	386456	324.244	324.244	219.811	2.09755	2.09755	2.09755	2.09755	0	0	0.144354	68683	68683
	4. 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. 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
	5. Пластина H 30 (Подошва фундамента)	Подошва фундамента	2.69683e+07	24.5166	0.2	0	0	0	30

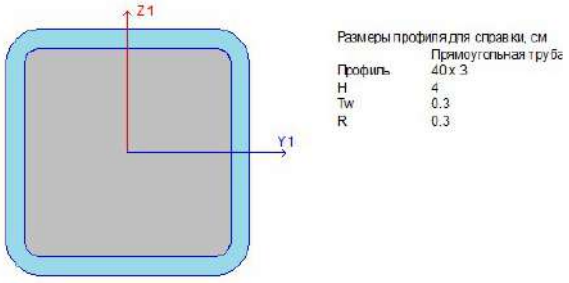


Рис. 3.8 Жесткость 1 «1. Прямоугольная труба 40 x 3»

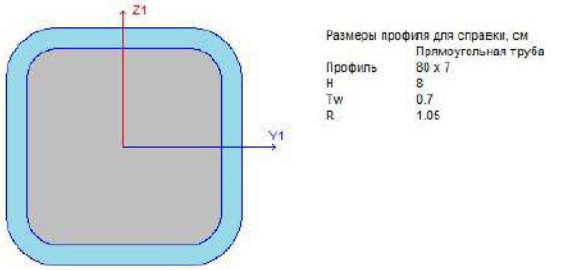


Рис. 3.9 Жесткость 2 «2. Прямоугольная труба 80 x 7»

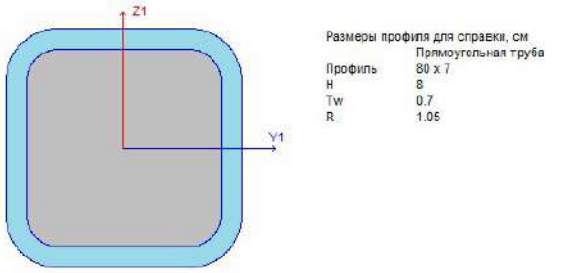


Рис. 3.10 Жесткость 3 «3. Прямоугольная труба 80 x 7»

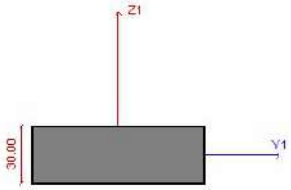


Рис. 3.11 Жесткость 5 «Пластина H 30»

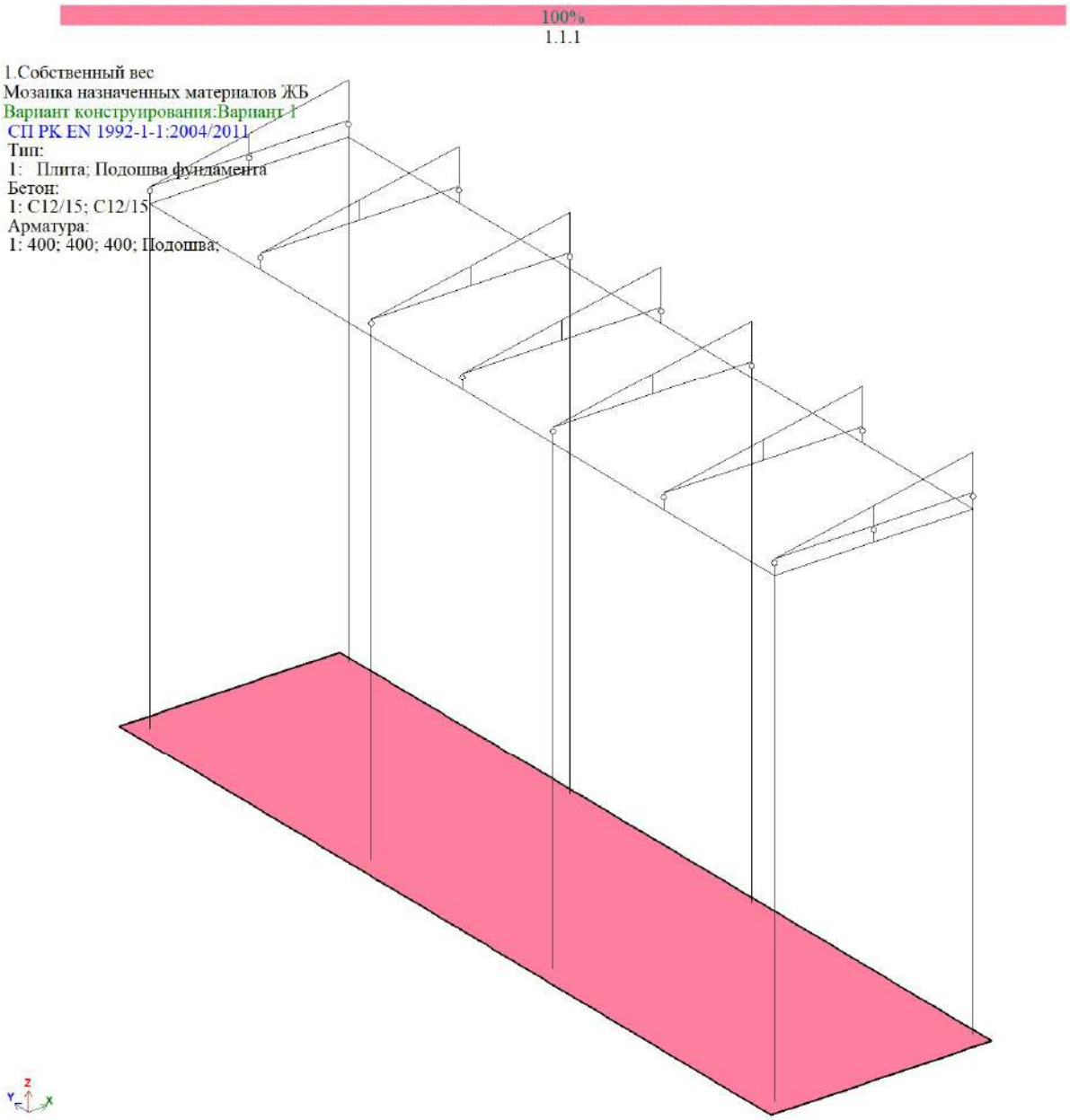


Рис. 3.12 Мозаика назначенных материалов ЖБ

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

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.
1	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 завис	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., % %	Ac	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
								имость напряжение-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	C400 d=6...40	Стержни из бухт	3411.01	2728.81	7.50	C400 d=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

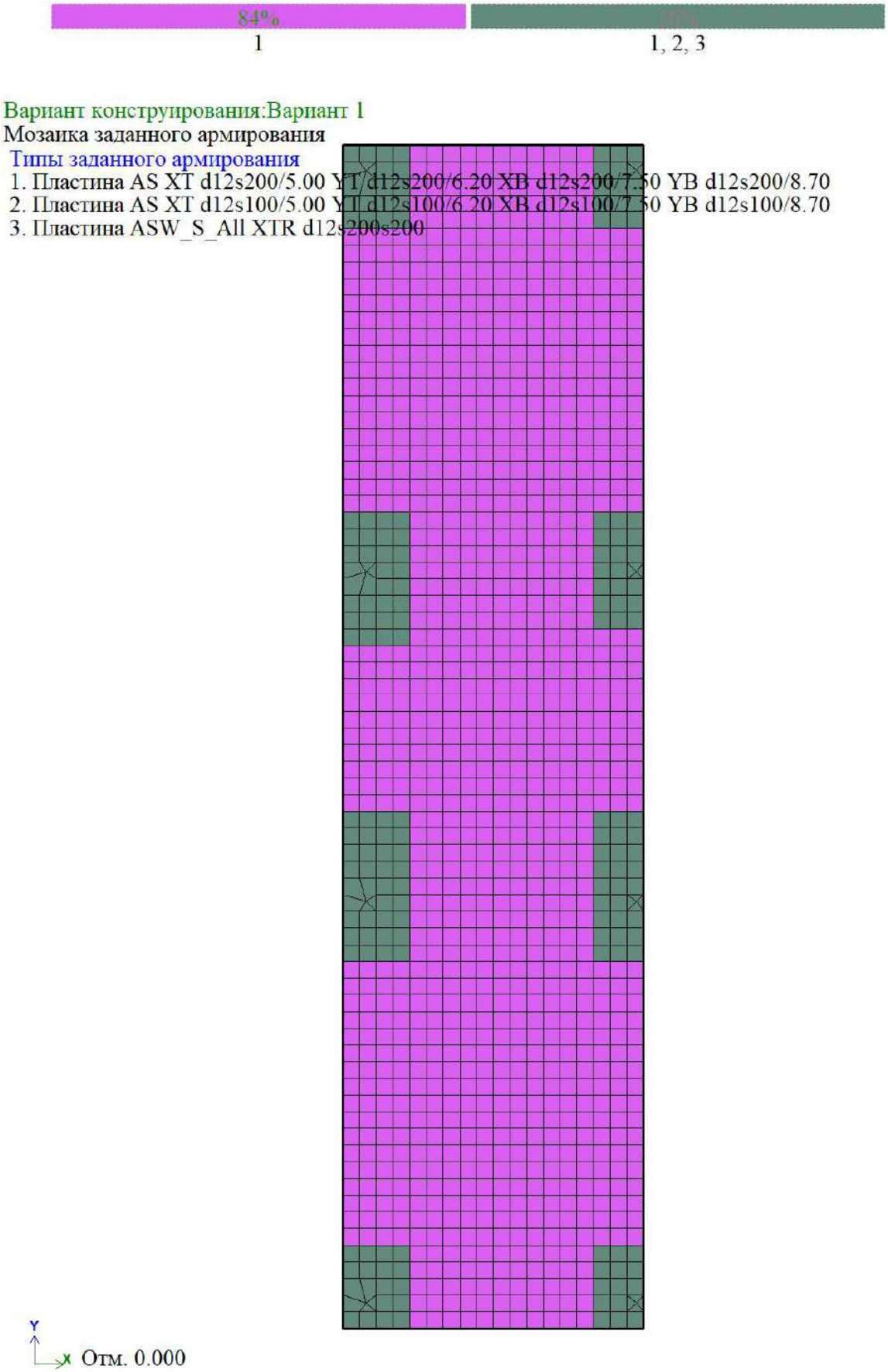


Рис. 3.13 Мозаика заданного армирования

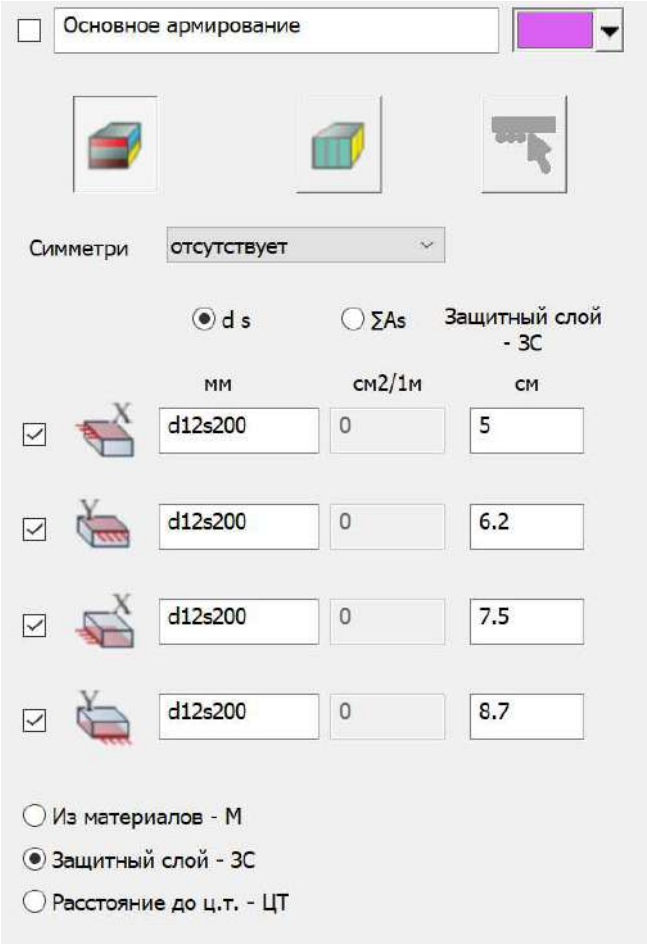

Основное армирование
Симметри
отсутствует
d s
ΣAs
Защитный слой - ЗС
мм
см2/1м
см
d12s200
0
5
d12s200
0
6.2
d12s200
0
7.5
d12s200
0
8.7
Из материалов - М
Защитный слой - ЗС
Расстояние до ц.т. - ЦТ

Рис. 3.14 ТЗА1

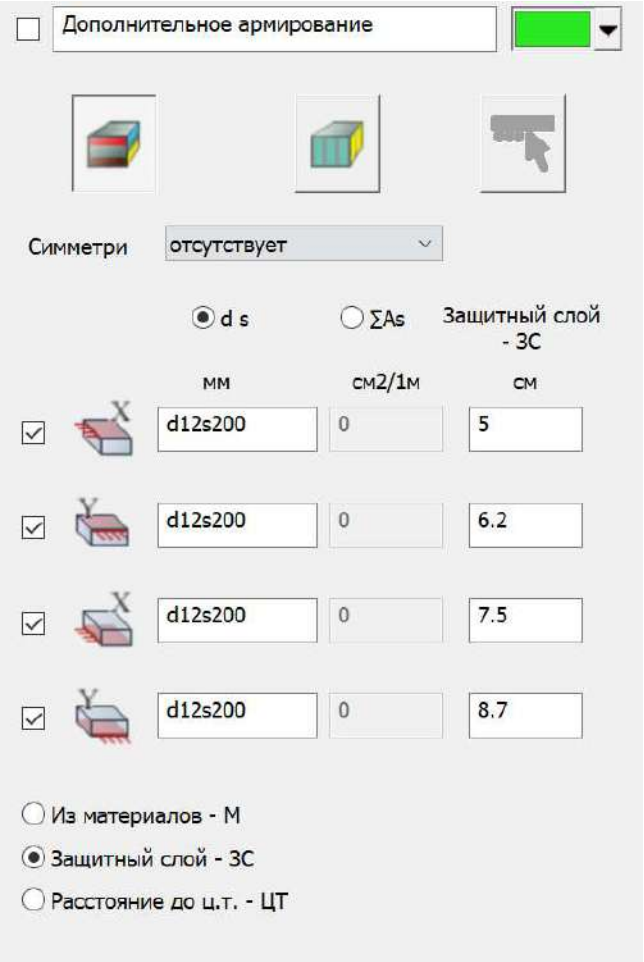

Дополнительное армирование
Симметри
отсутствует
d s
ΣAs
Защитный слой - ЗС
мм
см2/1м
см
d12s200
0
5
d12s200
0
6.2
d12s200
0
7.5
d12s200
0
8.7
Из материалов - М
Защитный слой - ЗС
Расстояние до ц.т. - ЦТ

Рис. 3.15 ТЗА2

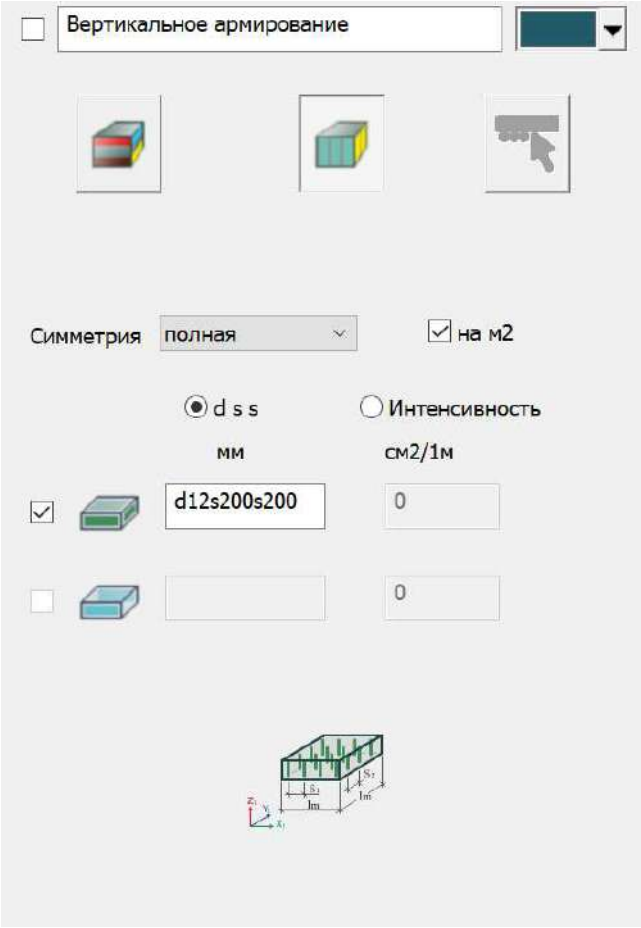

Вертикальное армирование
Симметрия
полная
на м2
d s s
мм
Интенсивность
см2/1м
d12s200s200
0
0

Рис. 3.16 ТЗА3

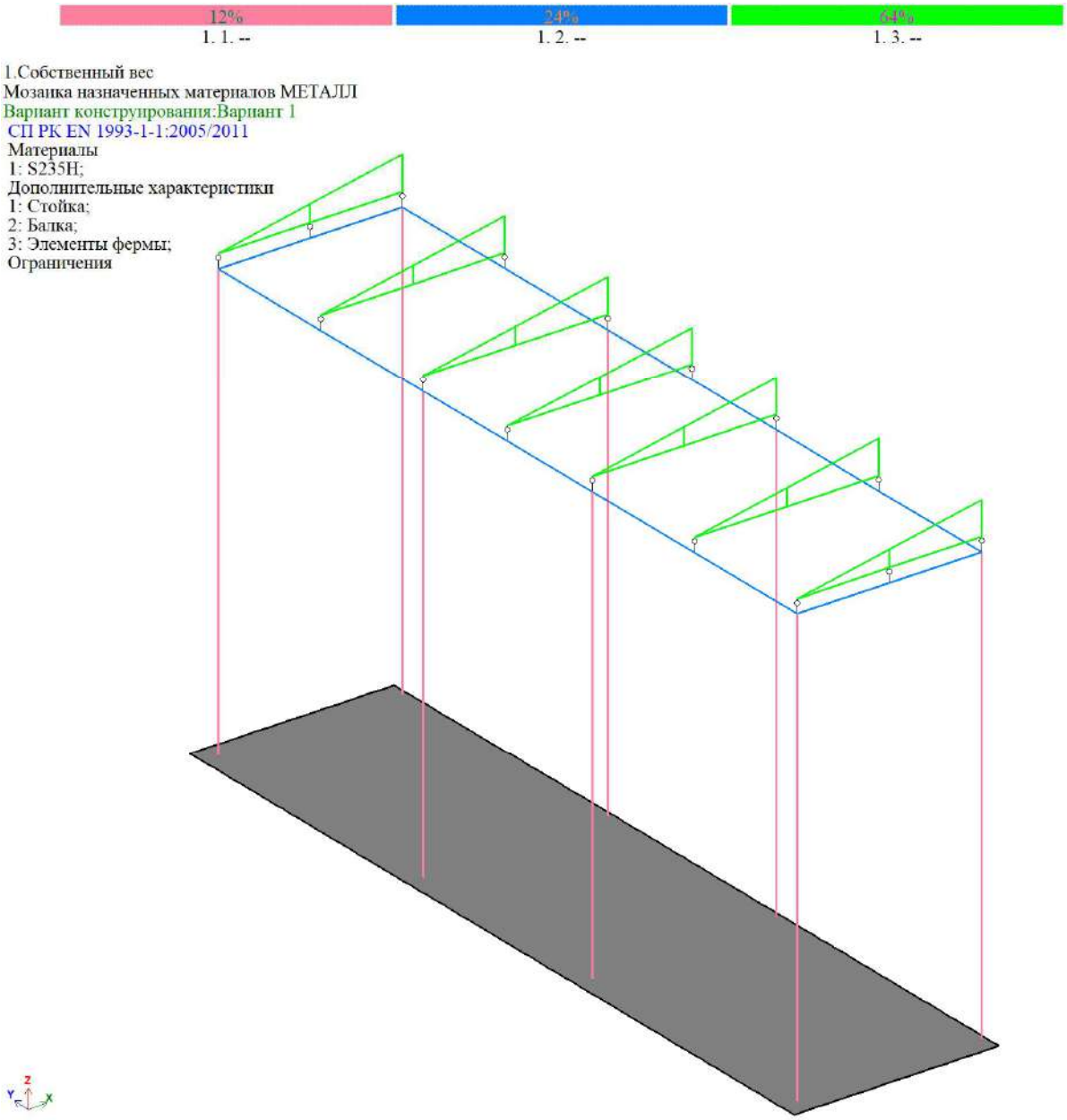


Рис. 3.17 Мозаика назначенных материалов МЕТАЛЛ

Таблица 3.3 Металл [Вариант 1]

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 [Вариант 1] . 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

Таблица 3.3 Металл [Вариант 1] . Дополнительные характеристики

Номер	Комментарий	Тип	Ym 0	Ym 1	Ym 2	Lef z	Lef y	Kz	Ky	B(Y1|Z1)	Ky ltb	Kz ltb	Kw ltb	L	f/L	Ребра	Anet / A	Нагрузки на балку
1	Стойка	Колонна	1.00	1.00	1.25	-	-	0.50	0.50	1	1.00	1.00	1.00	-	-	-	-	-
2	Балка	Балка	1.00	1.00	1.25	0.00	0.00	-	-	-	1.00	1.00	1.00	Авто	1/200	Нет	-	ВП
3	Элементы фермы	Ферменный	1.00	1.00	1.25	-	-	1.00	1.00	-	1.00	1.00	1.00	-	-	-	1.00	-

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 25х100 мм с шагом 0,35 м	кН/м²	0,06	1,35	0,08
Итого	кН/м²	0,10		0,13
на ширину грузовой площади 0,24 м	*кН/м*	*0,02*	*1,35*	*0,03*
на ширину грузовой площади 0,48 м	*кН/м*	*0,05*	*1,35*	*0,06*
на ширину грузовой площади 0,44 м	*кН/м*	*0,04*	*1,35*	*0,06*
на ширину грузовой площади 0,4 м	*кН/м*	*0,04*	*1,35*	*0,05*

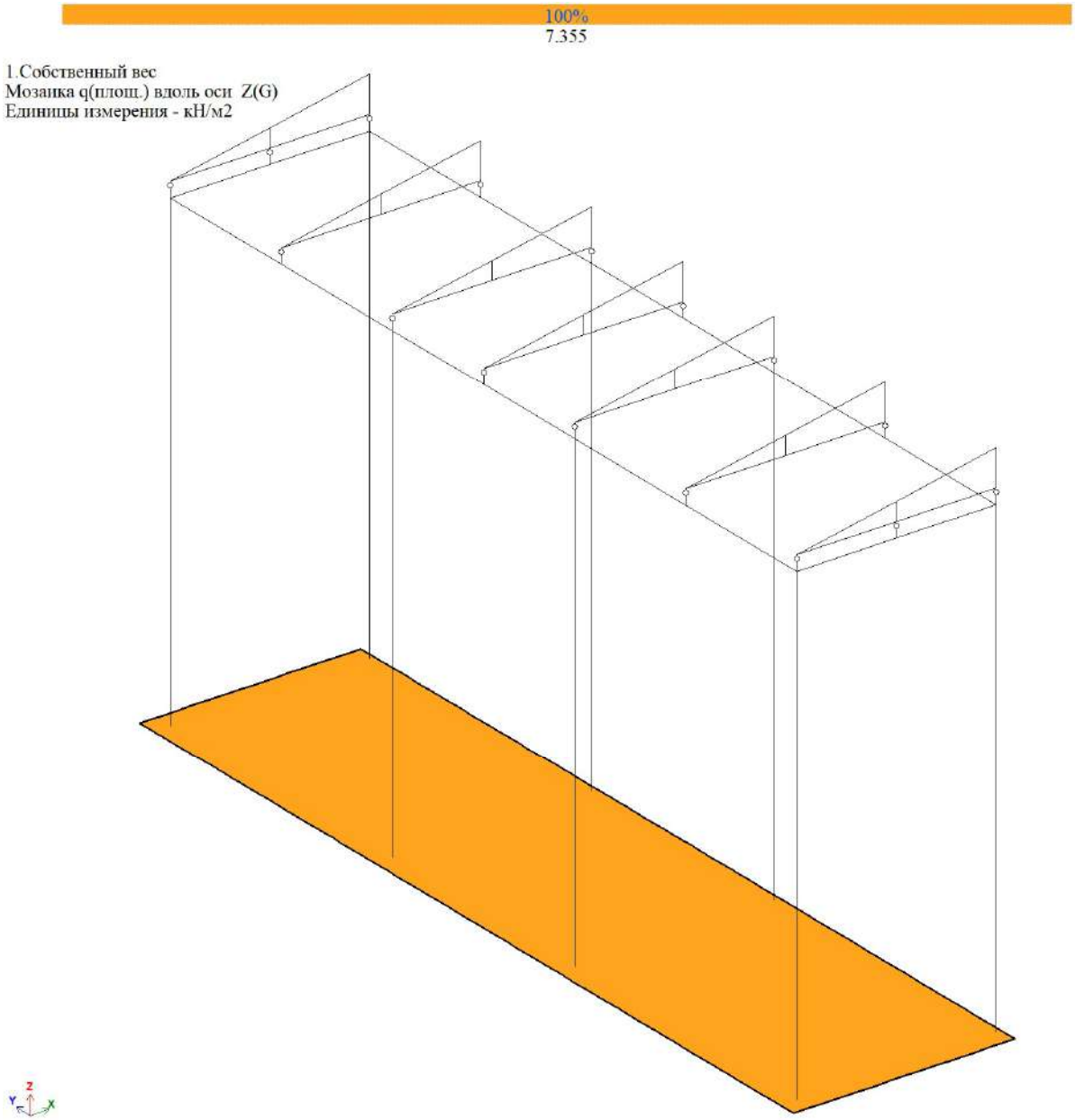


Рис. 4.1 Загружение 1. Мозаика q(площ.) вдоль оси Z(G)

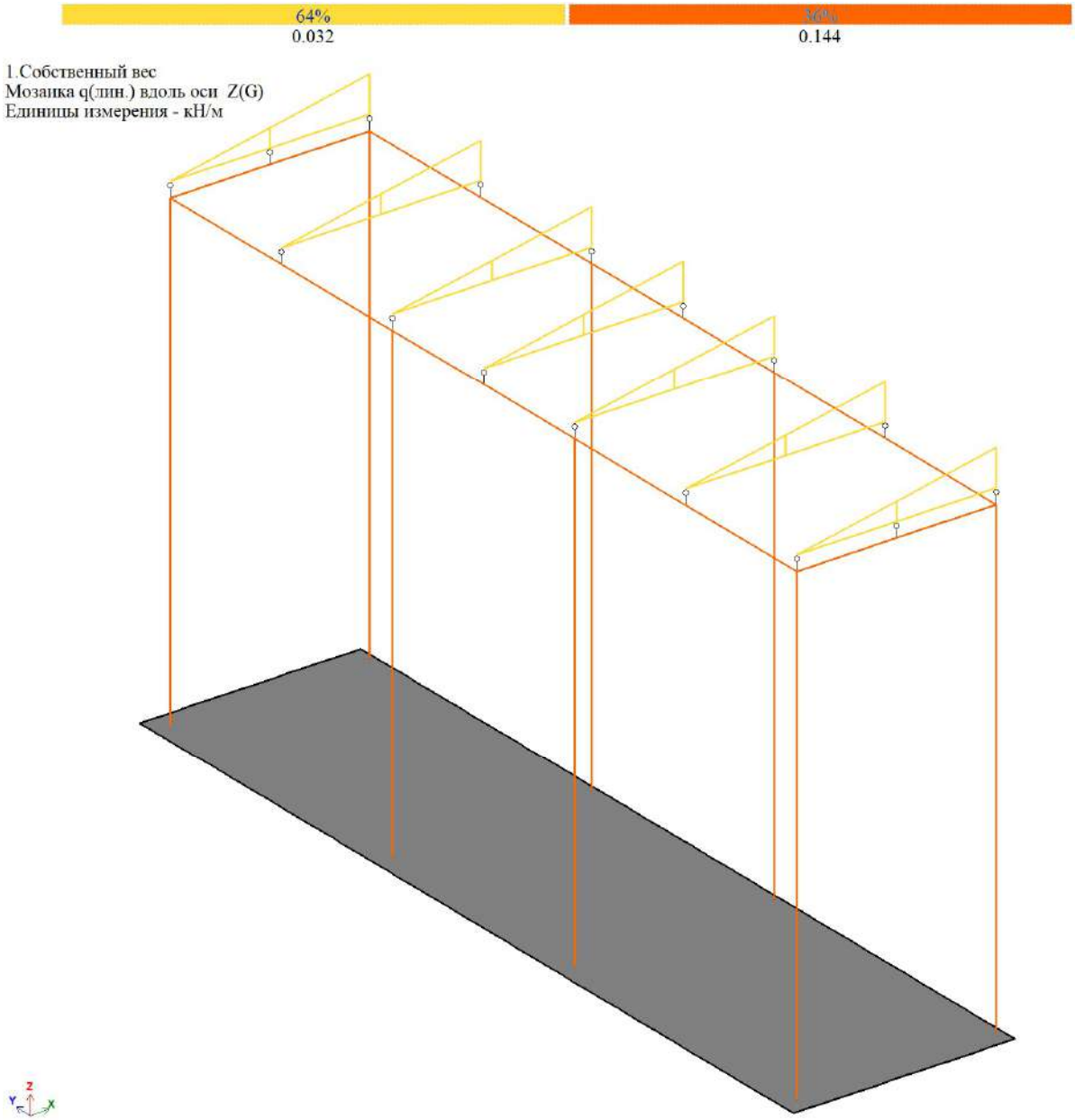


Рис. 4.2 Загружение 1. Мозаика q(лин.) вдоль оси Z(G)

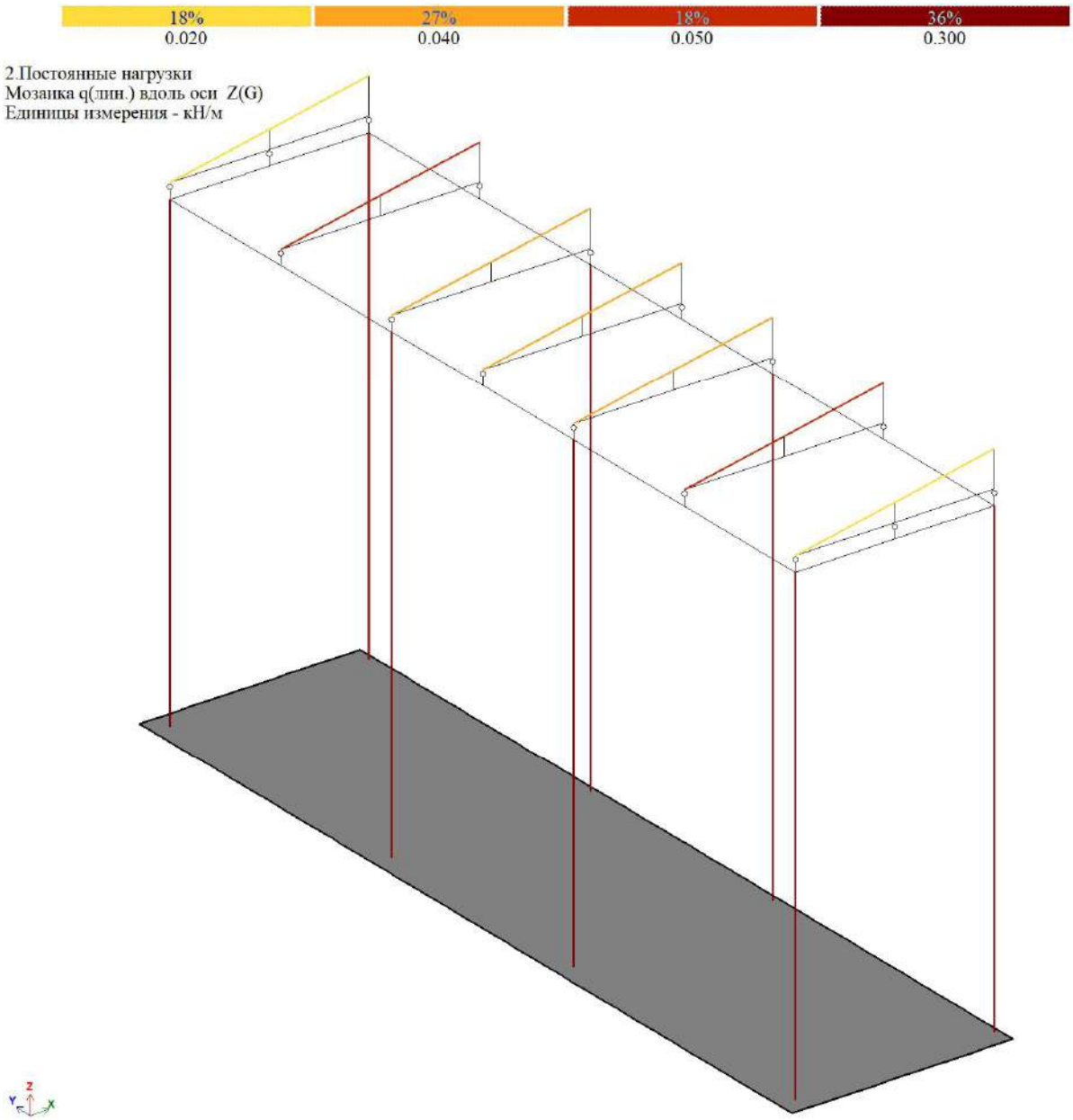


Рис. 4.3 Загружение 2. Мозаика q(лин.) вдоль оси Z(G)(2)

4.2 Нагрузку от посетителей

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 $q_k = 3{,}0\ кН/м^2$. Принимаем значения по верхней границе в связи с тем, что лестница предназначена для эвакуации детей дошкольного возраста.

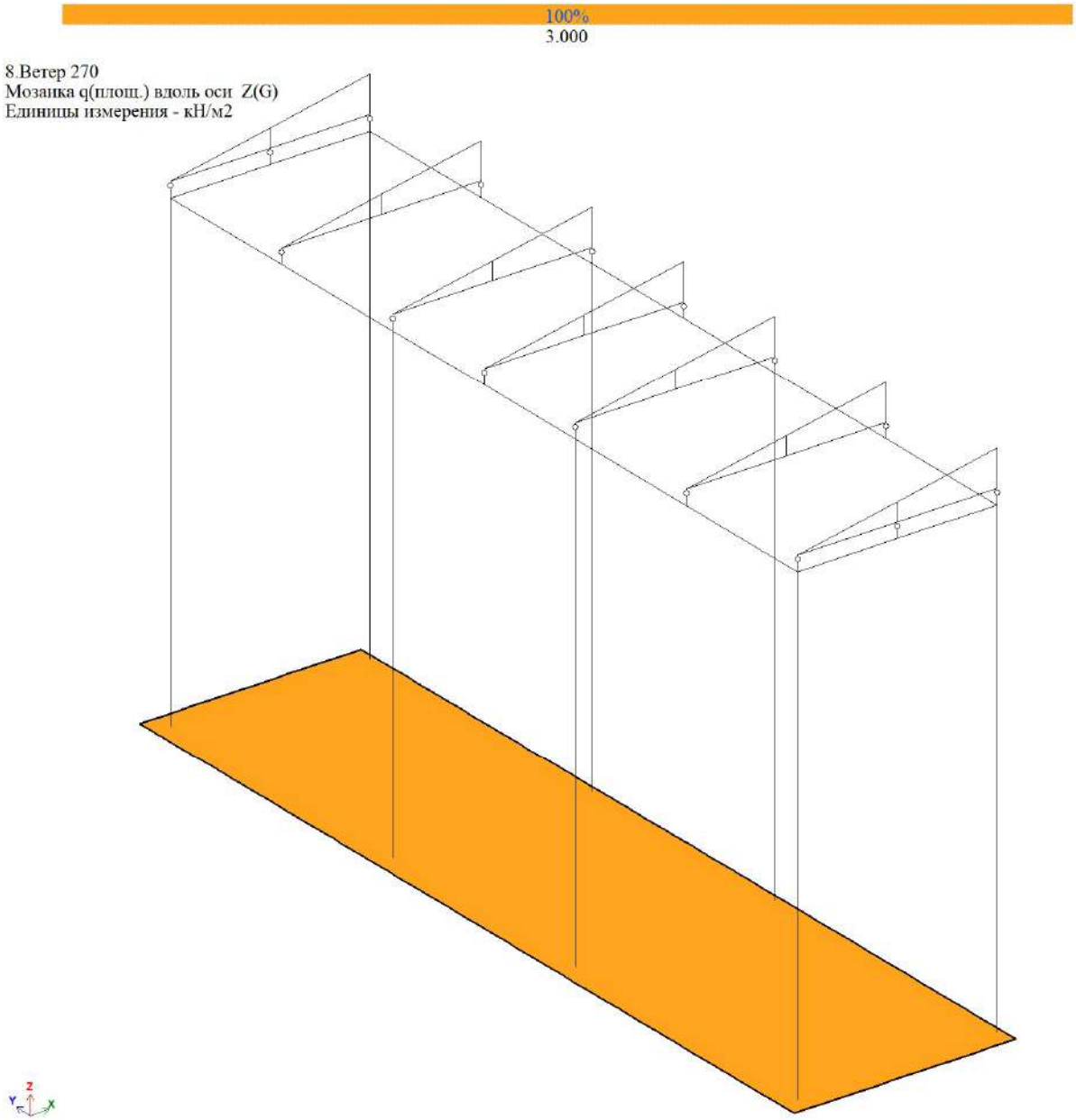
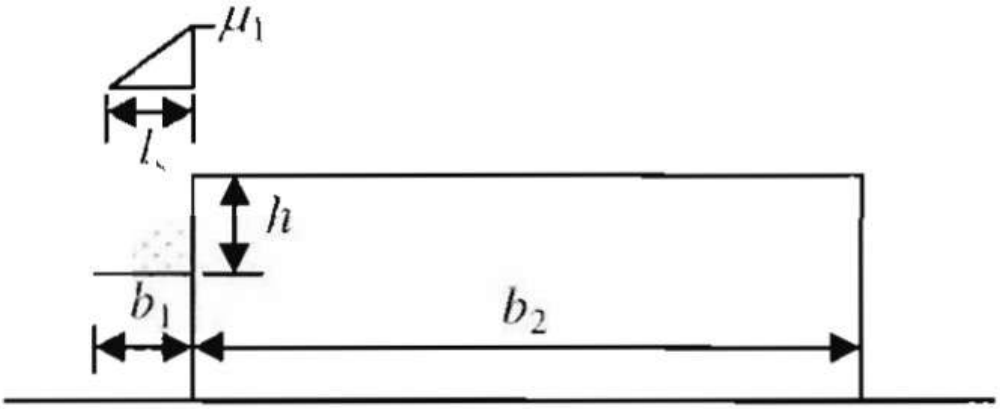


Рис. 4.4 Загружение 3. Мозаика q(площ.) вдоль оси Z(G)

4.3 Снеговые нагрузки

Снеговая нагрузка принимается в соответствии с пунктом В4, прил. В, СП РК EN 1991-1-3:2004/2011.



Схемы приложения снеговой нагрузки

Протяжённость наноса;

$$l_s = b_1 = 4{,}2 \text{ м}$$

$$\alpha_1 = 10°$$

В соответствии с В.4.с СП РК EN 1991-1-3:2004/2011 при уклоне кровли от 15° до 30° принимаем коэффициенты:

$$\mu_1 = \min\begin{cases} \frac{2*h}{s_k} = \frac{2*3{,}45}{1{,}5} = 4{,}6 \\ 5 \end{cases} = 4{,}6$$

Максимальная интенсивность снеговой нагрузки составит:

$$s = 1{,}5*4{,}6 = 3{,}38 \text{ кН/м}^2$$

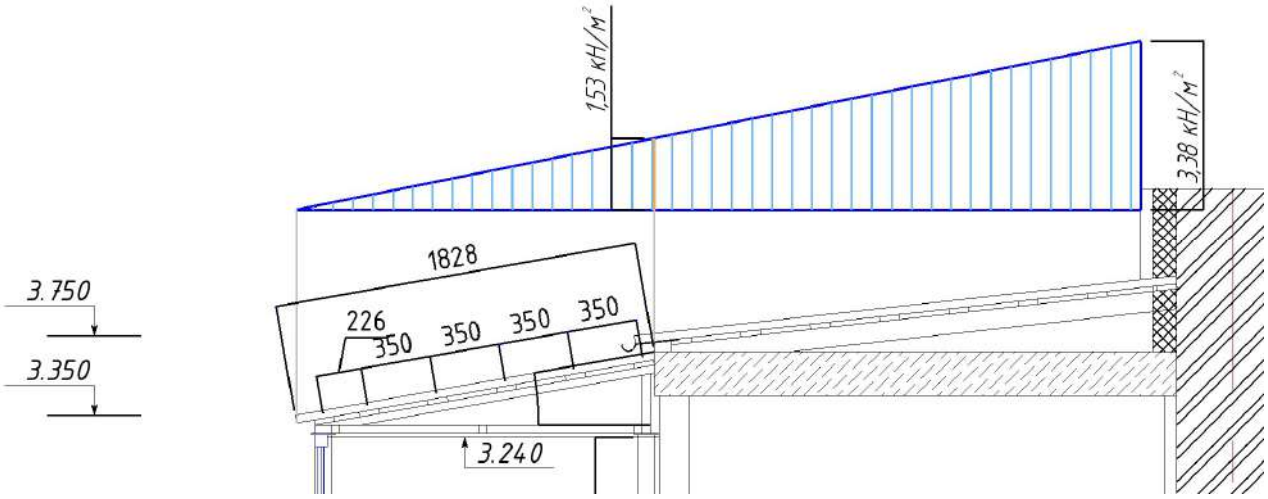


Схема приложения снеговой нагрузки

Вид нагрузки	Ед.изм.	Эффект воздействий	Частный коэффициент для воздействия	Расчетное значение эффекта воздействий
Снег				
Снег на покрытие	кН /м²	1,53	1,5	2,30
итого	кН /м²	*1,53*		*2,30*
на ширину грузовой площади 0,24 м	*кН/м*	*0,37*	*1,50*	*0,55*
на ширину грузовой площади 0,48 м	*кН/м*	*0,73*	*1,50*	*1,10*
на ширину грузовой площади 0,44 м	*кН/м*	*0,67*	*1,50*	*1,01*
на ширину грузовой площади 0,4 м	*кН/м*	*0,61*	*1,50*	*0,92*

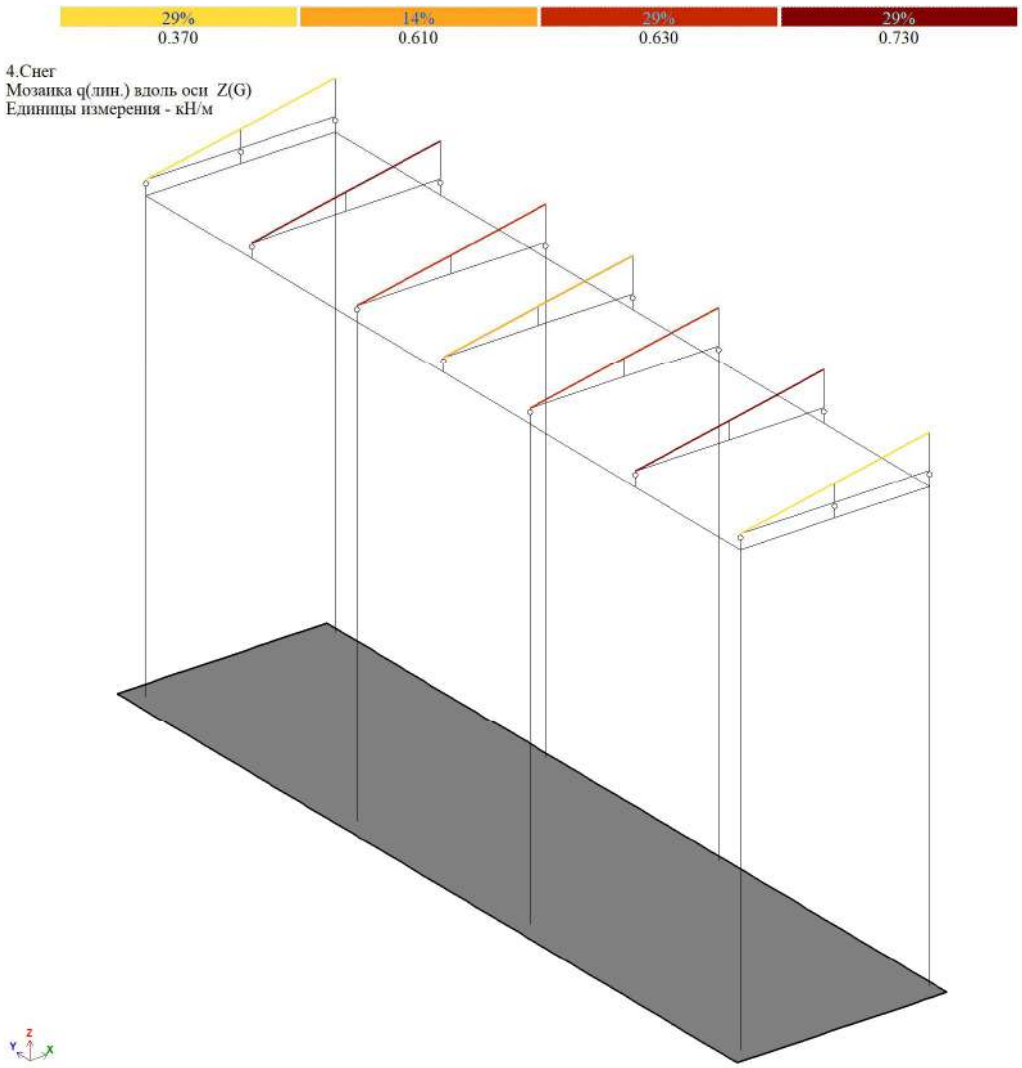


Рис. 4.5 Загружение 4. Мозаика q(лин.) вдоль оси Z(G)

4.4 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.

$$v_b = 1*1*35 = 35\ м/с$$

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=3,35 м над уровнем земли составит:

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

$$c_z(r) = 0{,}19*\ln\left(\frac{3{,}35}{0{,}05}\right) = 0.80$$

$$v_m(z) = 0.80*1*35 = 28\ м/с$$

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

Пиковое значение скоростного напора $q_p(z)$на высоте z=3,35 м составит:

$$\sigma_v = 0{,}19*35*1 = 6{,}65\ м/с$$

$$I_v(z) = \frac{1}{1{,}0*\ln\left(\frac{3{,}35}{0{,}05}\right)} = 0{,}238$$

$$q_p(z) = [1 + 7*0{,}238]*\frac{1}{2}*1{,}25*28^2 = 1{,}31\ кПа$$

В связи с отсутствие чётких требований по определению ветровой нагрузки на выступающие элементы здания (тамбуры, пристройки с пониженным верхним уровнем и т.д.) в качестве ветровой нагрузки примем пиковое значение ветра.

Вид нагрузки	Ед. изм.	Эффект воздействий	Частный коэффициент для воздействия	Расчетное значение эффекта воздействий
Ветер				
Ветер на стены	кН /м²	1,31	1,5	1,97
итого	кН /м²	*1,31*		*1,97*
на ширину грузовой площади 0,85 м	*кН/м*	*1,11*	*1,50*	*1,67*
на ширину грузовой площади 1,22 м	*кН/м*	*1,60*	*1,50*	*2,40*
на ширину грузовой площади 2,21 м	*кН/м*	*2,90*	*1,50*	*4,34*
Ветер на покрытие	кН /м²	1,31	1,5	1,97

итого	кН /м²	*1,31*		*1,97*
на ширину грузовой площади 0,24 м	*кН/м*	*0,31*	*1,50*	*0,47*
на ширину грузовой площади 0,48 м	*кН/м*	*0,63*	*1,50*	*0,94*
на ширину грузовой площади 0,44 м	*кН/м*	*0,58*	*1,50*	*0,86*
на ширину грузовой площади 0,4 м	*кН/м*	*0,52*	*1,50*	*0,79*

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

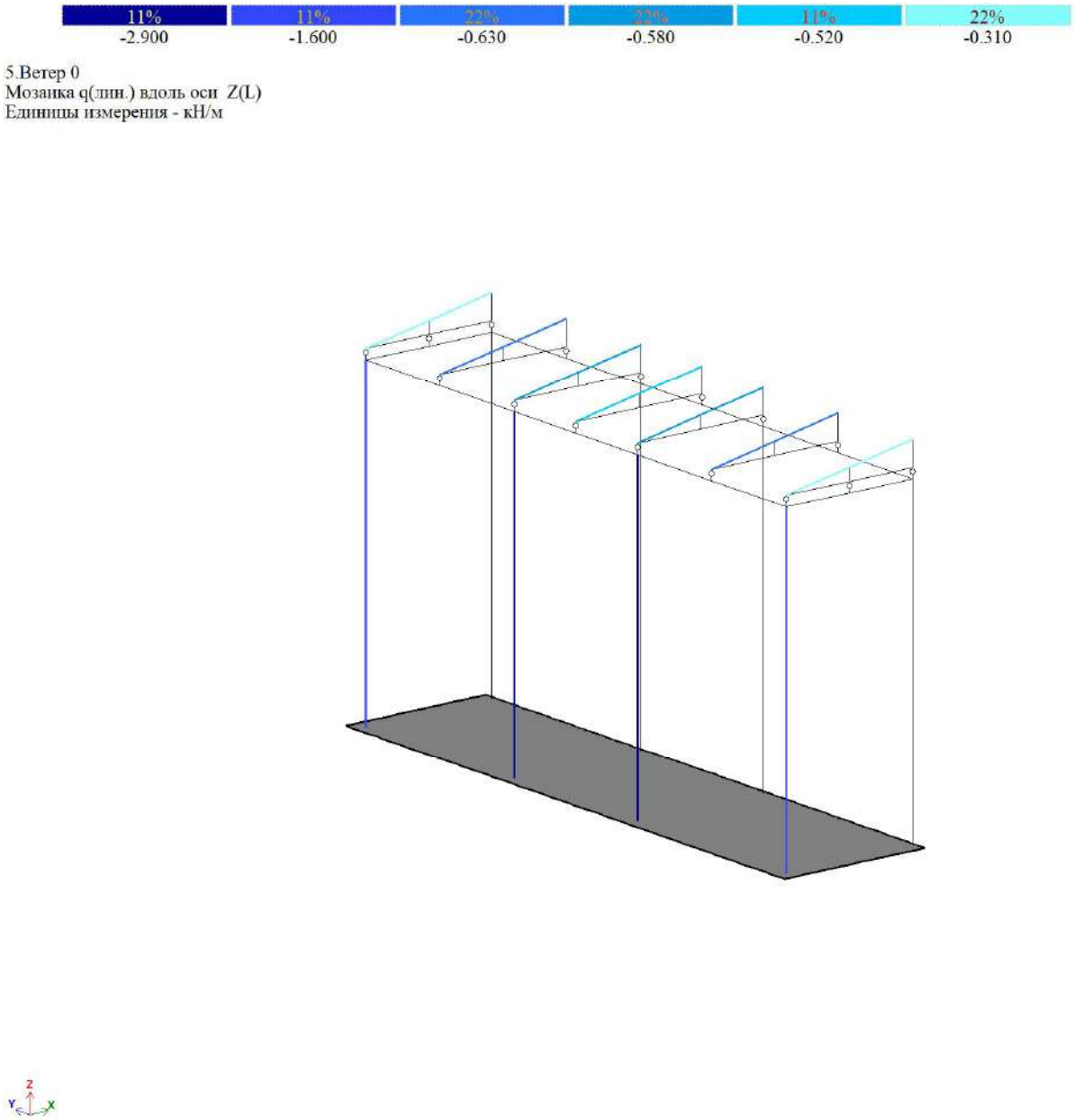


Рис. 4.6 Загружение 5. Мозаика q(лин.) вдоль оси Z(L)

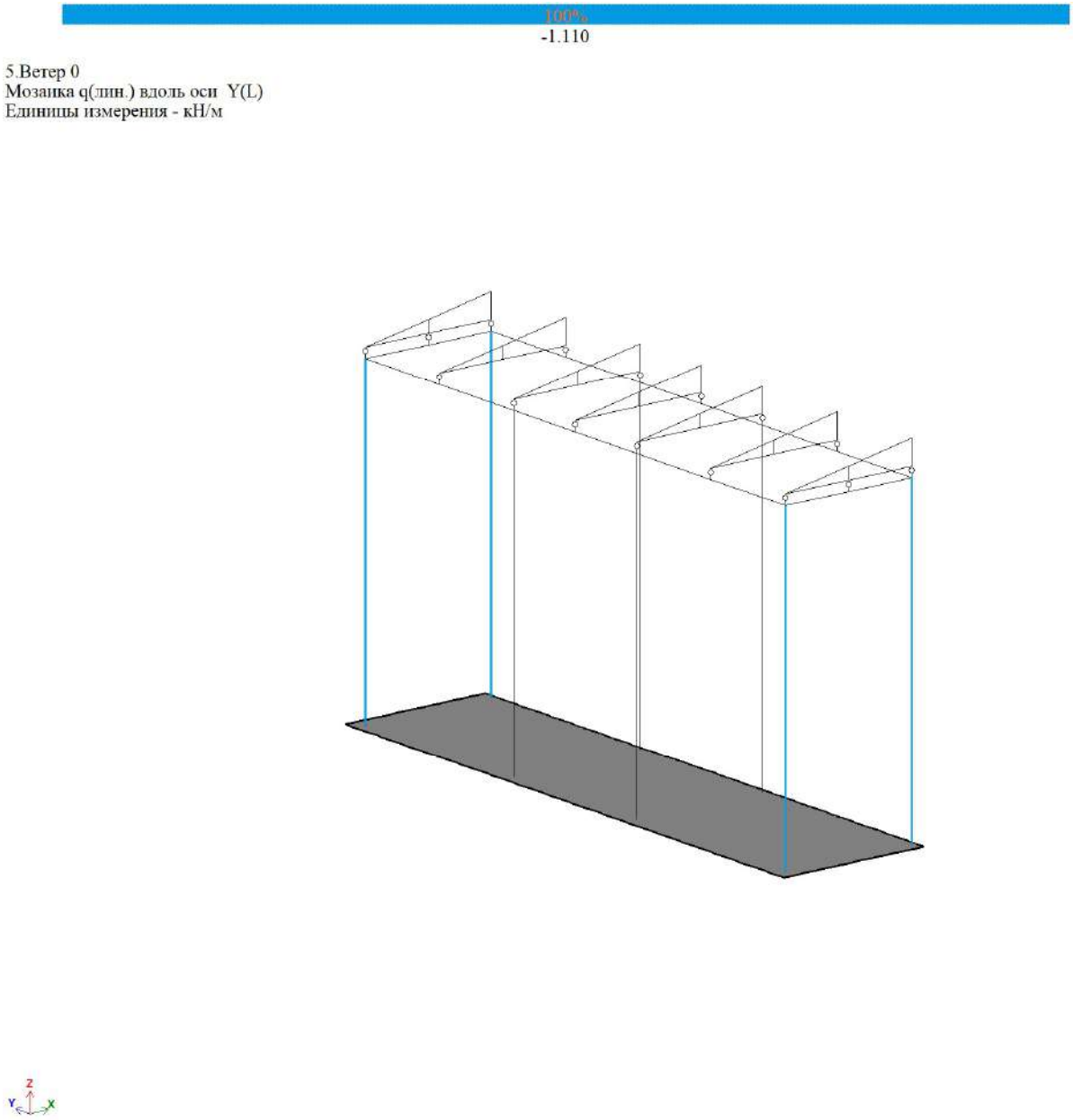


Рис. 4.7 Загружение 5. Мозаика q(лин.) вдоль оси Y(L)

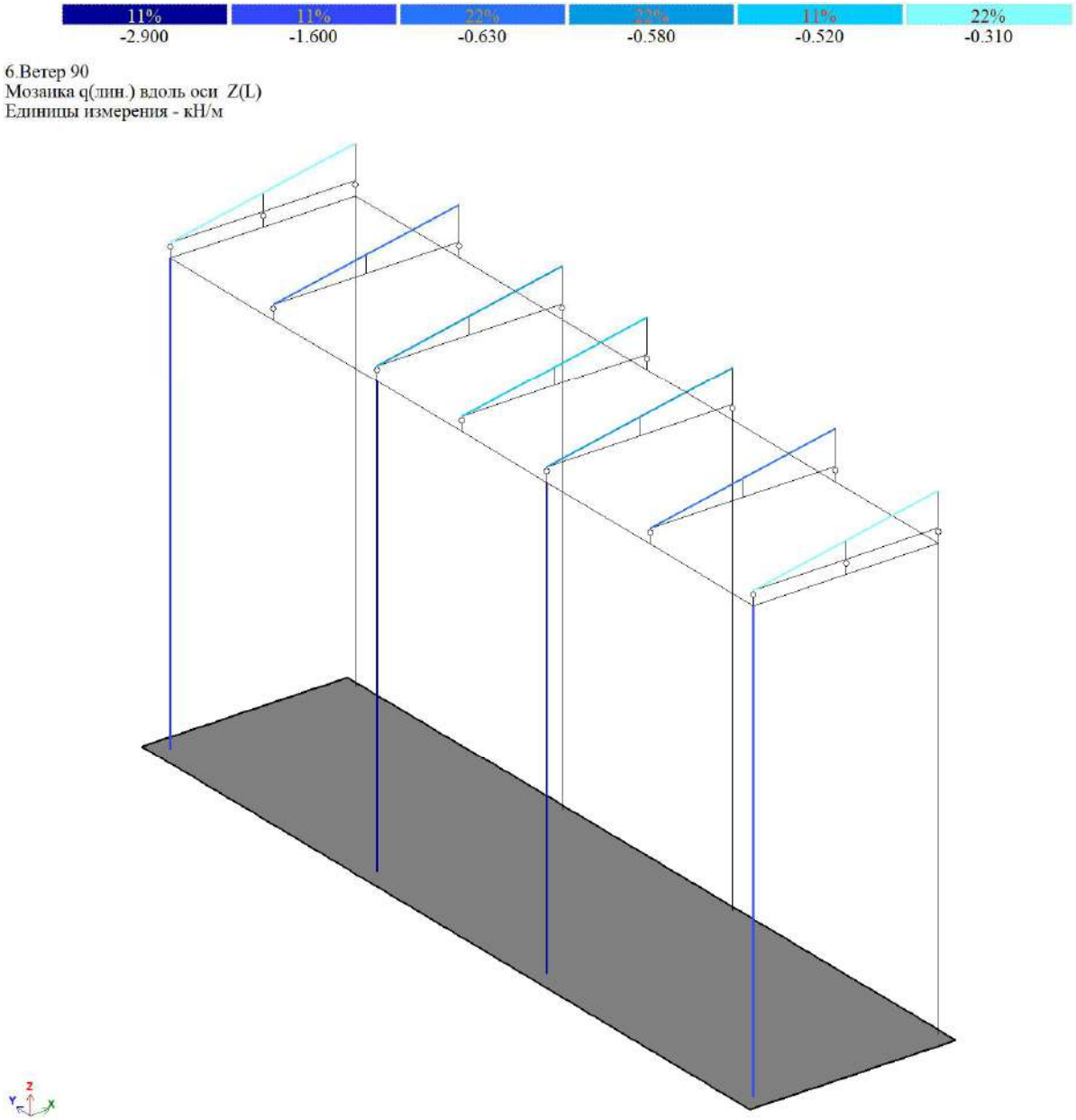


Рис. 4.8 Загружение 6. Мозаика q(лин.) вдоль оси Z(L)

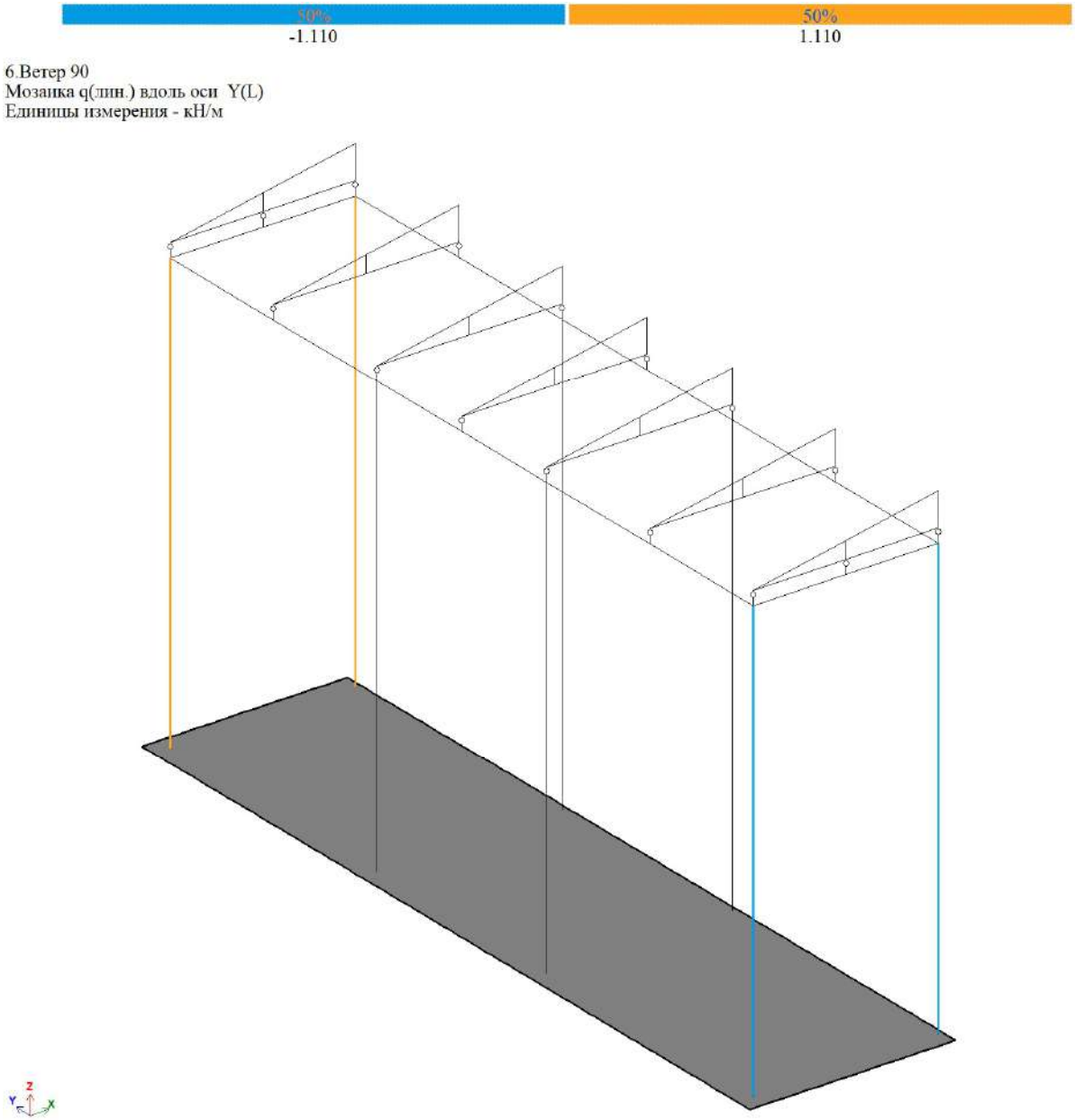


Рис. 4.9 Загружение 6. Мозаика q(лин.) вдоль оси Y(L)

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:

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

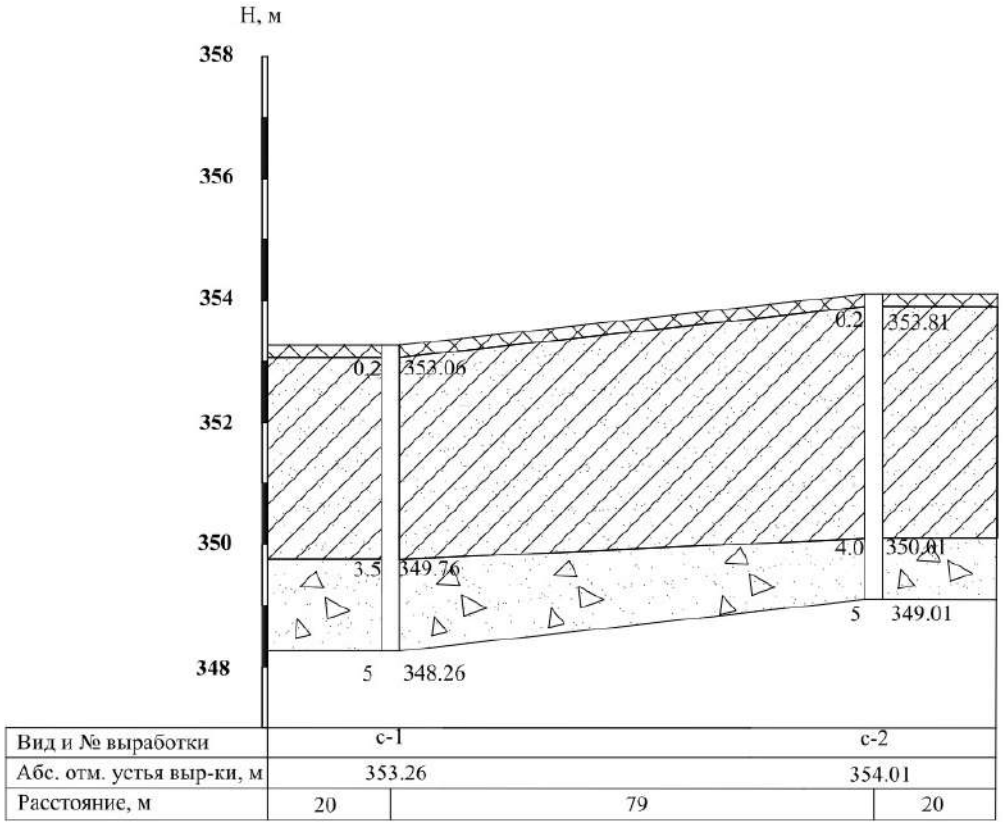


Рис. 5.1 Разрез по скважинам

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 6.

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

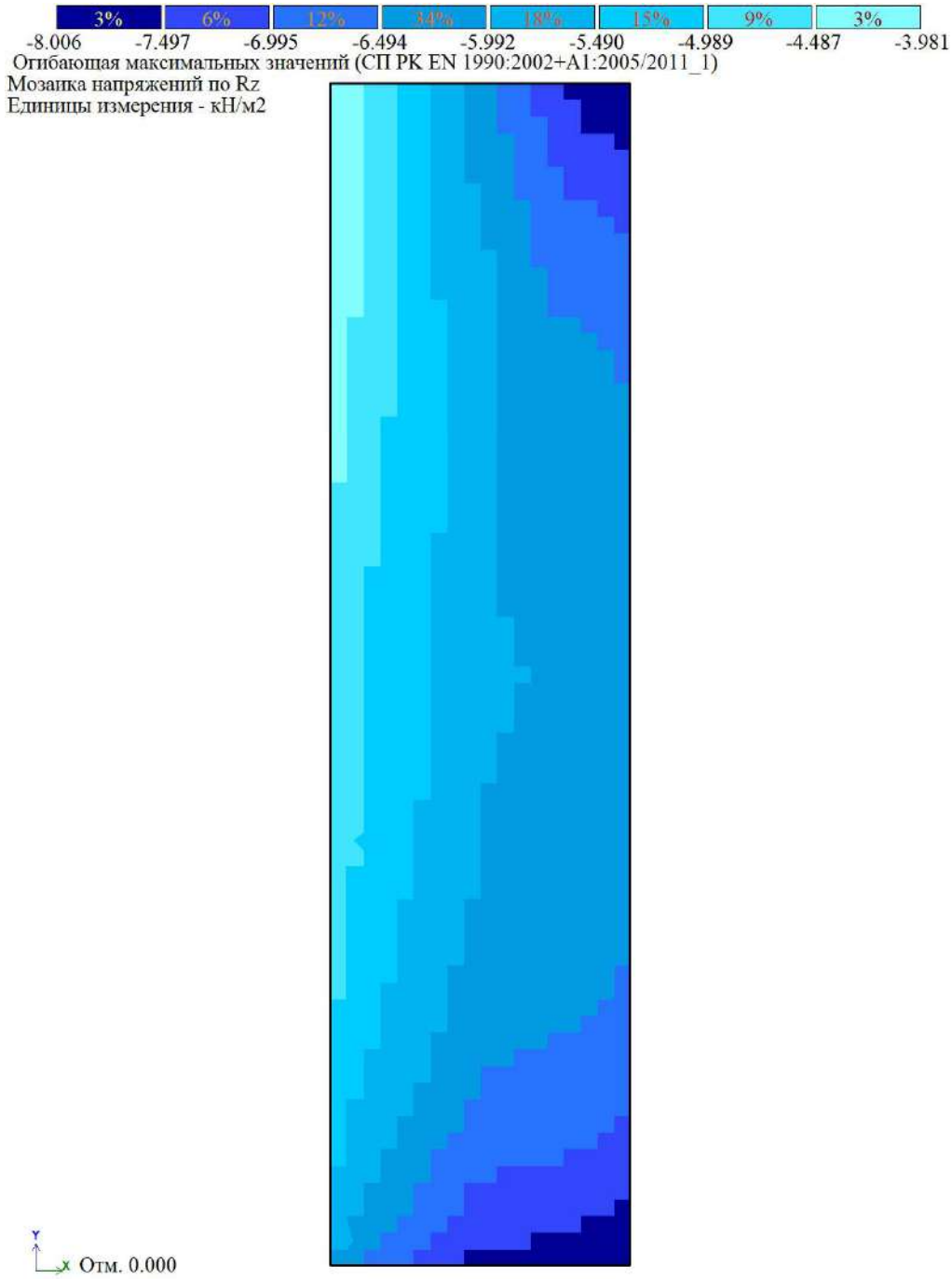


Рис. 5.2 Мозаика максимальных напряжений по Rz

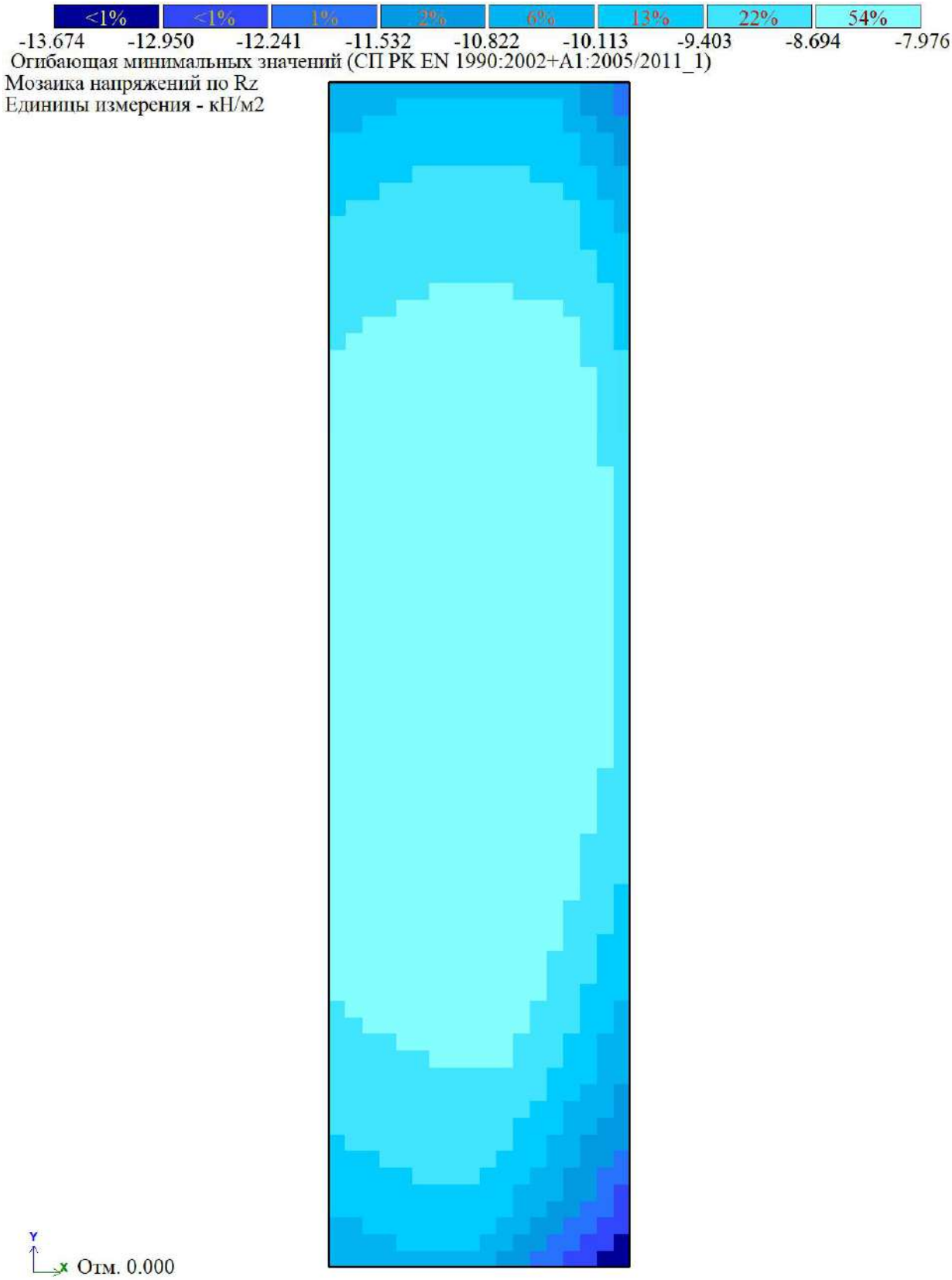


Рис. 5.3 Мозаика минимальных напряжений по Rz

5.2 Параметры расчёта

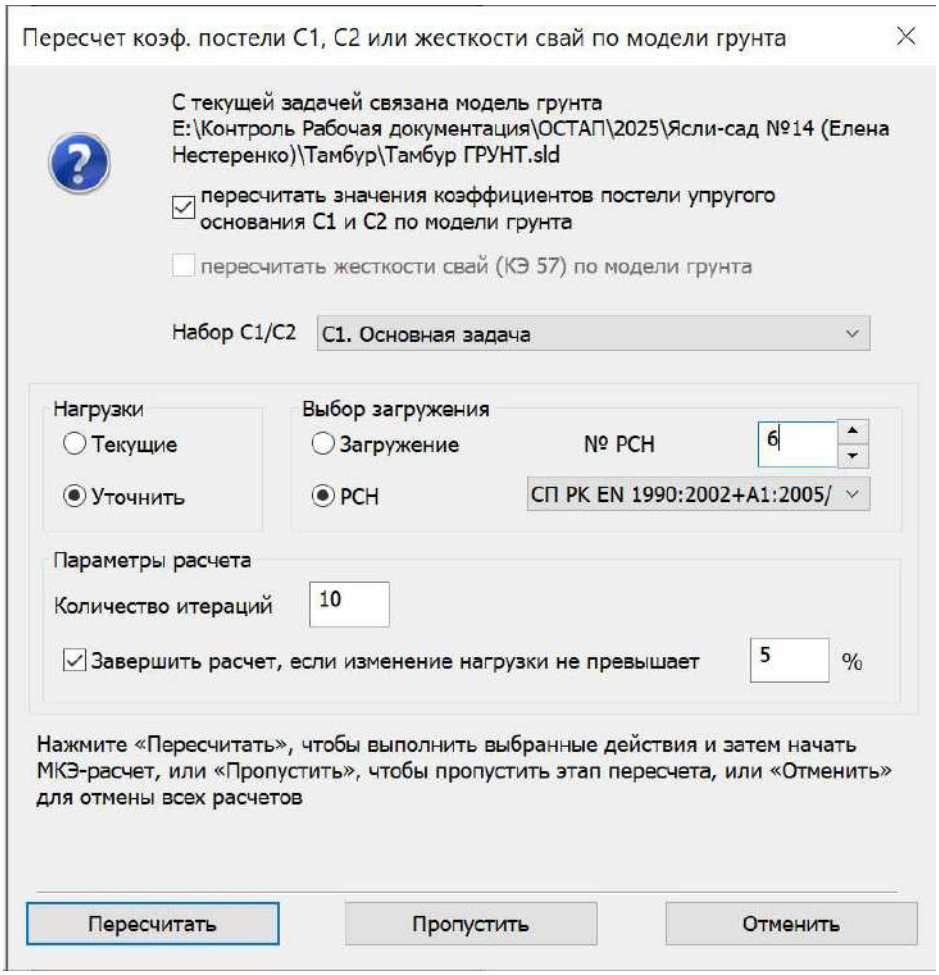


Рис. 5.4 Параметры расчёта

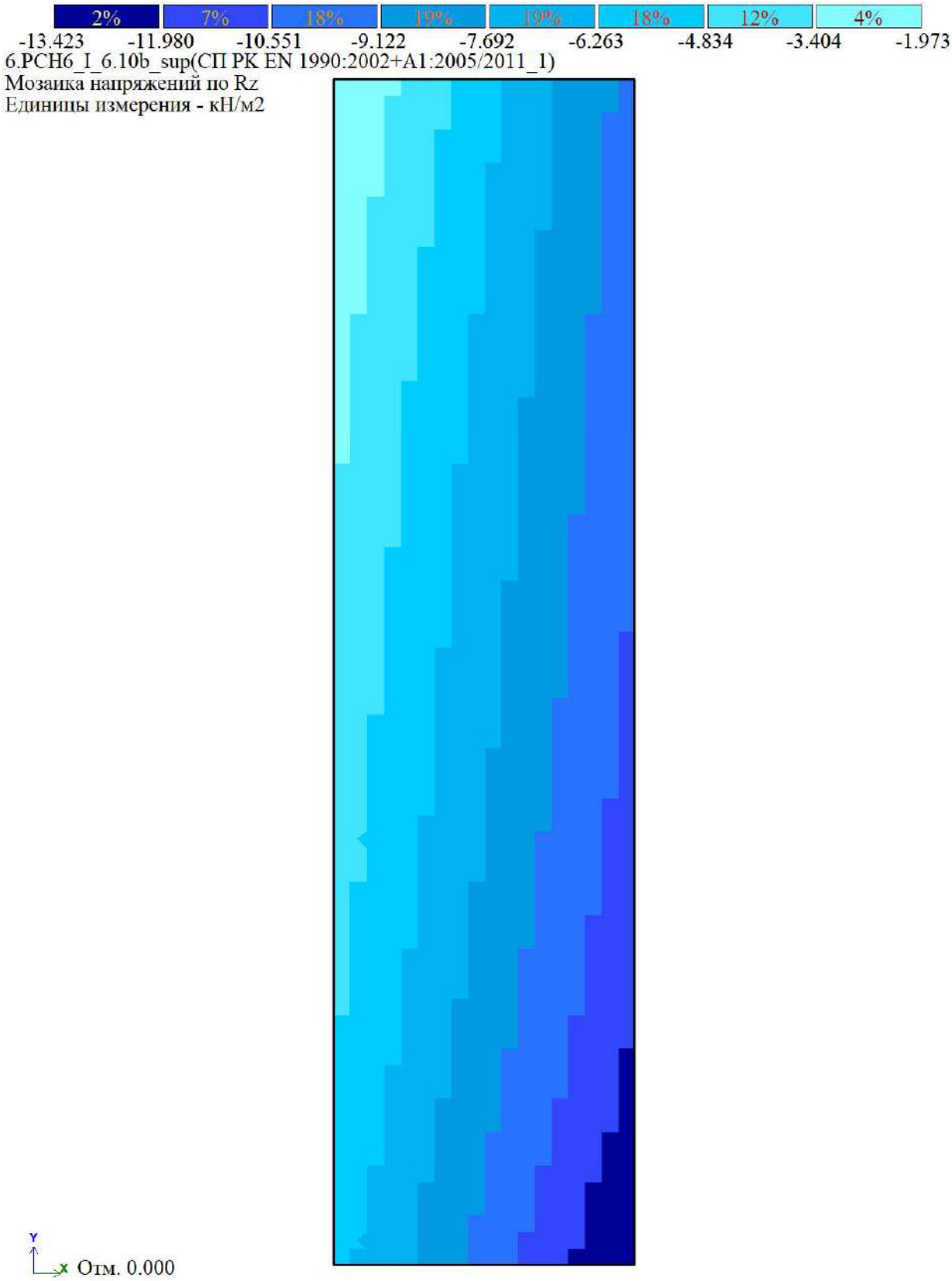


Рис. 5.5 Мозаика напряжений по Rz

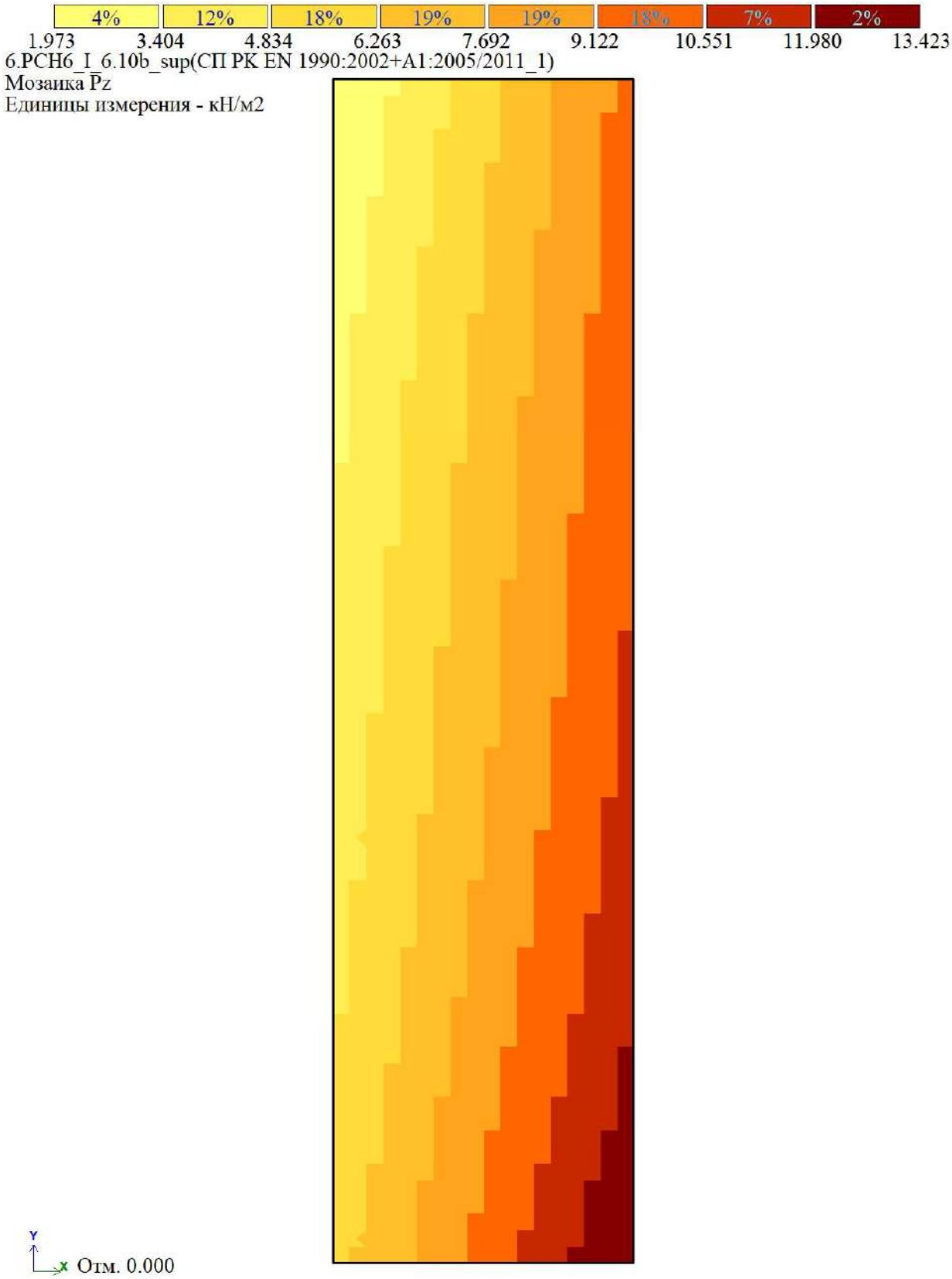


Рис. 5.6 Мозаика Pz

5.3 Расчёт основания

План

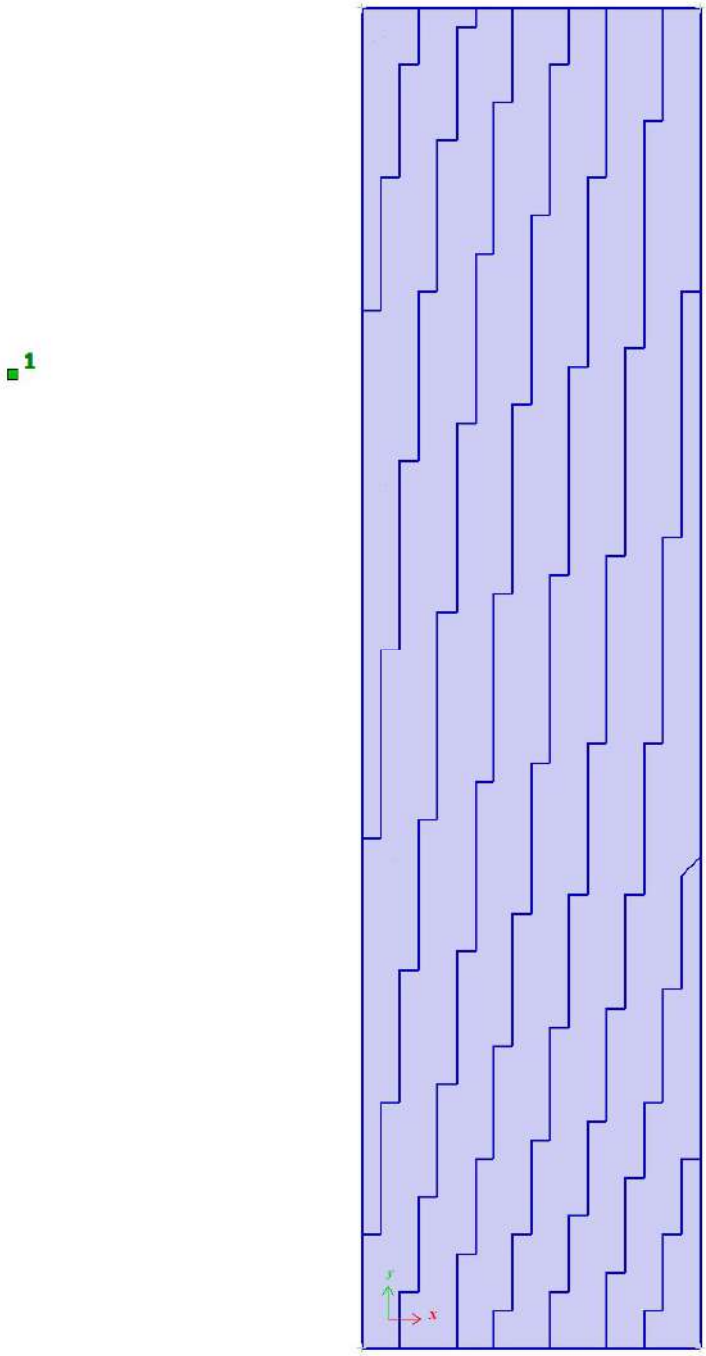


Рис. 5.7 План скважин и фундаментов

Дата: 2025.06.30 14:22:25 LIRA-FEM 2025 ГРУНТ
Задача Тамбур ГРУ

Характеристики грунтов

№	ИГЭ	Наименование грунта		Природная влажность (доли)	Показатель текучести		Коэффициент пористости	Модуль деформации (кН/м2)	Коэффициент Пуассона	Удельный вес грунта (кН/м3)
1		Насыпной		0.05	0.20		0.70	9806.650	0.300	15.887
2		Суглинок тугопластичный		0.21	0.10		0.63	4200.000	0.350	18.630
3		Песок гравелистый		0.25			0.54	30000.000	0.300	18.640
1003		Песок гравелистый		0.25		W	0.54	30000.000	0.300	18.640

Рис. 5.8 Характеристики грунта

Таблица 5.1 Скважины

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
Скважина 1	1003	Песок гравелистый		-4.80	0.30	4.80

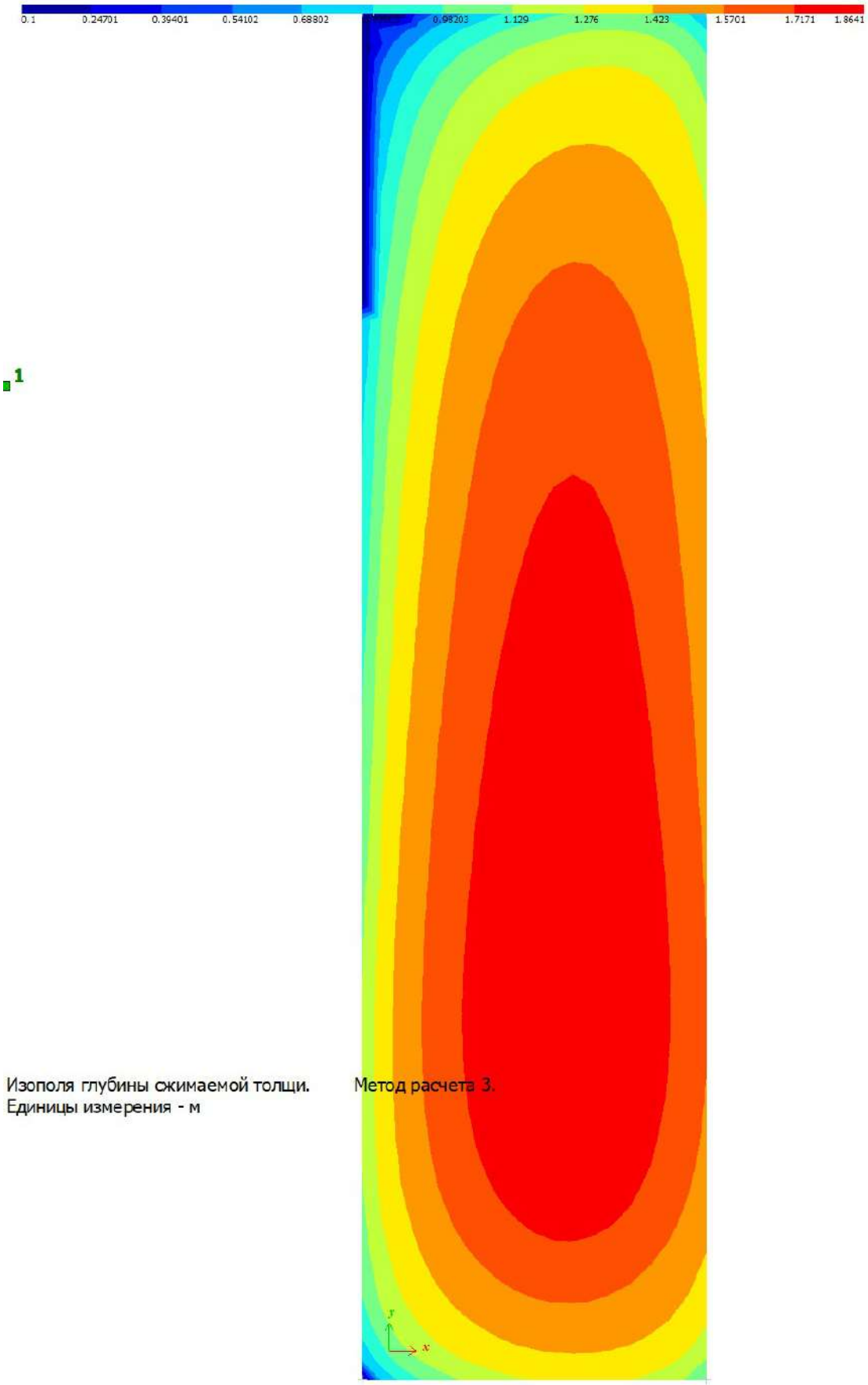


Рис. 5.9 Глубина сжимаемой толщи

Параметры расчета

Нормы

СП РК 5.01-102-2013

☐ Модифицированный С1

☑ Выполнять расчёт С2

Параметры глубины сжимаемой толщи

☑ Минимальная глубина под нагрузкой

☐ Минимальная глубина до отметки

Коэффициент глубины сжимаемой толщи 0.20

Минимальная глубина сжимаемой толщи 1.9 м

Дополнительное постоянное напряжение по всей глубин 0 кН/м2

Шаг триангуляции нагрузок для построения изополей 2 м

☑ Учитывать вес грунта выше отметки приложения нагрузки

☐ Вычислять результаты в пределах площади импортированных нагрузок по укрупненной прямоугольной сетке

Шаг сетки 0 м

☑ Учитывать слабые грунты

Модуль деформации слабого грунт кН/м2 5100

☐ Расчет осадки существующих зданий от строящихся сооружений

Параметры вычисления расчетного сопротивления грунта

$$R = \frac{\gamma_{c1}\gamma_{c2}}{k}\left[M_\gamma k_z b \gamma_{II} + M_q d_1 \gamma'_{II} + (M_q - 1) d_b \gamma'_{II} + M_c c_{II}\right]$$

Yc1 По табли Yc2 По табли k 1.1

Рис. 5.10 Параметры расчёта

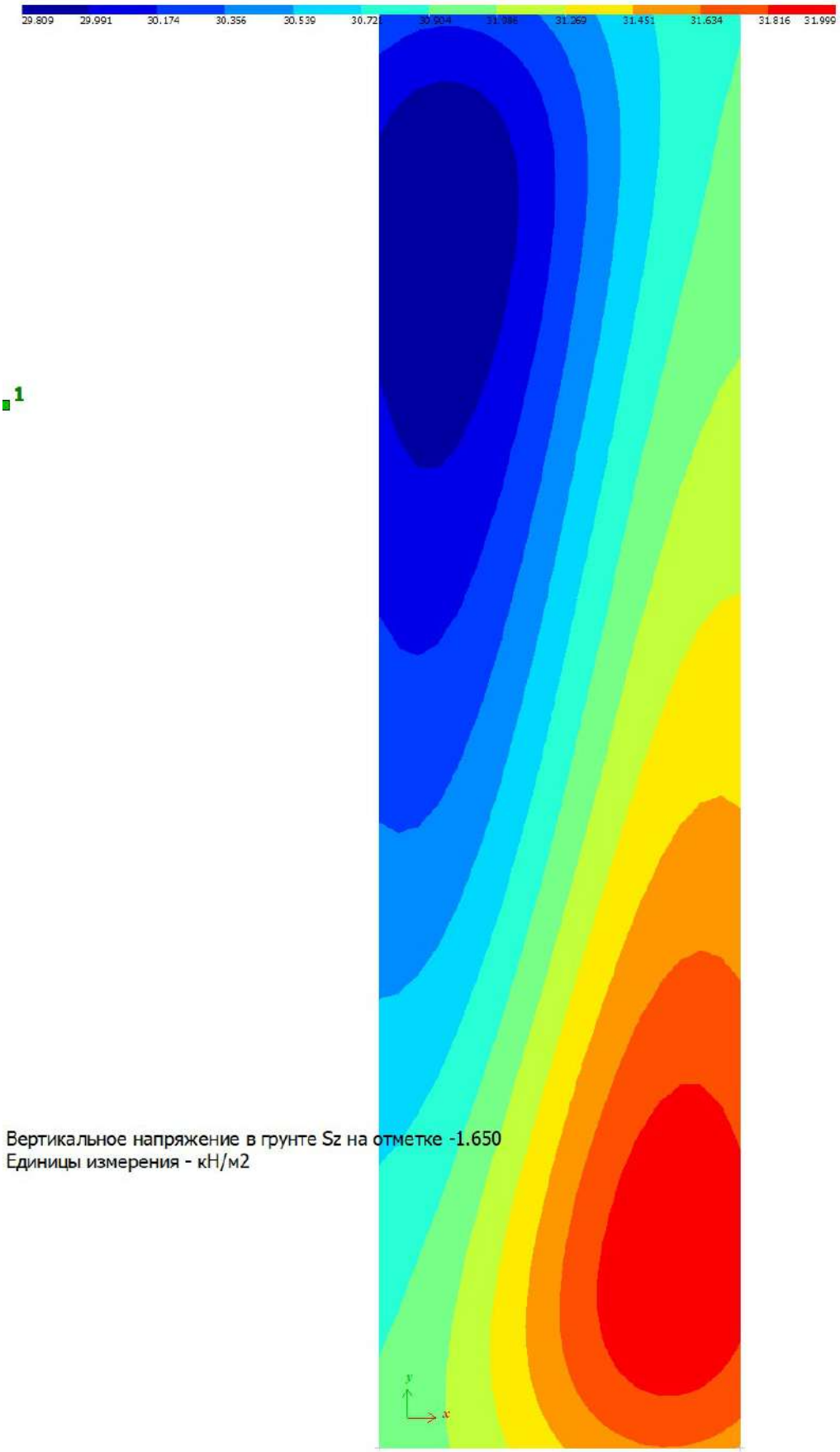


Рис. 5.11 Суммарное вертикальное давление

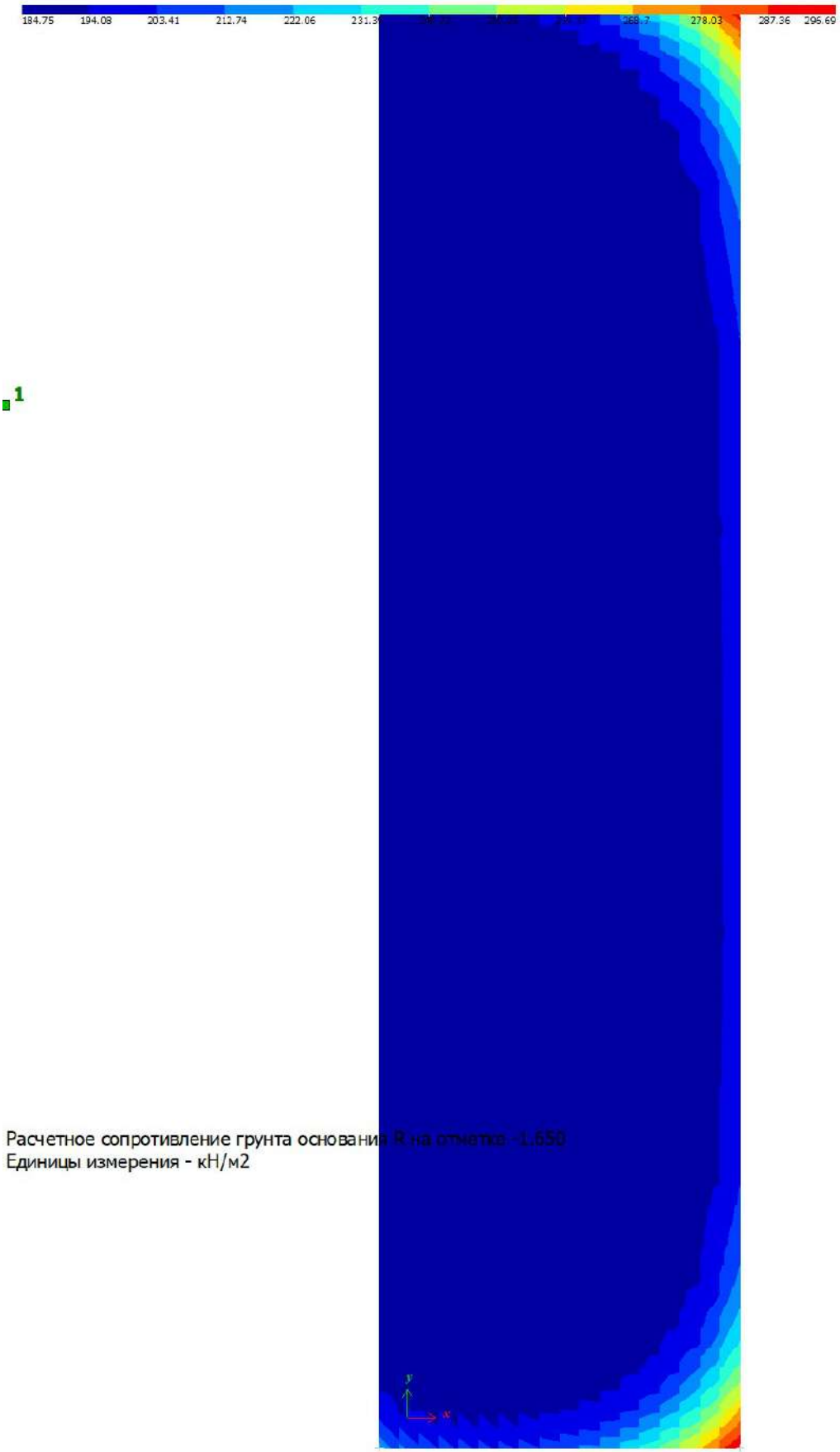


Рис. 5.12 Расчётное сопротивление грунта

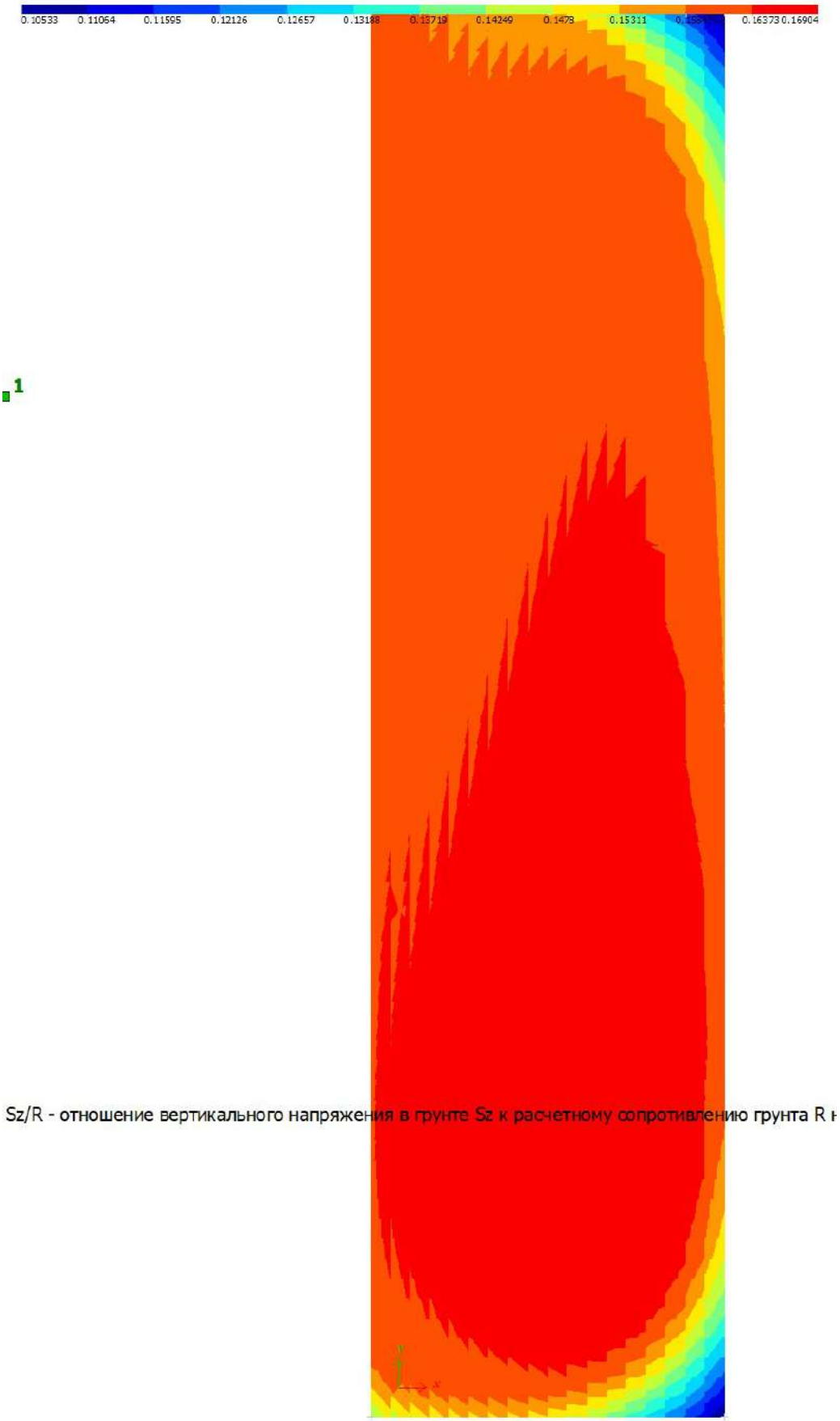


Рис. 5.13 Соотношение давления к сопротивлению

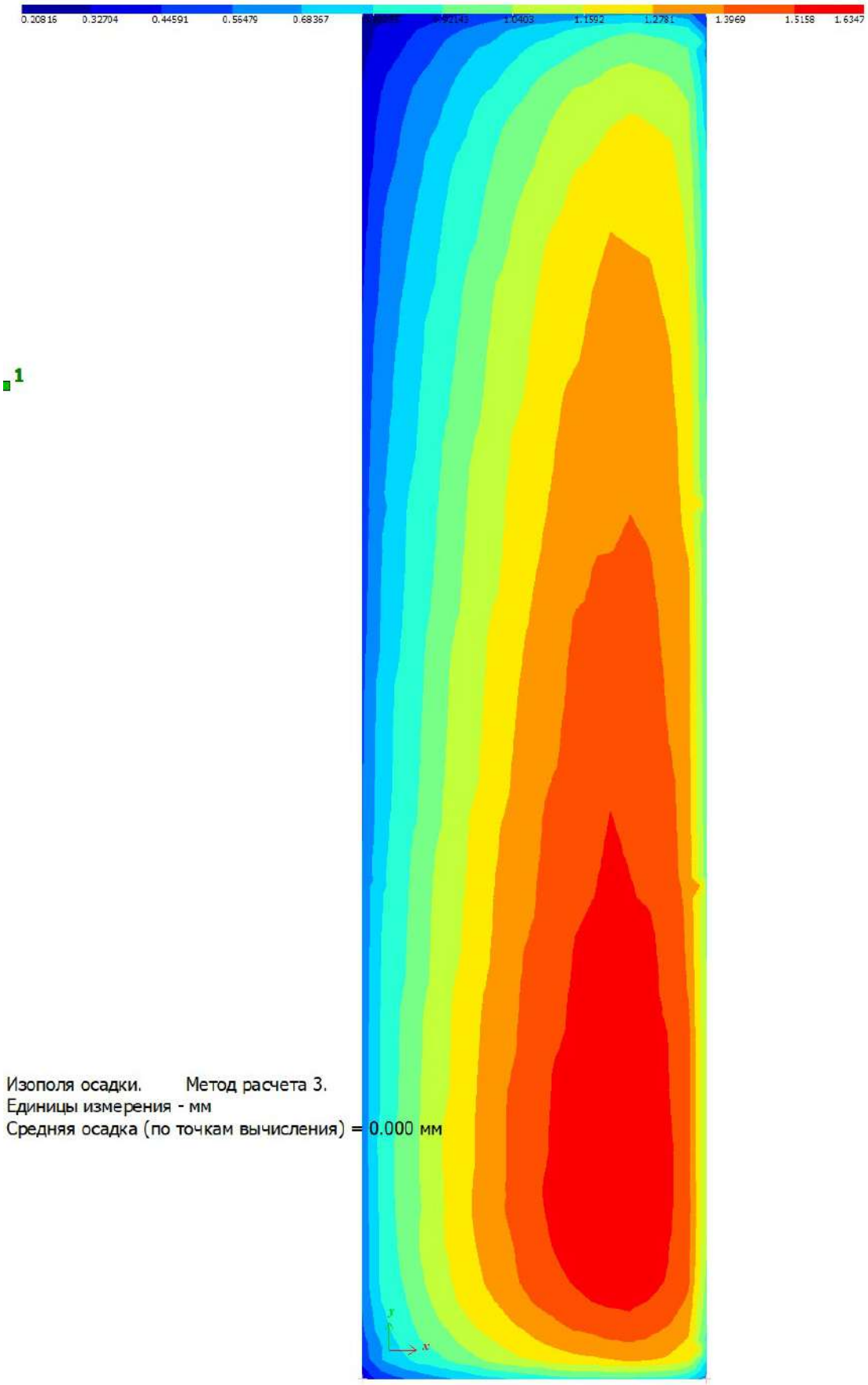


Рис. 5.14 Осадка

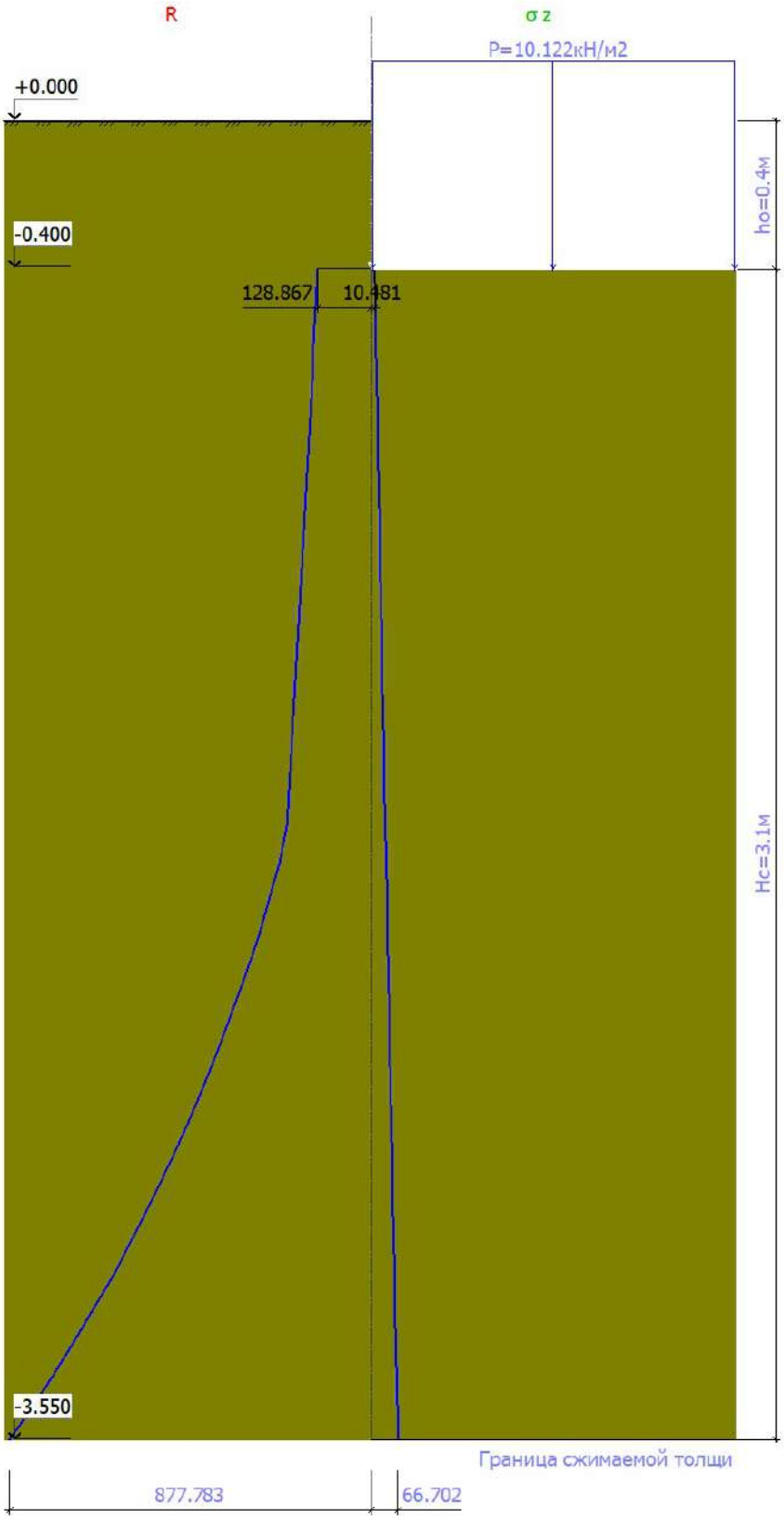


Рис. 5.15 Результат в точке

6 Расчётные сочетания нагрузок

Проанализировав минимальные и максимальные мозаики напряжений по R_Z видим близкие значения между комбинациями РСН. Принимаем в качестве расчётной РСН 6.

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

N загруж.	Наименование	Вид	Доминирующее	Знакоперем.	Взаимоискл.	Коэф. безоп.
1	Собственный вес	Постоянное, Gsup(Gsup)		+		1.35
2	Постоянные нагрузки	Постоянное, Gsup(Gsup)		+		1.35
3	Нагрузки от людей	Ветровое, Q(Qw)	*	+		1.5
4	Снег	Снеговое <= 1000, Q(Qs)	*	+		1.5
5	Ветер 0	Ветровое, Q(Qw)	*	+	1	1.5
6	Ветер 90	Ветровое, Q(Qw)	*	+	1	1.5

Рис. 6.1 _

7 Результаты расчёта

7.1 Протокол расчёта

Протокол расчета
Дата: 27.06.2025
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 = 14898257408
11:32 Чтение исходных данных из файла E:\Data\Лестница ЛЭ1.txt
11:32 Контроль исходных данных основной схемы
Количество узлов = 236 (из них количество неудаленных = 236)
Количество элементов = 362 (из них количество неудаленных = 362)
11:32 Разделение линейных загружений на блоки
Линейные загружения разделены на 1 блока
ОСНОВНАЯ СХЕМА
11:32 Оптимизация порядка неизвестных
РАСЧЕТ БЛОКА ЗАГРУЖЕНИЙ №№ 1-10
Количество неизвестных = 1116
РАСЧЕТ НА СТАТИЧЕСКИЕ ЗАГРУЖЕНИЯ
11:32 Формирование матрицы жесткости
11:32 Формирование векторов нагрузок
11:32 Разложение матрицы жесткости
11:32 Вычисление неизвестных
11:32 Контроль решения
Формирование результатов
11:32 Формирование топологии
11:32 Формирование перемещений
11:32 Вычисление и формирование усилий в элементах
11:32 Вычисление и формирование реакций в элементах
11:32 Вычисление и формирование эпюр усилий в стержнях
11:32 Вычисление и формирование эпюр прогибов в стержнях
Суммарные узловые нагрузки на основную схему:
Загружение 1 PX=0 PY=2.60209e-18 PZ=6.90512 PUX=-0.0037198 PUY=-0.00111988 PUZ=0.00228447 PW=0
Загружение 2 PX=0 PY=0 PZ=0.388036 PUX=-0.00933716 PUY=0.000840438 PUZ=0.00284085 PW=0
Загружение 3 PX=0 PY=0 PZ=9.33504 PUX=-3.00324e-17 PUY=-6.50521e-18 PUZ=0 PW=0
Загружение 4 PX=0 PY=0 PZ=3.19375 PUX=-0.0581622 PUY=1.34441e-17 PUZ=0 PW=0

Загружение 5 PX=0 PY=6.93889e-17 PZ=2.86221 PUX=-0.0629916 PUY=0.00187345 PUZ=0.0255678 PW=0

Загружение 6 PX=0 PY=0 PZ=0.928921 PUX=-0.0316674 PUY=0.0039963 PUZ=0 PW=0

Загружение 7 PX=-0.25697 PY=0 PZ=0 PUX=0 PUY=-0.0134827 PUZ=-0.000849163 PW=0

Загружение 8 PX=0 PY=-0.237391 PZ=-0.00721959 PUX=0.0109364 PUY=0.000563278 PUZ=0.000340405 PW=0

Загружение 9 PX=0.25697 PY=0 PZ=0 PUX=0 PUY=0.0134827 PUZ=0.000849163 PW=0

Загружение 10 PX=0 PY=0.237391 PZ=0.00721959 PUX=-0.0109364 PUY=-0.000563278 PUZ=-0.000340405 PW=0

Расчет успешно завершен

Затраченное время = 0 мин

7.2 Перемещение основных узлов

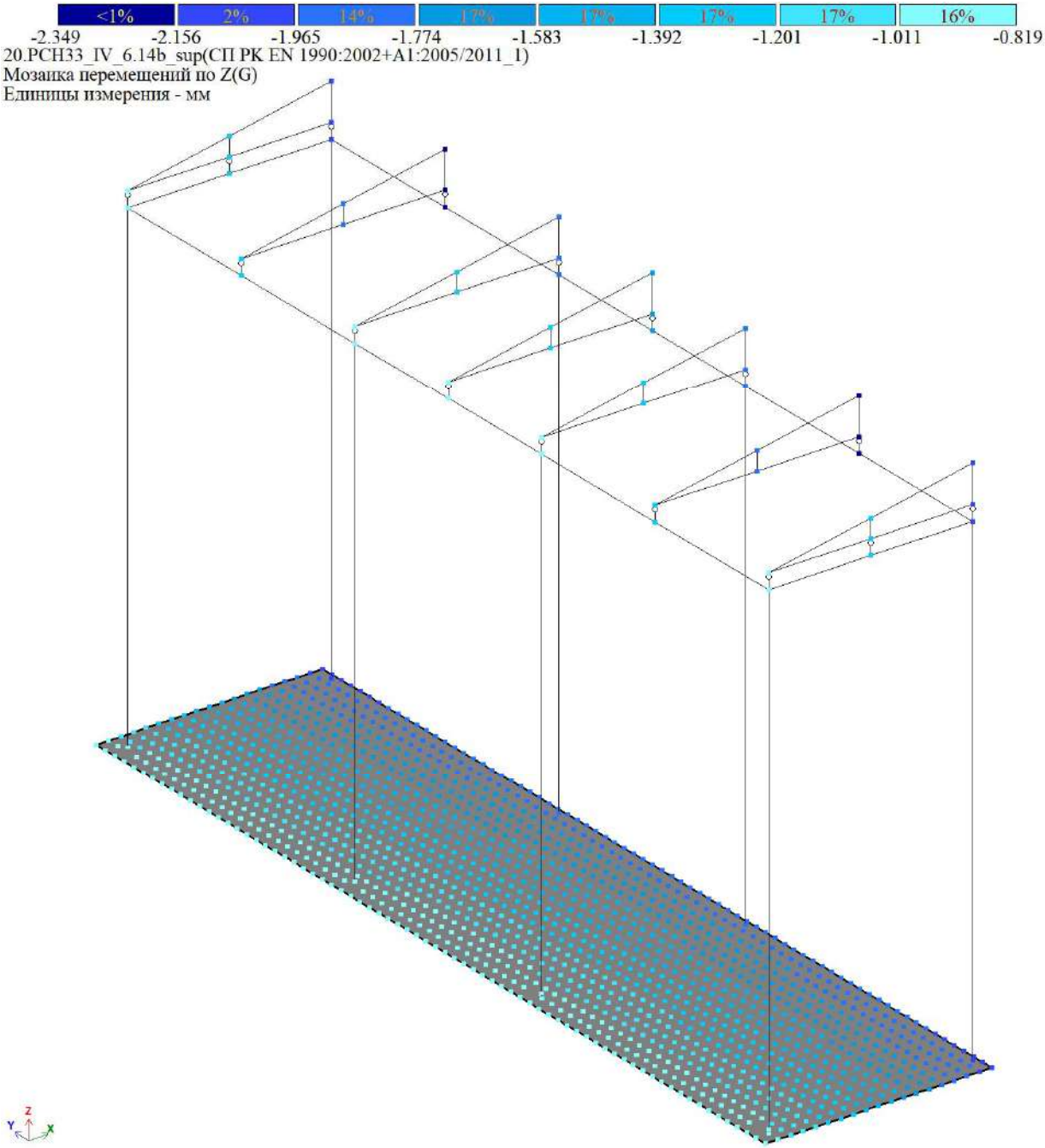


Рис. 7.1 Мозаика перемещений по Z(G)

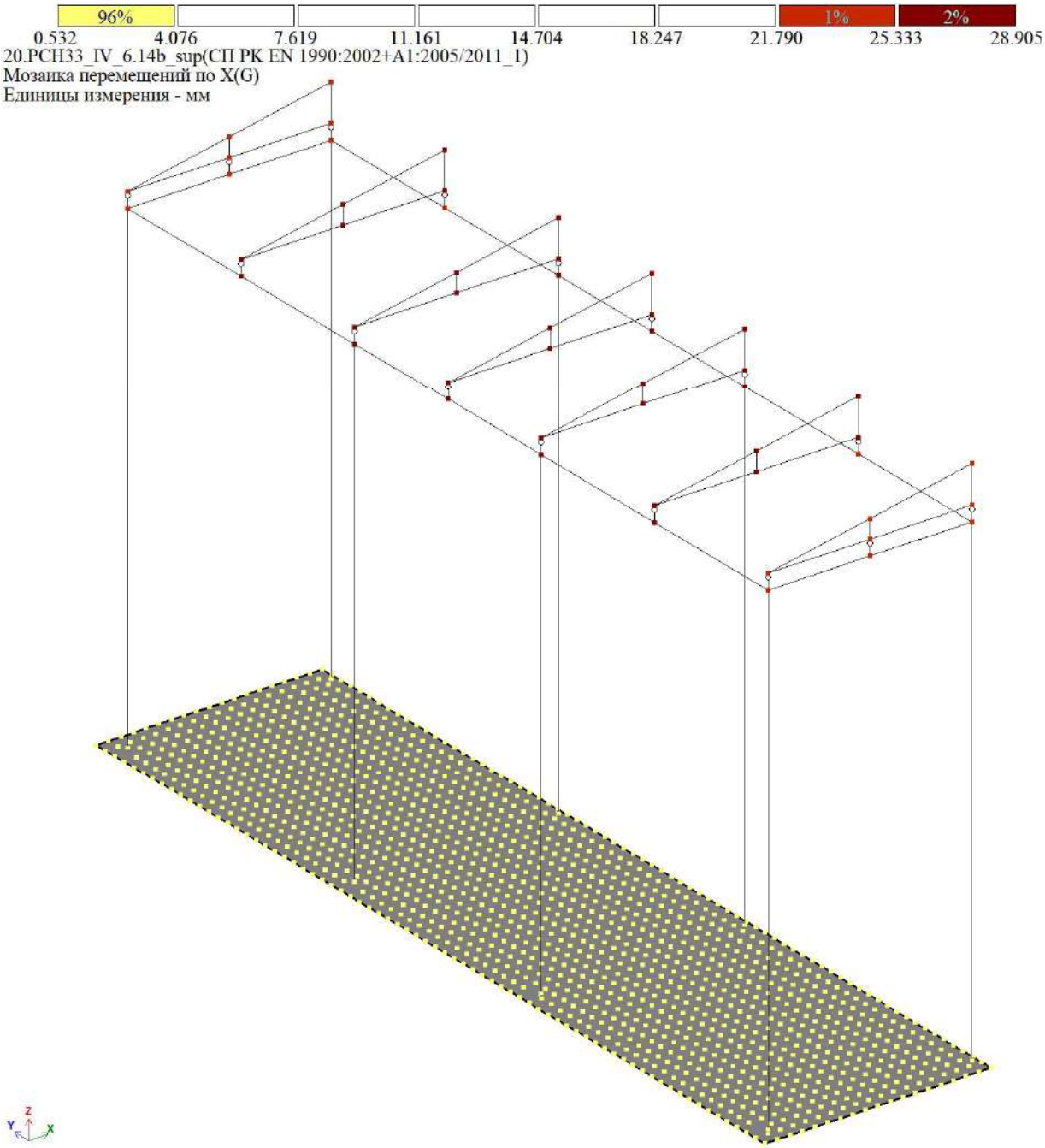


Рис. 7.2 Мозаика перемещений по X(G)

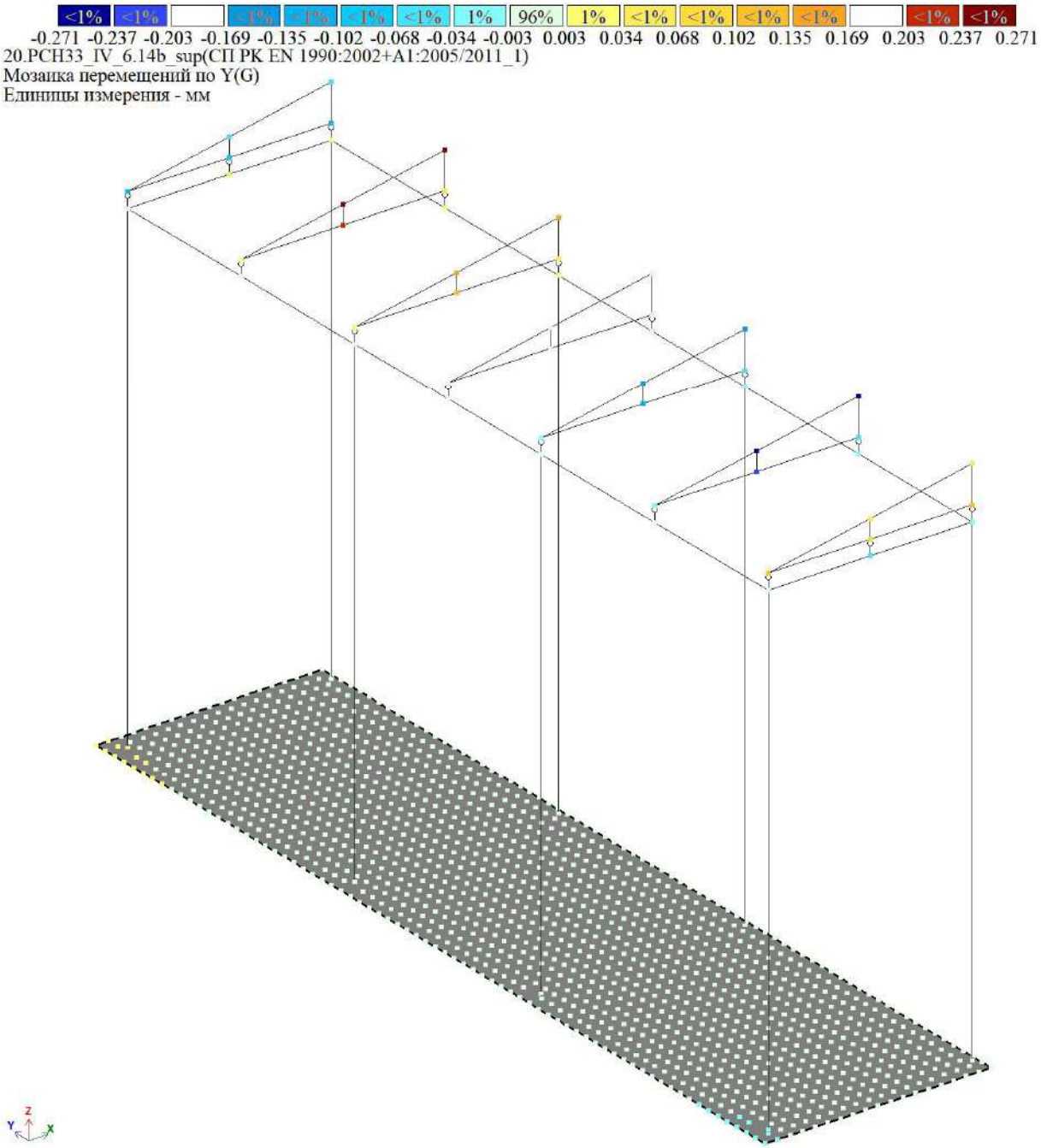


Рис. 7.3 Мозаика перемещений по Y(G)

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.

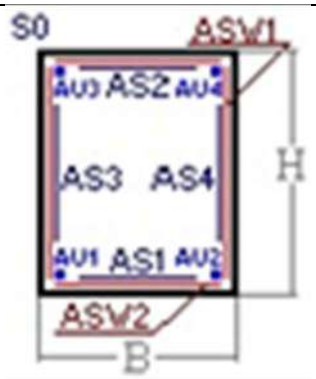
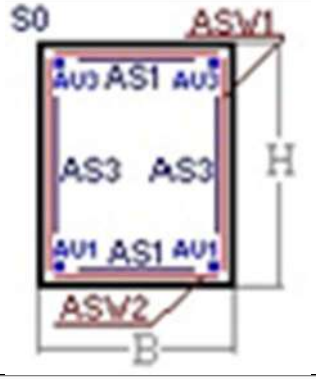
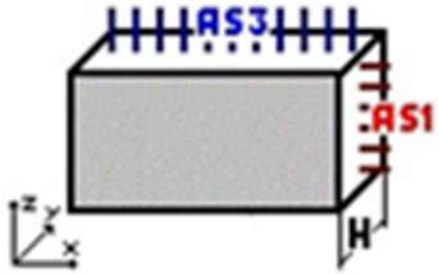
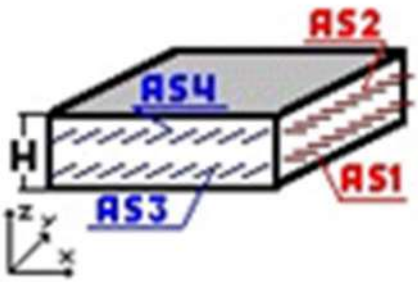
Модуль "ПЛИТА" предназначен для подбора арматуры плоских железобетонных элементов. Подбор продольной арматуры осуществлен исходя из условий прочности и трещиностойкости по направлениям X и Y на один погонный метр.

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

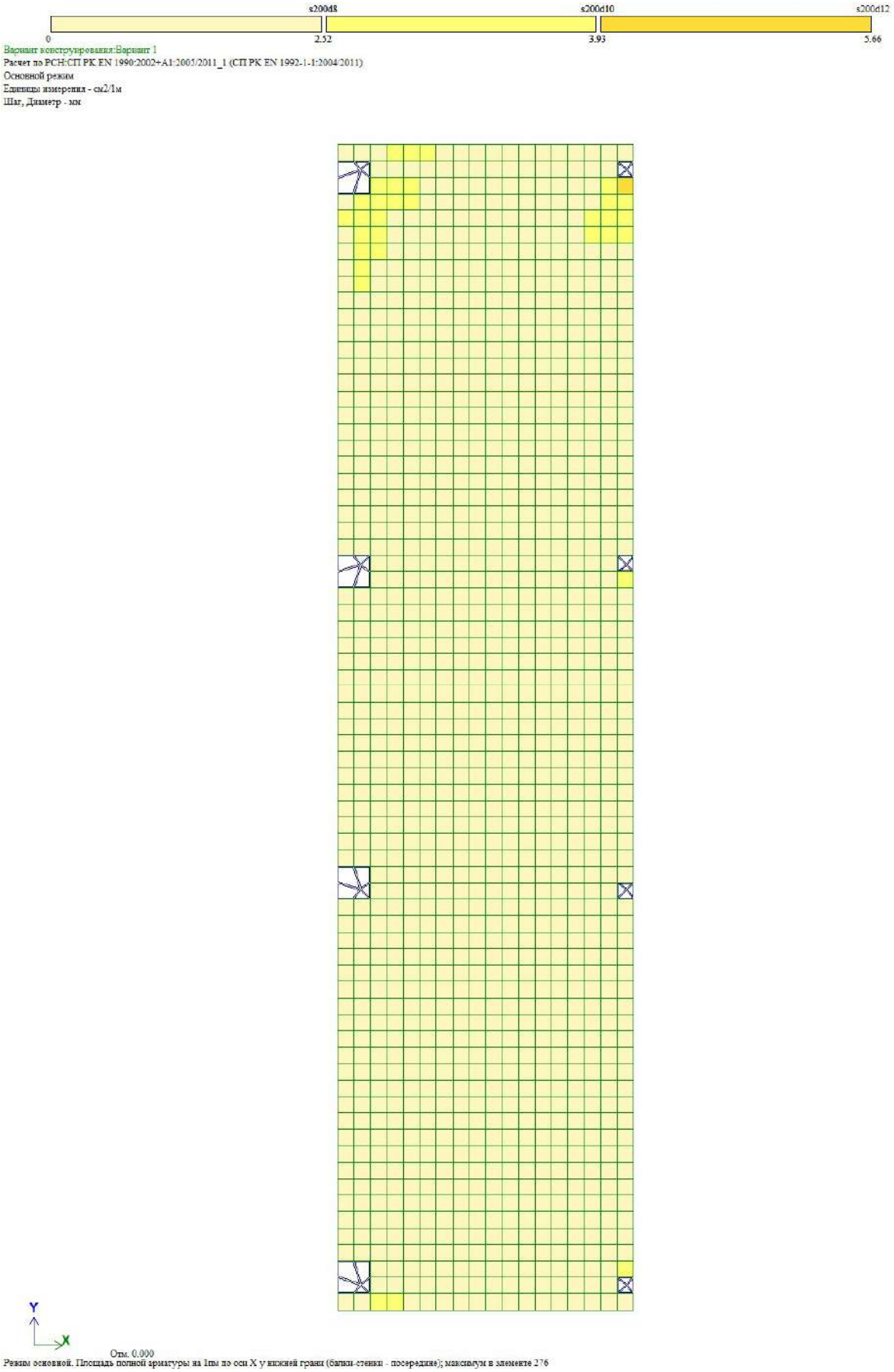


Рис. 7.4 Арматура вдоль оси X1 у нижней грани. Вариант 1

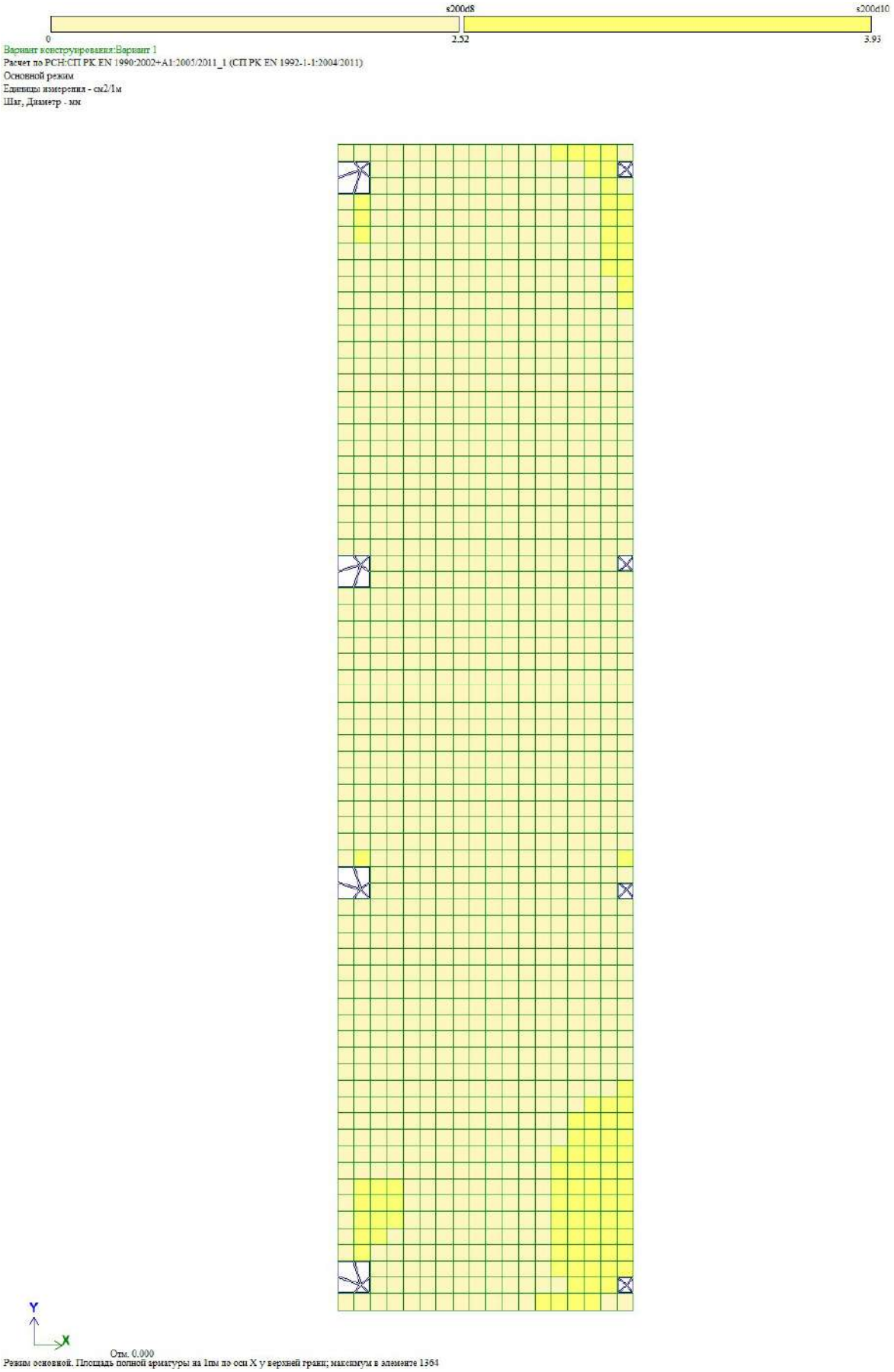


Рис. 7.5 Арматура вдоль оси X1 у верхней грани. Вариант 1

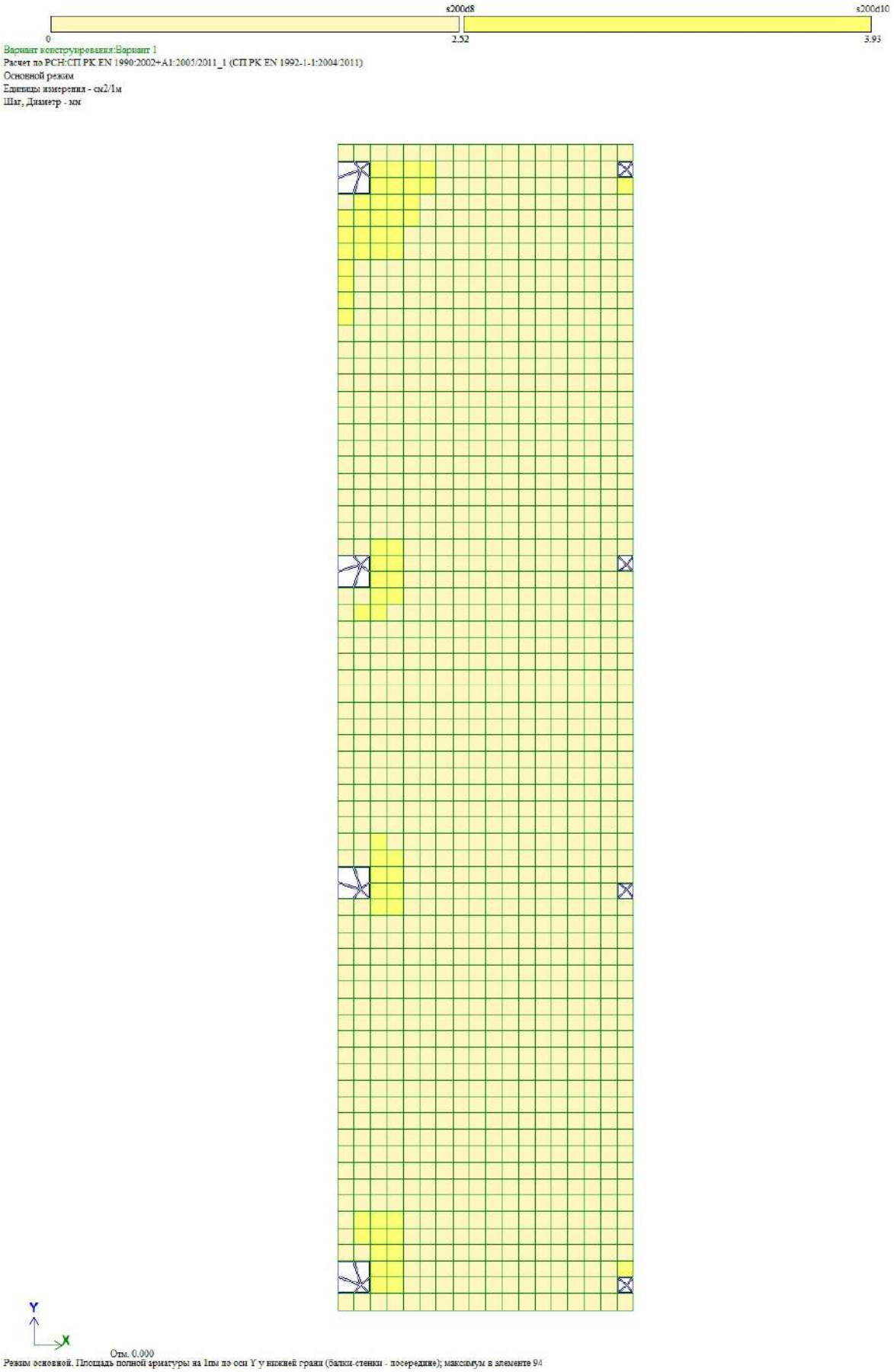


Рис. 7.6 Арматура вдоль оси Y1 у нижней грани. Вариант 1

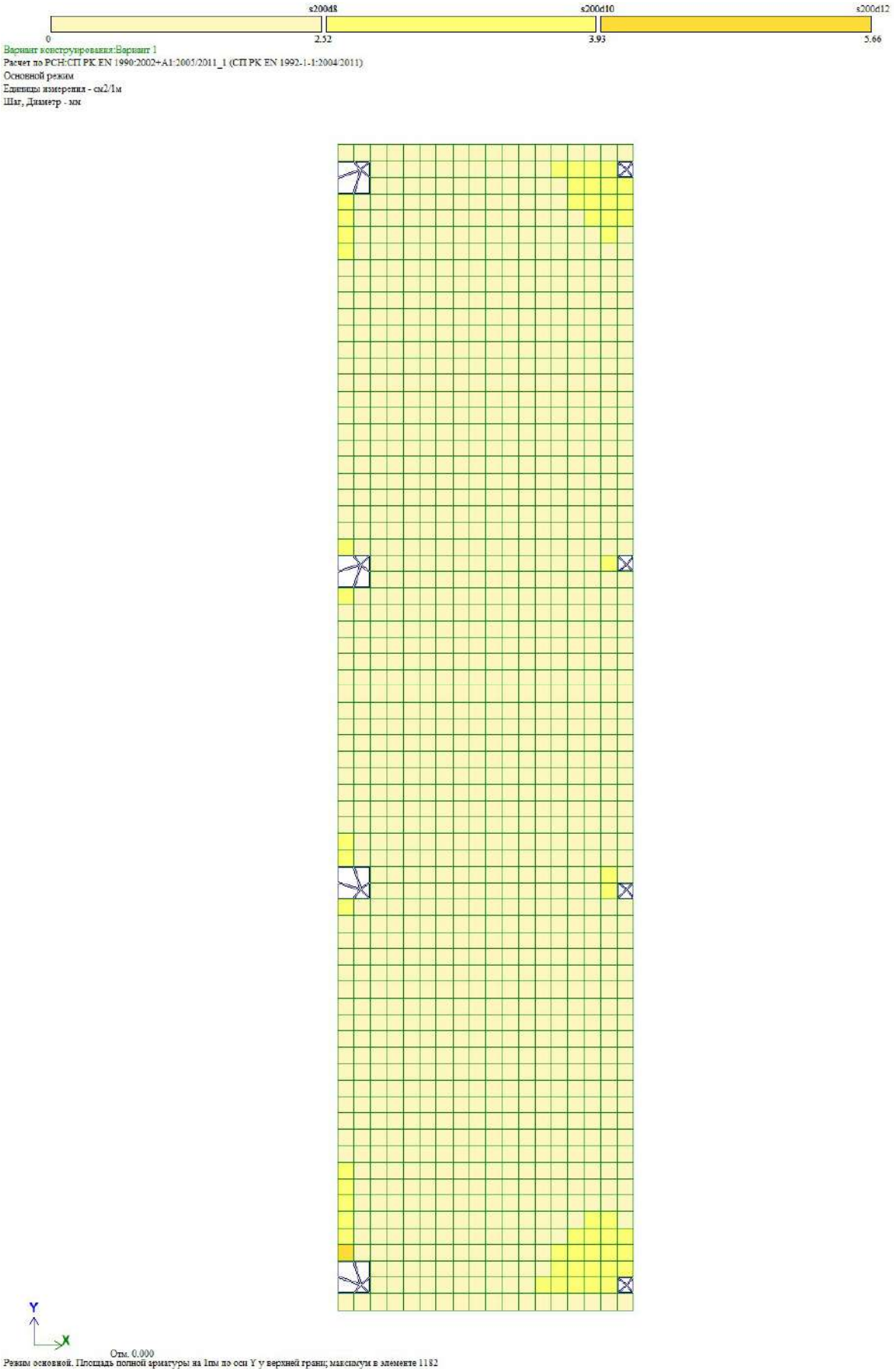


Рис. 7.7 Арматура вдоль оси Y1 у верхней грани. Вариант 1

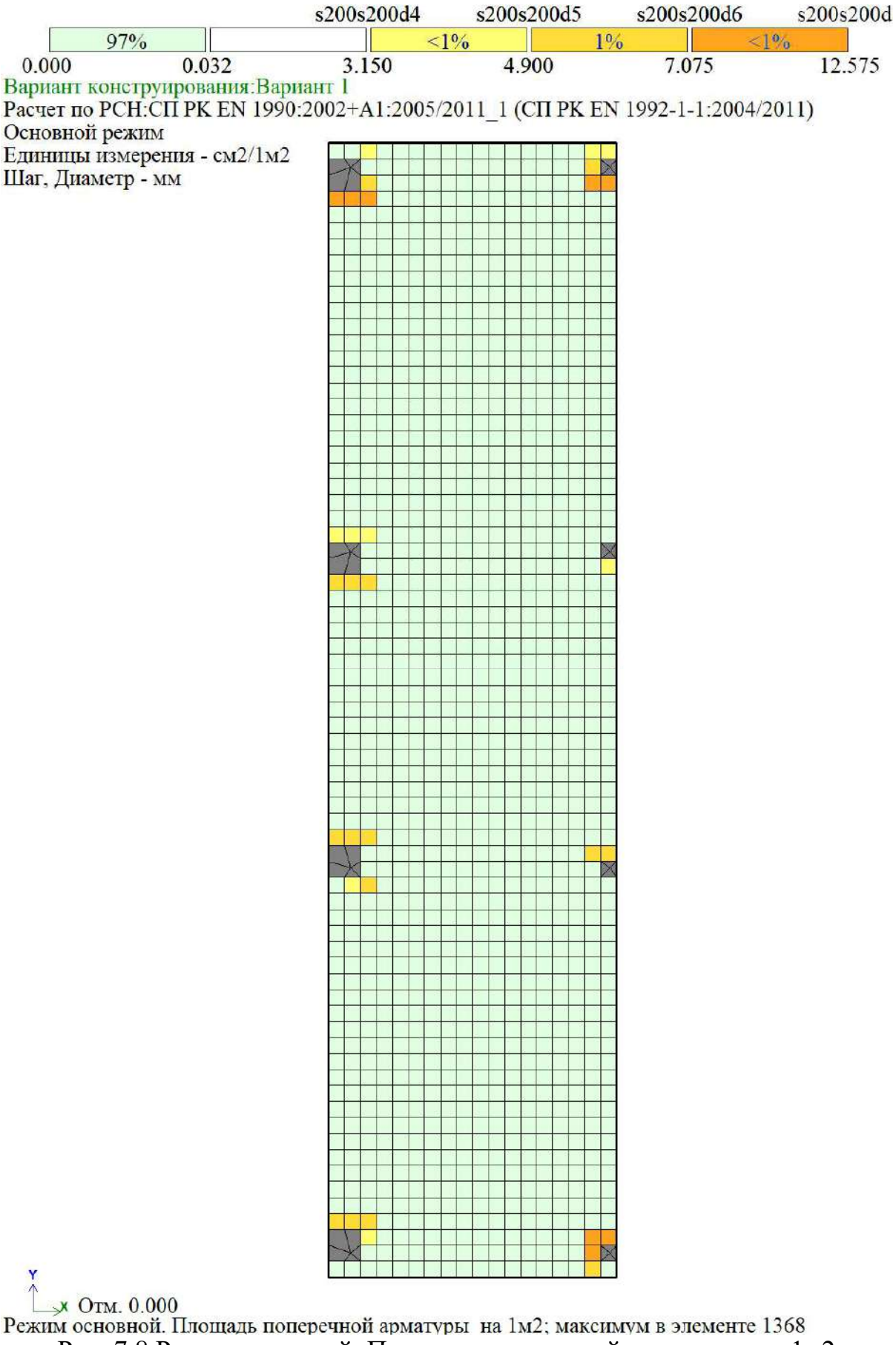


Рис. 7.8 Режим основной. Площадь поперечной арматуры на 1м2

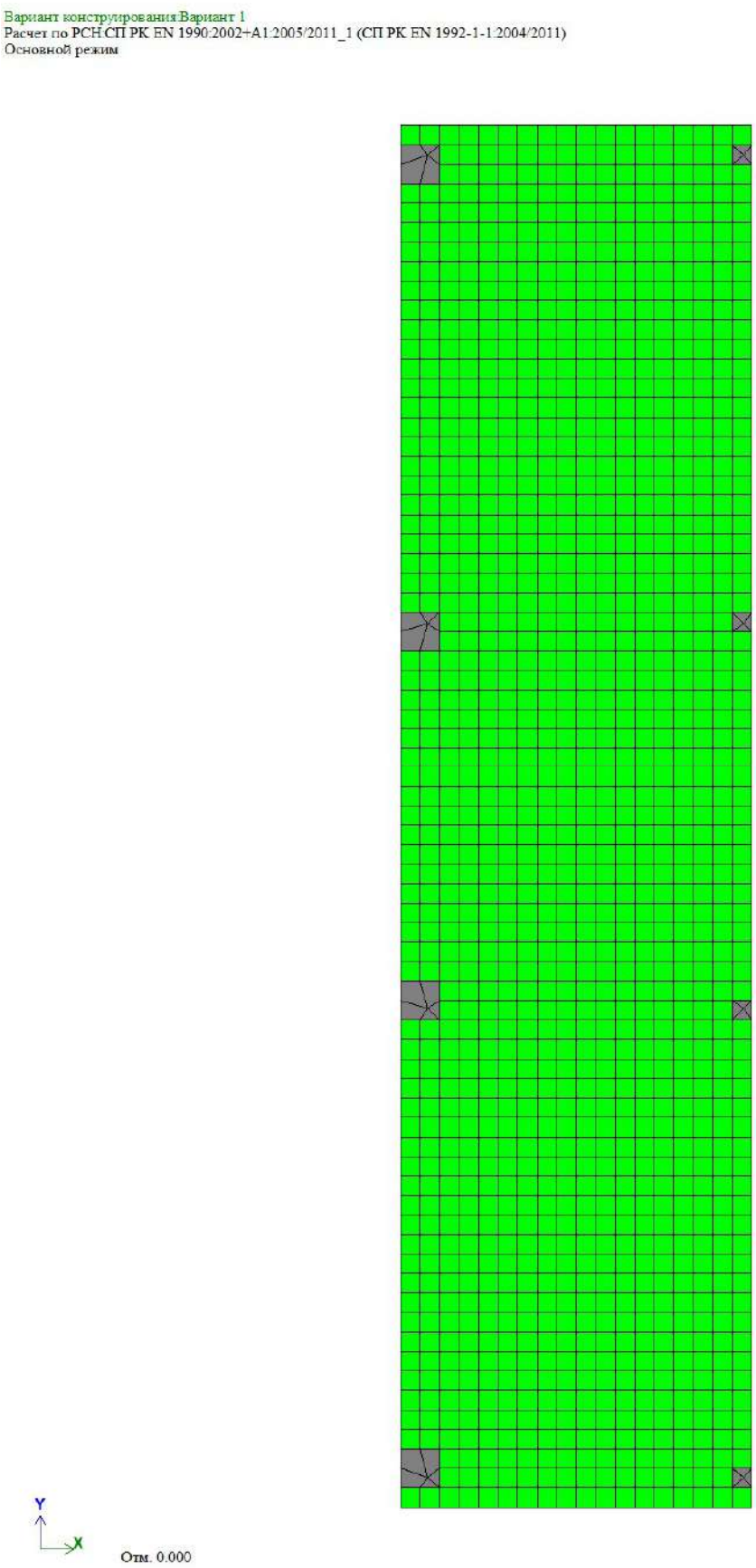


Рис. 7.9 Режим основной. Коэффициенты запаса армирования для пластин (полная проверка)

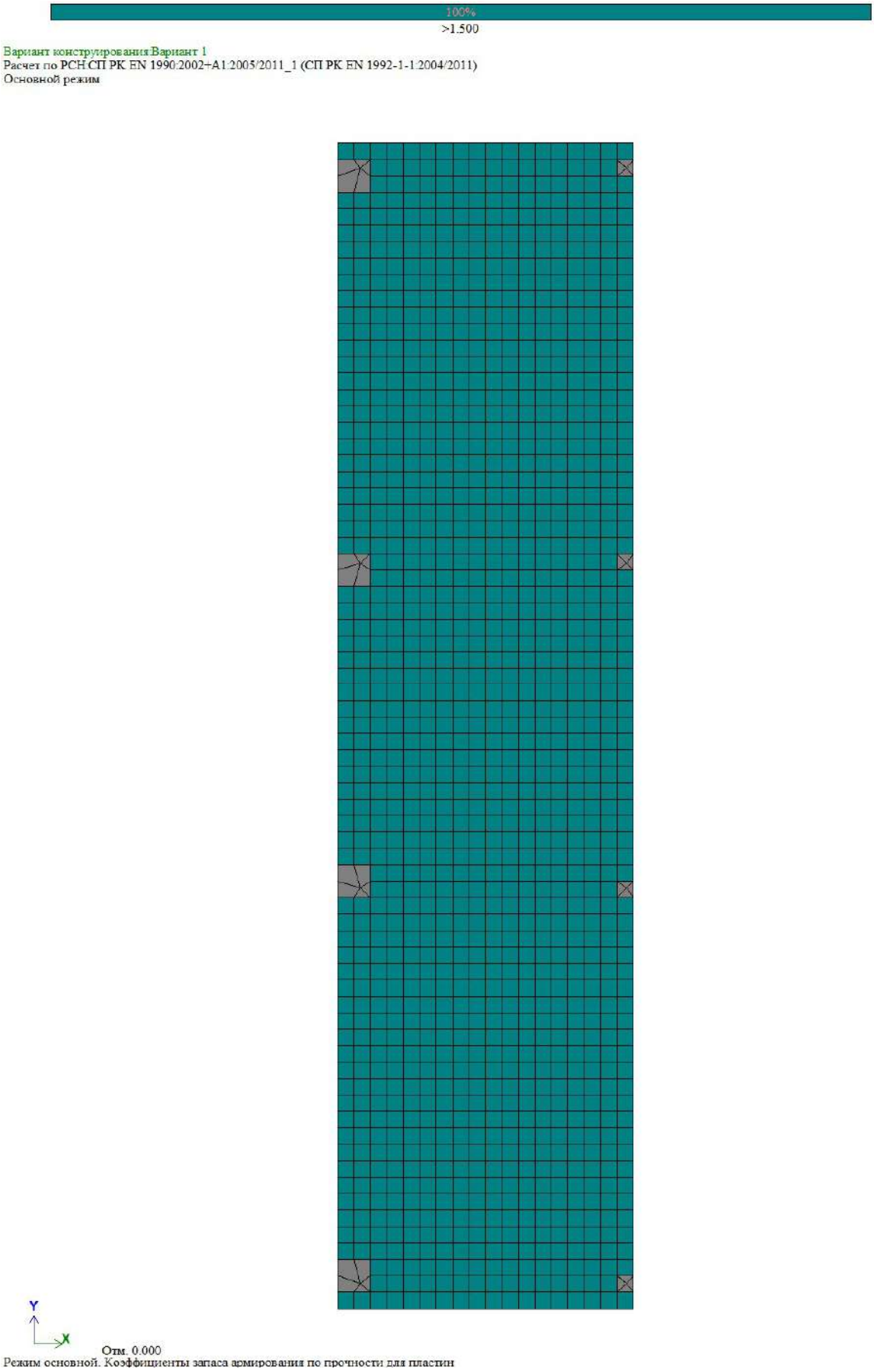


Рис. 7.10 Режим основной. Коэффициенты запаса армирования по прочности для пластин

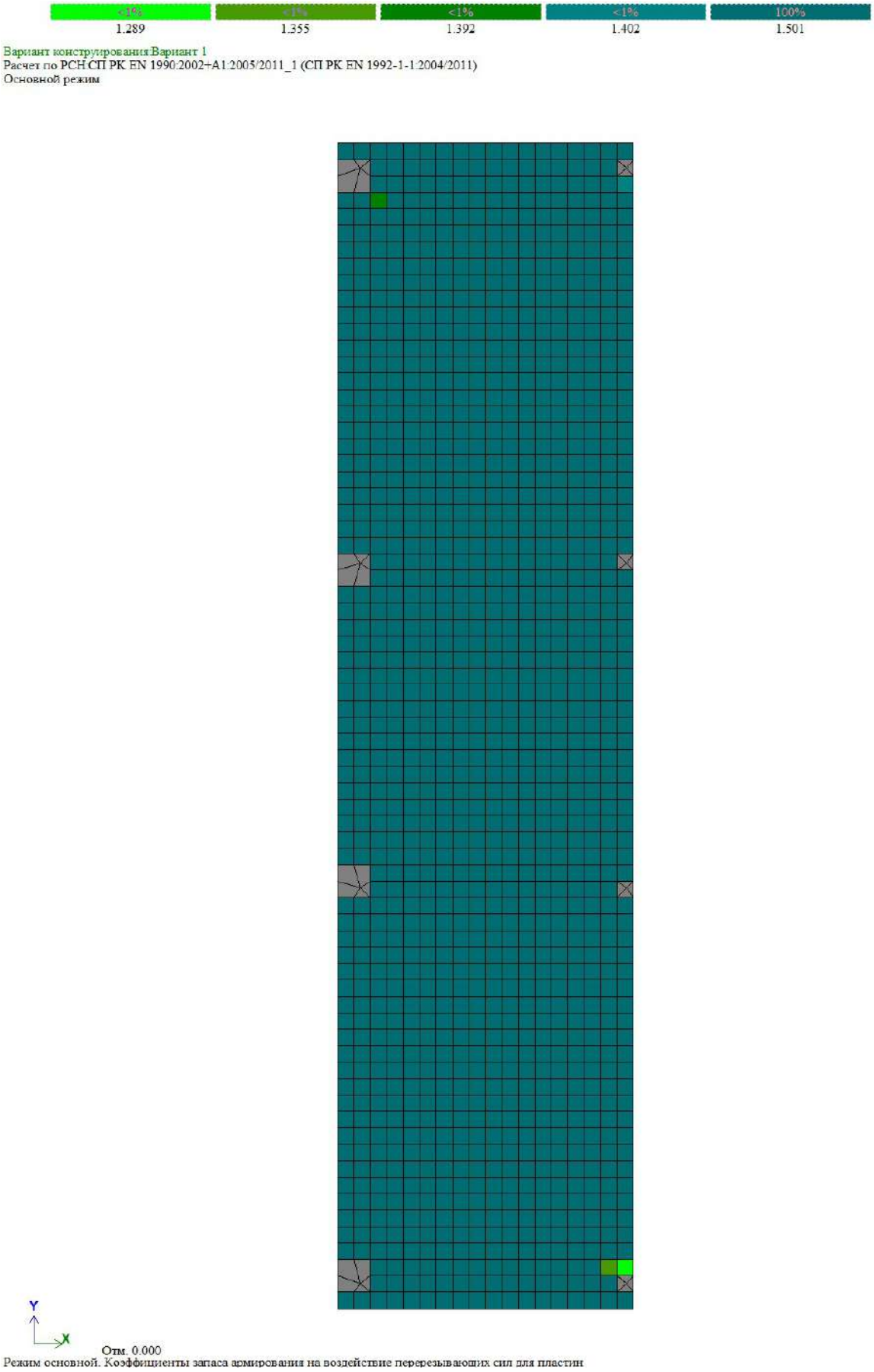


Рис. 7.11 Режим основной. Коэффициенты запаса армирования на воздействие перерезывающих сил для пластин

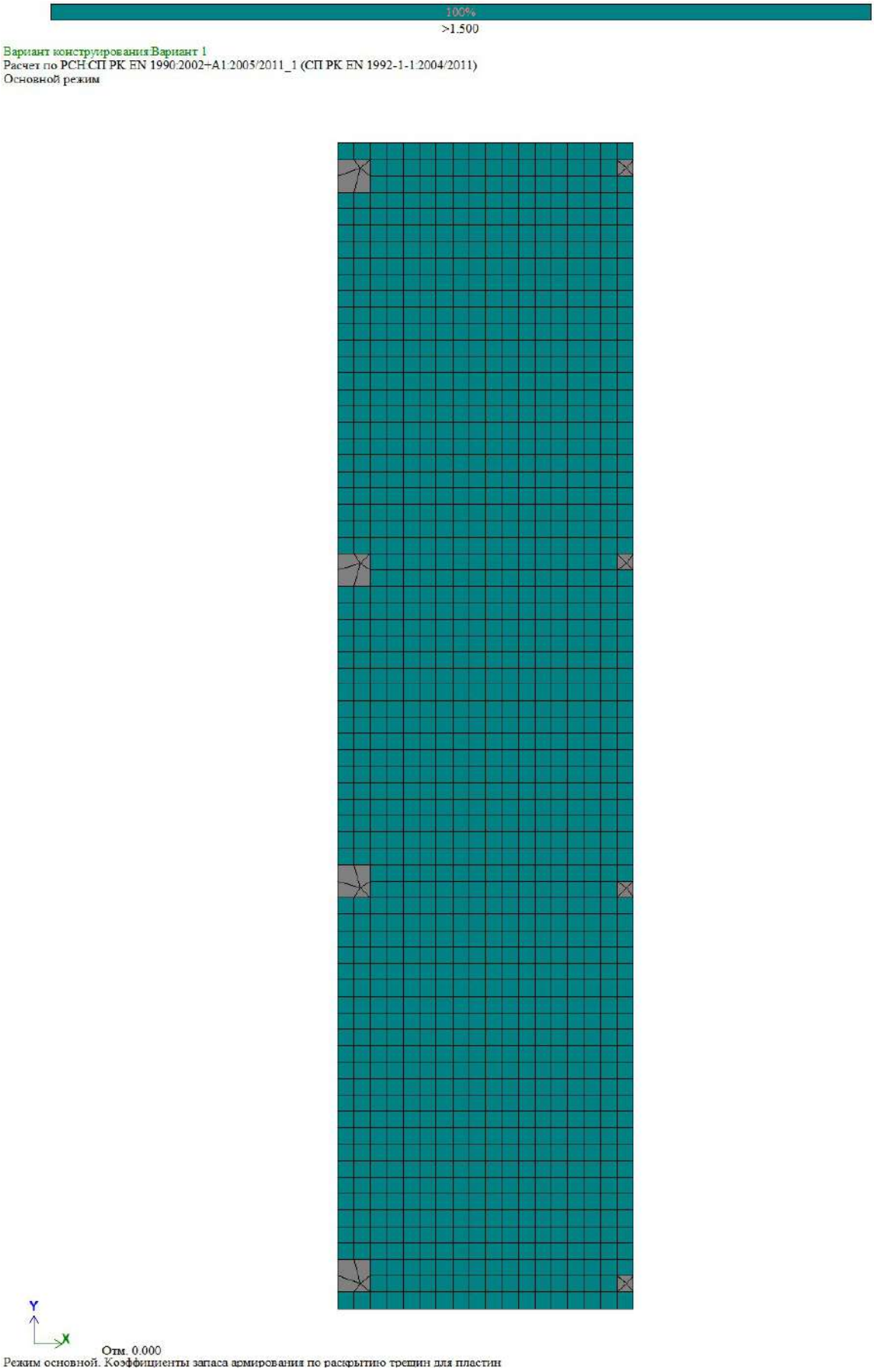


Рис. 7.12 Режим основной. Коэффициенты запаса армирования по раскрытию трещин для пластин

7.4 Расчёт стальных элементов здания

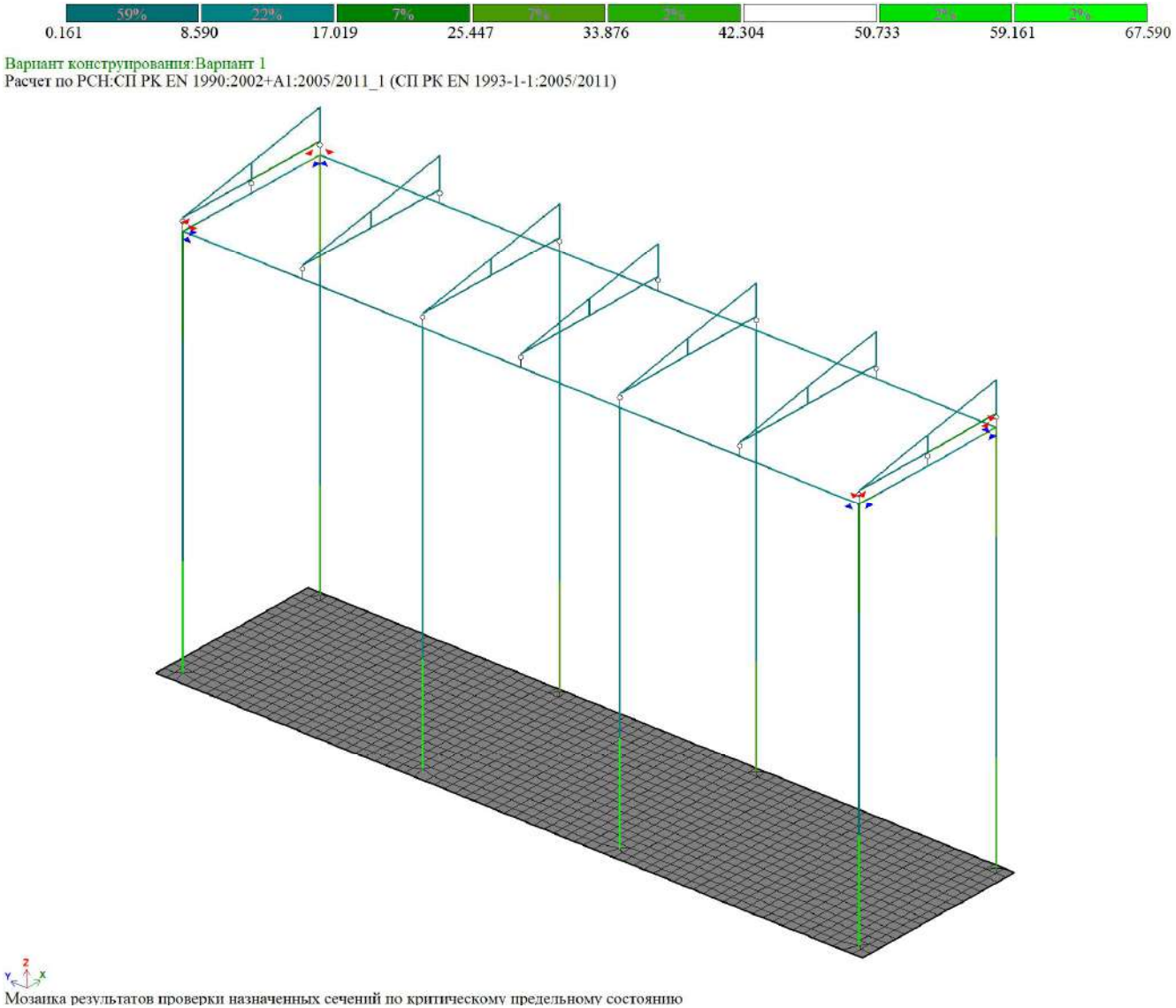


Рис. 7.13 Проверка назначенных сечений по 1 предельному состоянию. Вариант 1

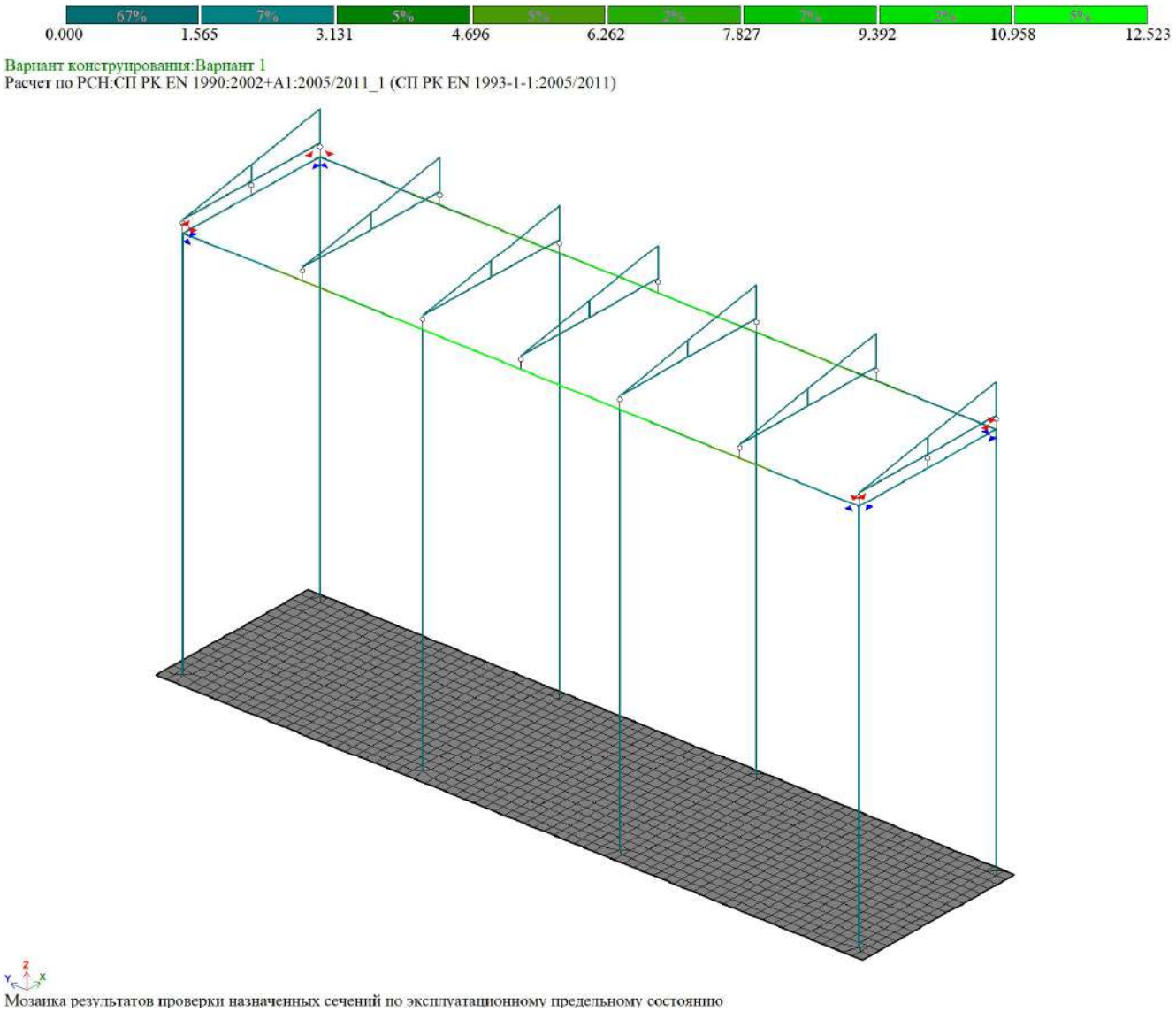


Рис. 7.14 Проверка назначенных сечений по 2 предельному состоянию. Вариант 1

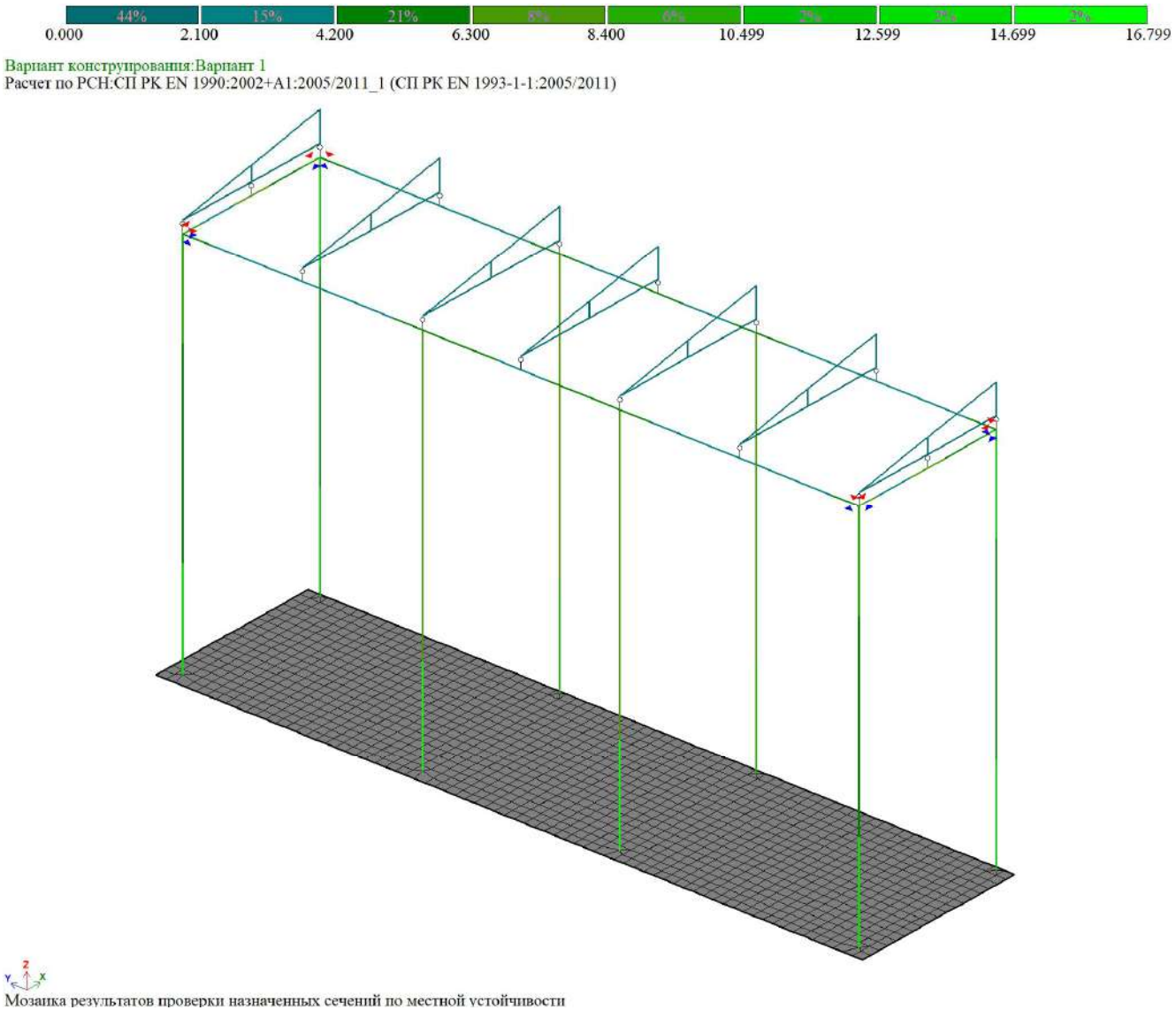


Рис. 7.15 Проверка назначенных сечений по местной устойчивости. Вариант 1

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.

Фундаментную плиту армировать сверху и снизу в продольном и поперечном направлении арматурными стержнями диаметром 12А400 с шагом 200 мм (фоновое армирование). В местах установки стоек пятно размером 0,7х0,7 м, цент которого находится в месте опирания стойки, в продольном и поперечном направлении арматурными стержнями диаметром 12А400 с шагом 200 мм. Для восприятия поперечной силы в этом же пятне установить вертикальные стержни 12А400 с шагом 200 мм в обоих направлениях. Минимальных коэффициент запаса при проверке заданного армирования – 1,289.

Максимальный коэффициент использования стальных элементов 68%.

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».