



С.В. Шоком

СПРАВОЧНИК КОНСТРУКТОРА

с примерами и разъяснениями

РАСЧЕТ И КОНСТРУИРОВАНИЕ МОНОЛИТНЫХ
ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ НЕСУЩИХ СИСТЕМ

ЖИЛЫЕ И АДМИНИСТРАТИВНЫЕ ЗДАНИЯ

в сейсмических районах

и районах без вечномерзлых грунтов

ЧАСТЬ 6

РАСЧЕТЫ И ПРОВЕРКИ КОНСТРУКЦИЙ НА НАЧАЛЬНОМ
ЭТАПЕ

ISBN 978-5-6054300-6-3

© С.В. Шоком, 2025

Москва

Издатель С.В. Шоком

2025

УДК 624.012

ББК 38.53

Ш 78

Шокот, Святослав Вячеславович.

Ш 78 Справочник конструктора с примерами и разъяснениями. Расчет и конструирование монолитных железобетонных несущих систем. Жилые и административные здания в сейсмических районах и районах без вечномёрзлых грунтов: [в 13 частях] : справочник / С.В. Шокот – Москва: Издатель С.В. Шокот, 2025. – URL: <https://дом-ждк.рф/Части-справочника/>. – Загл. с титул. экрана. – Текст : электронный.

ISBN 978-5-6054300-0-1

Ч.6.: Расчеты и проверки конструкций на начальном этапе. –2025 – Текст : электронный. (4,94 Мб).

ISBN 978-5-6054300-6-3 (ч.6)

Справочник содержит материалы для проектирования железобетонных монолитных зданий. Справочник систематизирует опыт конструирования и расчетов. Систематизация произведена путем сведения в справочные таблицы и пошаговые инструкции. Справочник написан при использовании нормативных документов России.

Минимальные системные требования для воспроизведения электронного издания:
Процессор с тактовой частотой 1.5ГГц и выше, Windows XP/Vista/7/8/8.1/10/11, 1 ГБ ОЗУ, 500Мб свободного пространства на жестком диске; программа для чтения файлов формата PDF.

Справочное электронное издание

© С.В. Шокот, 2025

Издание публикуется в авторской редакции
Техническая обработка и подготовка материалов С.В. Шокома

Для создания электронного издания использовано:
Microsoft Word 2010, ПО Adobe Acrobat

Дата размещения на сайте: 18.05.2025.

Объем данных: 4,94 Мб.

Издатель С.В. Шоком.

E-mail: 12345slava54321@mail.ru; <https://дом-ждк.рф/>.

Справочник конструктора с примерами и разъяснениями. Расчет и конструирование монолитных железобетонных несущих систем. Жилые и административные здания в сейсмических районах и районах без вечномёрзлых грунтов: [в 13 частях] : справочник / С.В. Шокот – Москва: Издатель С.В. Шокот, 2025. – URL: <https://дом-жбк.рф/Части-справочника/>. – Загл. с титул. экрана. – Текст : электронный.

ISBN 978-5-6054300-0-1

Дата выпуска 1 части: 18.05.2025

Ч.1.: Компоновка конструктивной системы справочник. –2025 – Текст : электронный. (8,44 Мб).

ISBN 978-5-6054300-1-8 (ч.1)

Ч.2.: Построение геометрии расчетной модели и назначение жесткостей элементов. –2025 – Текст : электронный. (18,5 Мб).

ISBN 978-5-6054300-2-5 (ч.2)

Ч.3.: Сбор и приложение нагрузок. R_{cu} и $R_{сн}$. учет этапности возведения. –2025 – Текст : электронный. (31,4 Мб).

ISBN 978-5-6054300-3-2 (ч.3)

Ч.4.: Назначение параметров для подбора сечений. –2025 – Текст : электронный. (1,3 Мб).

ISBN 978-5-6054300-4-9 (ч.4)

Ч.5.: Основание здания. Плитный фундамент. Свайный фундамент. –2025 – Текст : электронный. (15,1 Мб).

ISBN 978-5-6054300-5-6 (ч.5)

Ч.6.: Расчеты и проверки конструкций на начальном этапе. –2025 – Текст : электронный. (4,94 Мб).

ISBN 978-5-6054300-6-3 (ч.6)

Ч.7.: Детальный расчет и конструирование плит. –2025 – Текст : электронный. (8,73 Мб).

ISBN 978-5-6054300-7-0 (ч.7)

Ч.8.: Детальный расчет и конструирование колонн. –2025 – Текст : электронный. (7,77 Мб).

ISBN 978-5-6054300-8-7 (ч.8)

Ч.9.: Детальный расчет и конструирование стен. –2025 – Текст : электронный. (7,77 Мб).

ISBN 978-5-6054300-9-4 (ч.9)

Ч.10.: Детальный расчет и конструирование фундаментных плит и ростверков. –2025 – Текст : электронный. (7,77 Мб).

ISBN 978-5-6054301-0-0 (ч.10)

Ч.11.: Детальный расчет и конструирование свай. –2025 – Текст : электронный. (7,77 Мб).

ISBN 978-5-6054301-1-7 (ч.11)

Ч.12.: Детальный расчет и конструирование лестницы и лестничные площадки. –2025 – Текст : электронный. (7,77 Мб).

ISBN 978-5-6054301-2-4 (ч.12)

Ч.13.: Расчет конструкций с учетом нелинейности. –2025 – Текст : электронный. (7,77 Мб).

ISBN 978-5-6054301-3-1 (ч.13)

Содержание

	Стр.
Термины и определения	6
1 Проверка возможности армирования конструкций и корректировка сечений	7
2 Проверка устойчивости	53
2.1 Проверка устойчивости формы	53
2.2 Проверка устойчивости на опрокидывание	58
2.3 Проверка устойчивости на сдвиг	61
3 Проверка прогибов плит перекрытий	64
4 Проверка горизонтальных перемещений верха здания	70
5 Проверка ускорений колебаний перекрытий верхних этажей (динамическая комфортность)	73
6 Проверка осадки и относительной разности осадки	78
7 Расчет эквивалентной статической нагрузки от пульсации для дальнейшего конструирования	82
8 Проверка форм колебаний здания	84
Библиография	89

Термины и определения:

Рекомендуемое значение автором (р.з.А.) – не обязательное к выполнению значение. Данное значение получено исходя из массового проектирования аналогичных объектов и обобщения многочисленных требований норм в запас надежности.

Рекомендуемое значение нормами (р.з.Н.) – не обязательное к выполнению значение по нормам.

Минимальное/максимальное значение (формулировки не менее/не более) – обязательное к выполнению значение.

Проверка «вручную» – термин, означающий, что необходимо взять усилия из программного комплекса и проверить сечение сателлитом.

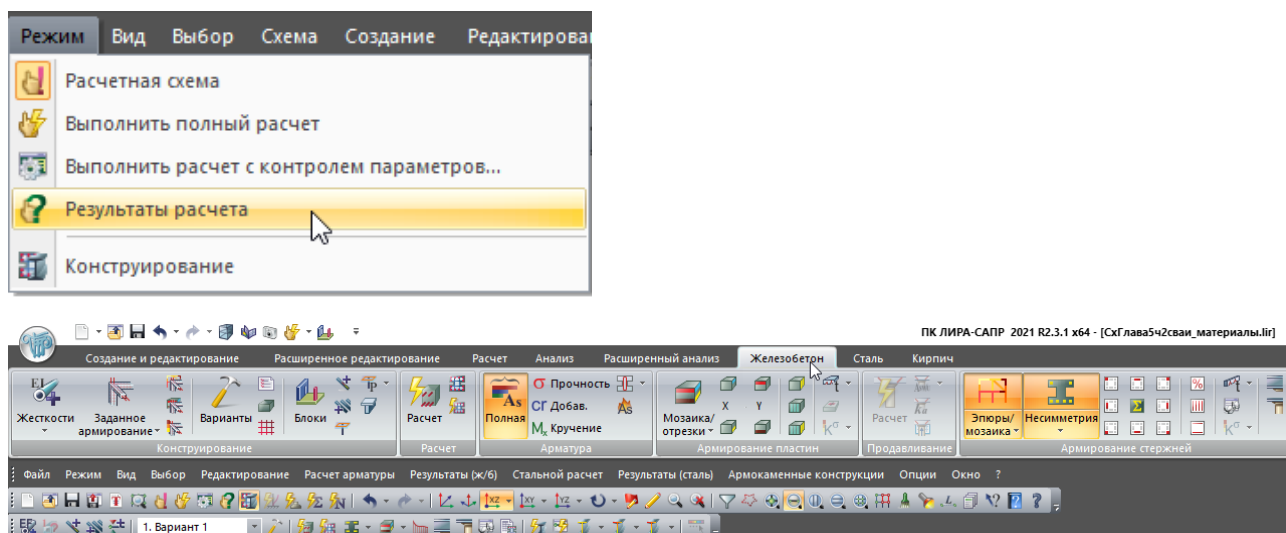
Сателлит – это подпрограмма, которая автоматически проверяет сечение по усилиям, взятым из программы.

1. Проверка возможности армирования конструкций и корректировка сечений

В предыдущих частях Справочника были установлены габариты сечений без проведения расчетов. Сейчас, после появления нагрузок, параметров расчета сечений и жесткости основания необходимо уточнить габариты сечений. В целом уточнение сечений (в основном это относится к вертикальным конструкциям) дает прибавку в массе около 5% и некоторое перераспределение жесткости.

Шаг. 1. Подбор армирования на 1 итерации по начальным сечениям

Переходим в результаты расчета и во вкладку «Железобетон».

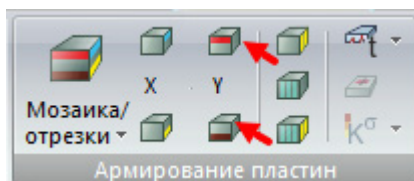


Для удобства выбора элементов удобно использовать фильтр

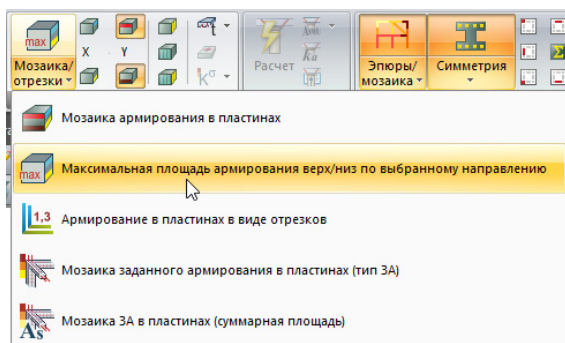


Стены

Наиболее показательная арматура в стенах это вертикальная (арматура по Y). Именно с нее начинается просмотр и корректировка сечения.



Можно также смотреть сразу две стороны (будут отображаться максимальное значение).



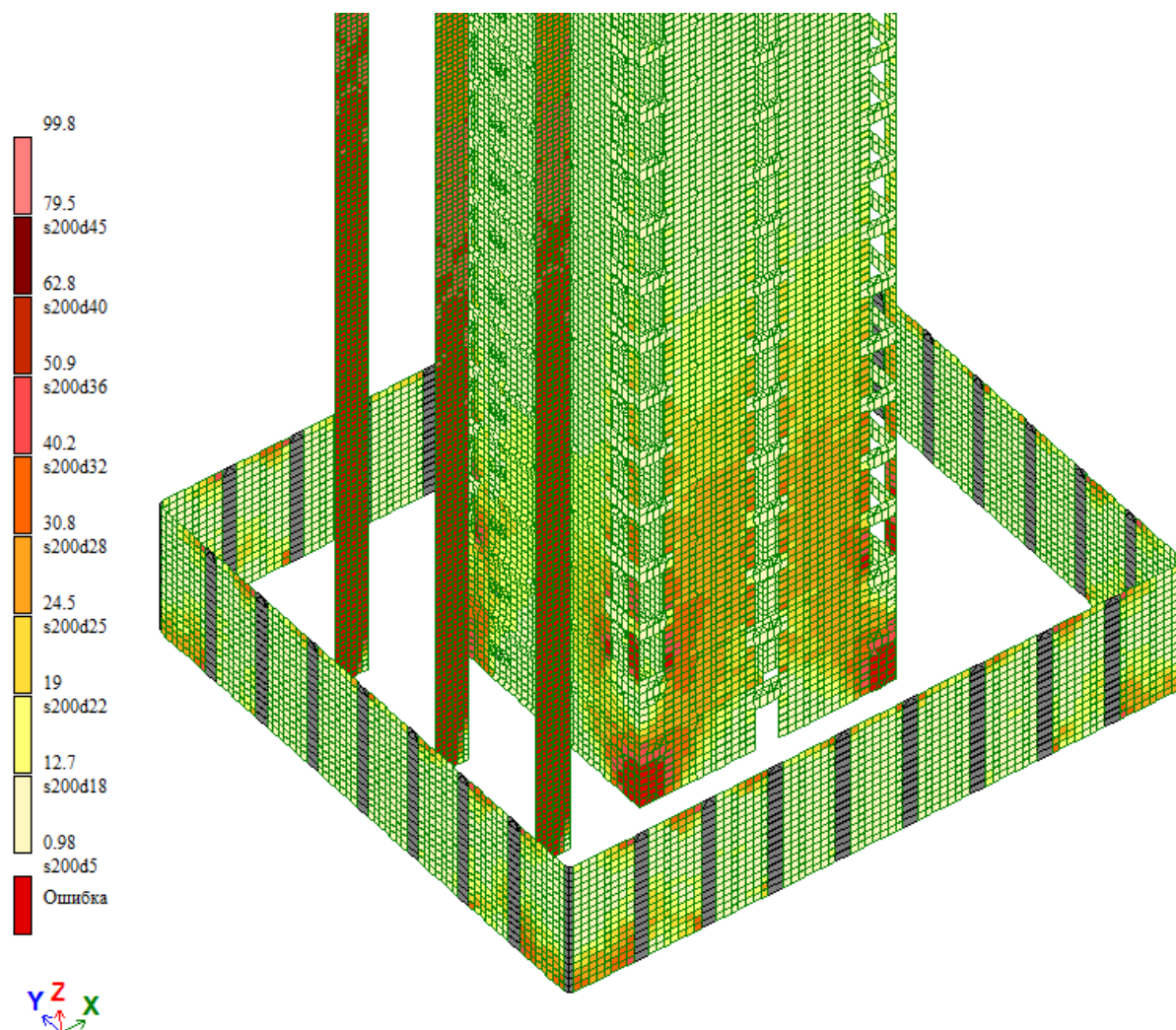
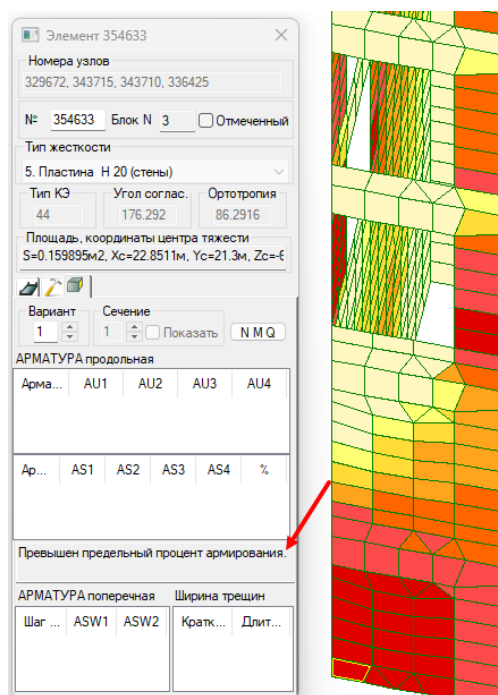


Рисунок. Требуемое вертикальное армирование (по Y)

В целом после расчета наблюдается такая картина:

1.  Ошибка. Это означает что программа не смогла подобрать армирование. В основном это связано с превышением максимального процента армирования. Причину можно посмотреть через «фонарик» .



2. Зоны максимального армирования. Здесь важно понимать сколько арматуры реально можно поставить в стену с соблюдением всех минимально допустимых расстояний. Это возможно сделать только сделав чертеж. На первом этапе нужно стремиться максимально убрать армирование и перевести его в бетон. Желательным (но не обязательным) является максимальный показатель до $50 \text{ см}^2/\text{пог.м}$ для вертикальной арматуры и $30 \text{ см}^2/\text{пог.м}$ для горизонтальной арматуры, если армирование осуществляется в 1 ряд. Для стен, сопрягающихся с фундаментной плитой возможен вариант с многорядным армированием, где армирование нужно будет оценивать по проценту армирования – желательно не более 2%.

Увеличение сечений в первом приближении происходит по принципу: снизить напряжение N_y до расчетного сопротивления бетона R_b и ниже. В идеальном варианте должно быть $0,4 \dots 0,8 R_b$.

На 2024 год сложилась ситуация, что бетон выше классом, чем В40–В50 использовать во многих случаях экономически не выгодно и технологически затруднительно, применяют классическое решение – увеличить сечения элементов.

Фрагмент таблицы 6.8.

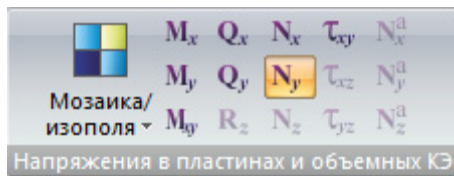
Бетон	Расчетные сопротивления бетона R_b , МПа, для предельных состояний первой группы при классе бетона по прочности на сжатие													
	B15	B20	B25	B30	B35	B40	B45	B50	B55	B60	B70	B80	B90	B100
Тяжелый, мелкозернистый и напрягающий	8,5	11,5	14,5	17,0	19,5	22,0	25,0	27,5	30,0	33,0	37,0	41,0	44,0	47,5

Переходим в результаты по РСЧ



Выбираем РСЧ расчетные MIN

PCY расч.MIN



Как видно из картины N_y много значений находятся выше 22Мпа. Эти зоны перегружены и в них требуется большое количество армирования.

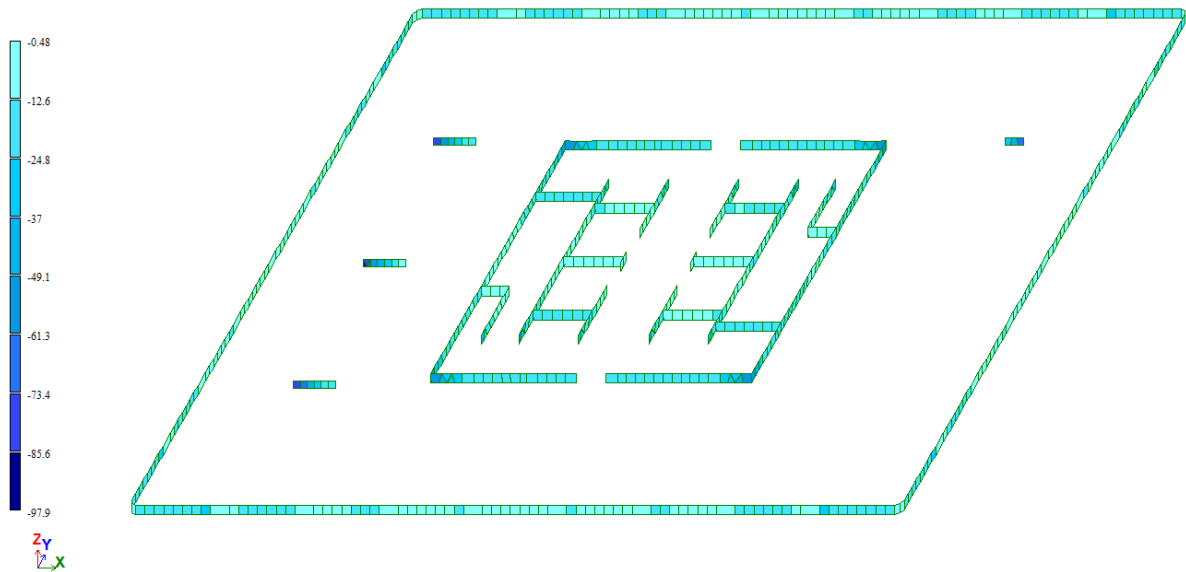


Рисунок. Напряжения N_y в нижнем сечении стен.

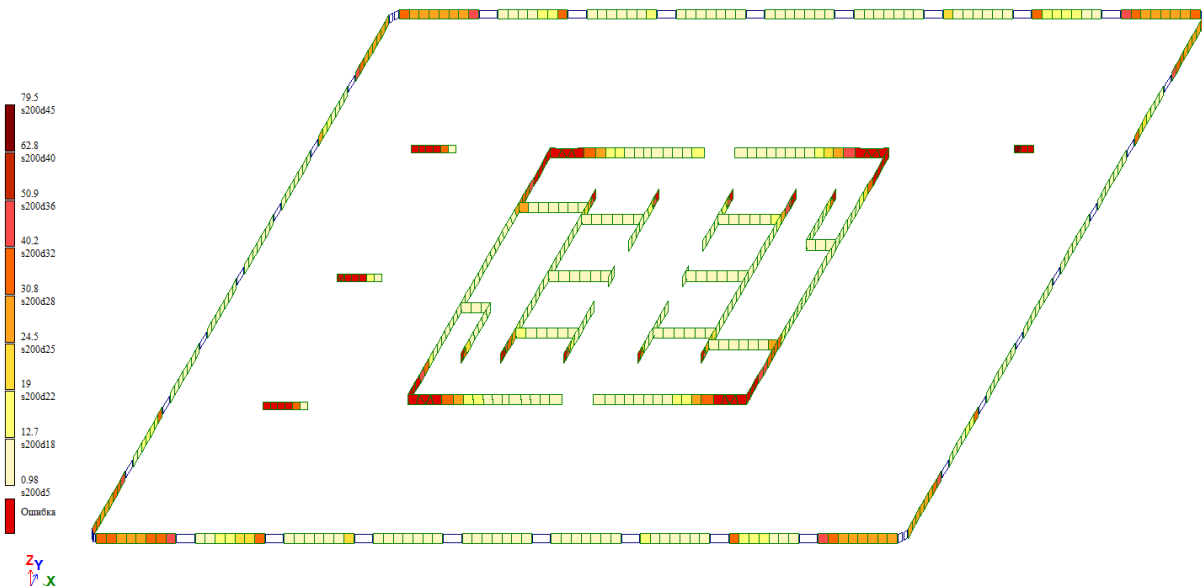


Рисунок. Требуемое армирование в нижнем сечении стен. Итерация №1.

Колонны

Колонны проверяют обычно на первой итерации по проценту армирования. Колонны с процентом армирования более 5% подлежат перепроектированию. В идеальном варианте процент армирования должен быть 1–3%.

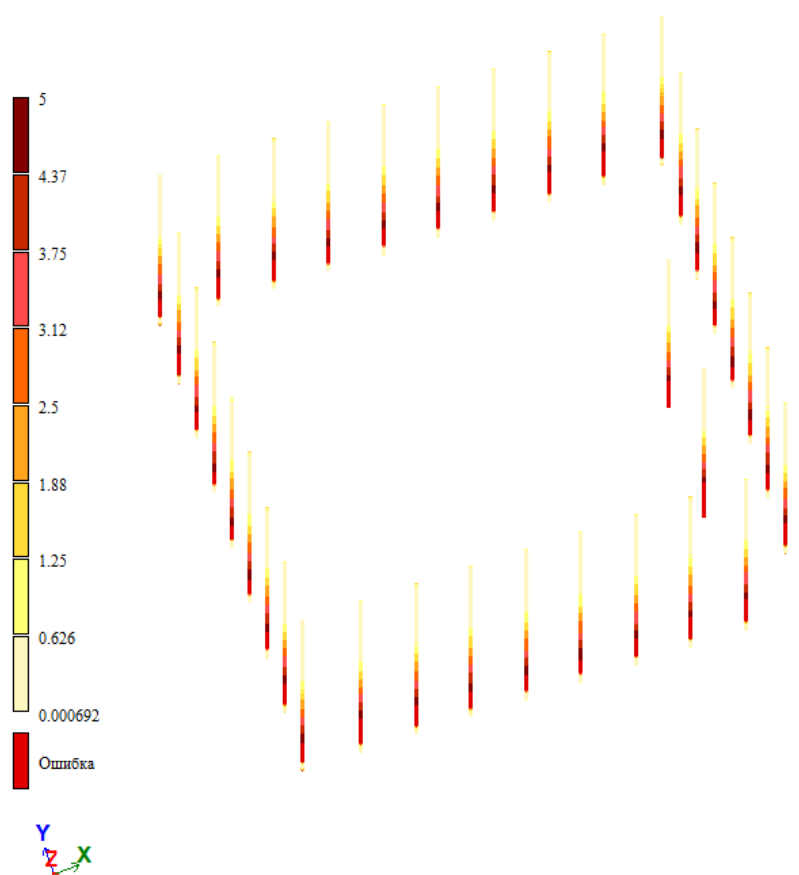
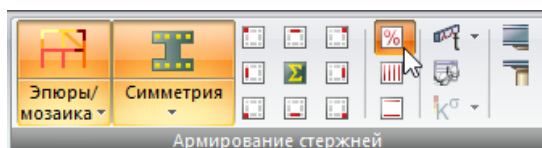
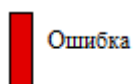


Рисунок. Требуемый по расчету процент армирования. Итерация №1.

В целом после расчета наблюдается такая же картина как у стен. Необходимо увеличивать сечения/менять класс бетона на более высокий.



Это означает что программа не смогла подобрать армирование. В основном это связано с превышением максимального процента армирования. Причину можно посмотреть через «фонарик»

Элемент 5535

Номера узлов
344727, 5620

№: 5535 Блок N 4 ☐ Отмеченный

Тип жесткости
2. Брус 40 X 40 (колонны)

Тип КЗ К-во сечений A: ID
10 3

Длина, координаты центра тяжести
L=3.3м, Xc=0.2м, Yc=0.2м, Zc=1.65м

Вариант Сечение
1 1 ☐ Показать N M Q

АРМАТУРА продольная

Арм...	AU1	AU2	AU3	AU4
Ар...	AS1	AS2	AS3	AS4
				%

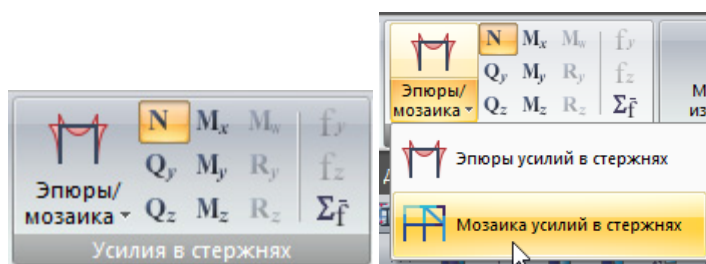
Превышен процент армирования. По изгибу (п. 8.1.4)

АРМАТУРА поперечная Ширина трещин

Шаг ...	ASW1	ASW2	Кратк...	Длит...
---------	------	------	----------	---------

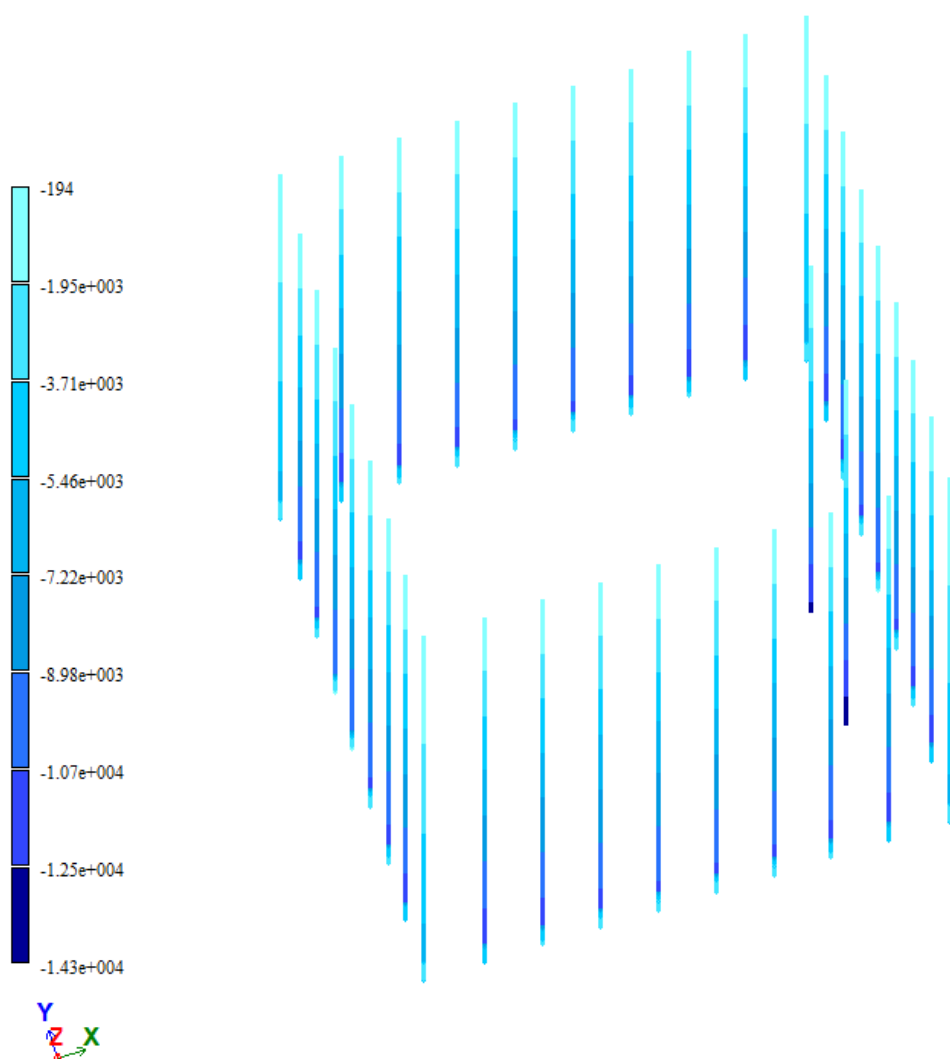
Для определения усилий переходим в результаты по РСЧ . Выбираем РСЧ расчетные MIN

PCY расч.MIN



Чтобы включить просмотр цифр необходимо во «Флагах рисования»  включить





Нормальное напряжение в стержневом элементе(колонне) можно найти по формуле: $N_y = N/(B \times H)$

N – нормальное усилие в колонне

B, H – габариты колонны

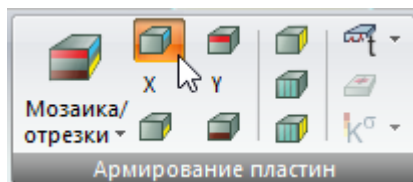
Увеличение сечений в первом приближении происходит по принципу: снизить напряжение N_y до расчетного сопротивления бетона R_b и ниже. В идеальном варианте должно быть $0,4 \dots 0,8 R_b$.

Плиты перекрытия

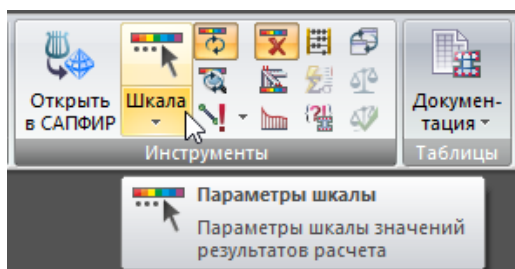
Плиты перекрытия проверяют на возможность армирования

- 1) исходя из возможности анкеровки и заглубов арматуры.
- 2) расчета на продавливание. При этом расчет на продавливание следует производить через несколько итераций, после определения габаритов стен и колонн.

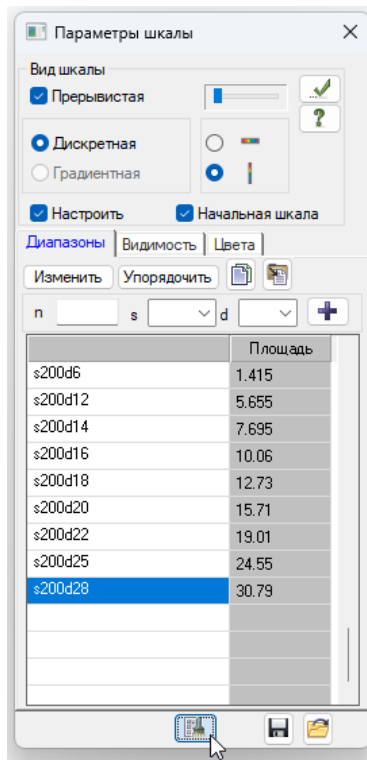
- 1) Переходим в армирование плит



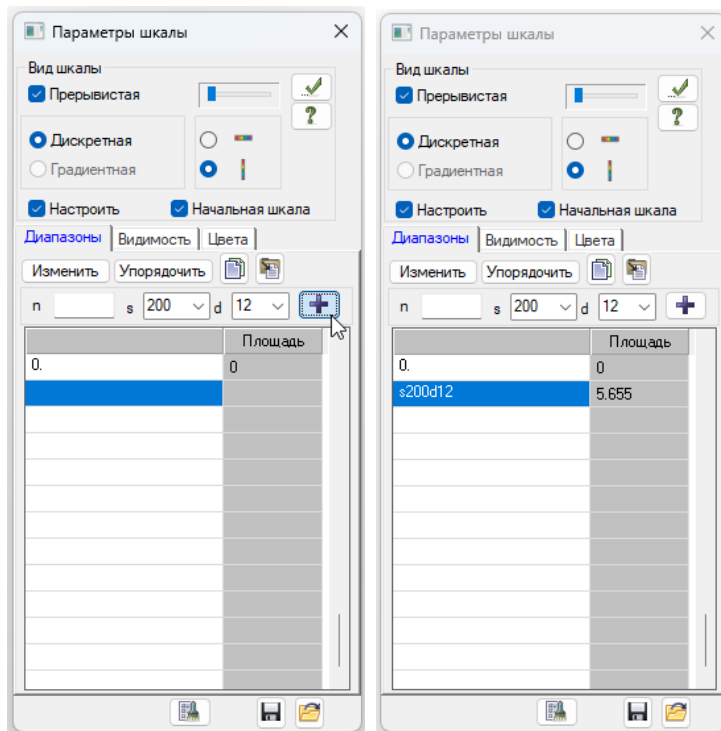
- 2) Выбираем настройку шкалы.



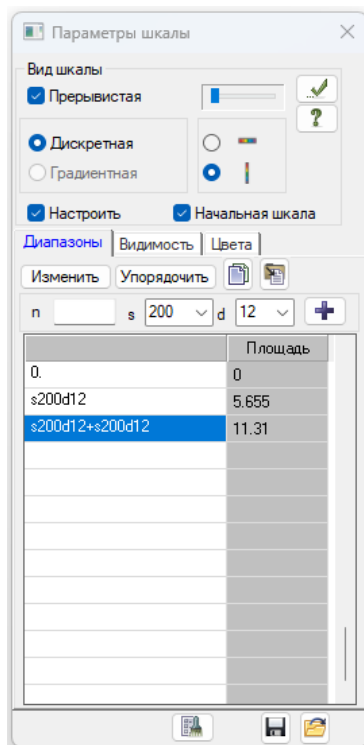
- 3) Во всплывшем окне очищаем поля



- 4) Выбираем шаг s , диаметр d и нажимаем . Появится s200d12.



5) переходим в следующую строчку и нажимаем  два раза. Появится s200d12 + s200d12



6) в следующей строчке добавляем s200d12 + s200d16

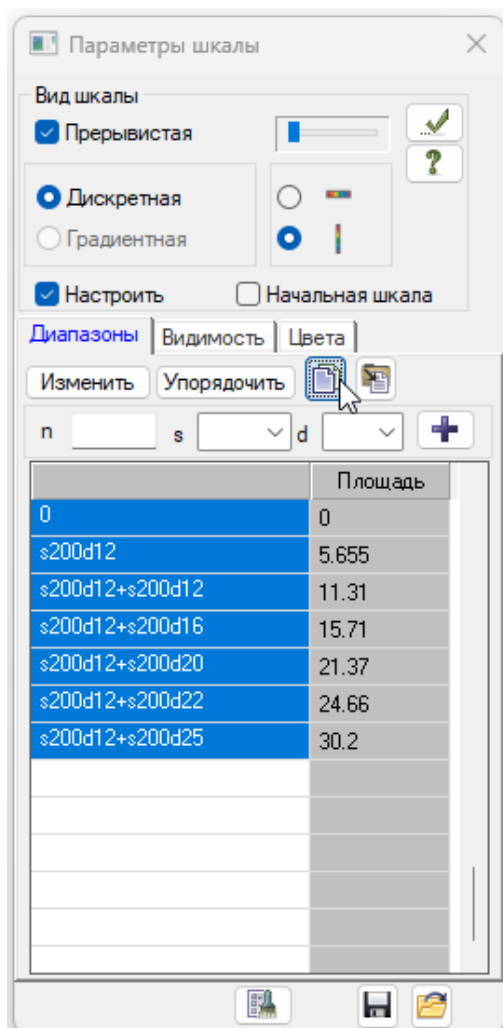
7) в следующей строчке добавляем s200d12 + s200d20

8) в следующей строчке добавляем s200d12 + s200d22

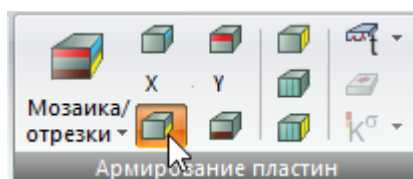
9) в следующей строчке добавляем s200d12 + s200d25

10) Нажимаем галочку «Применить» . Шкала применится.

11) Выделяем все диапазоны (должны подсветиться синим) и нажимаем «Копировать в буфер» . Все значения шкалы скопируются.



12) Переходим в другое направление армирования



13) Очищаем шкалу  и вставляем из буфера обмена скопированную ранее шкалу . Нажимаем галочку «Применить» . Должна скопироваться ранее созданная шкала.

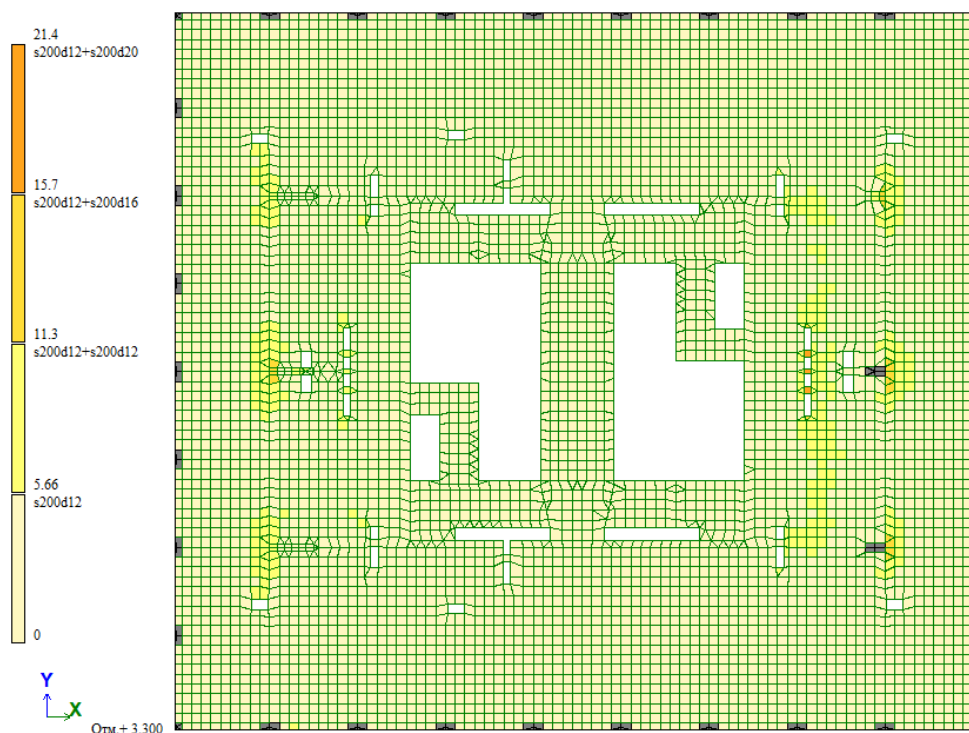


Рисунок. Требуемое нижнее армирование по X. Первая итерация. Первая корректировка шкалы.

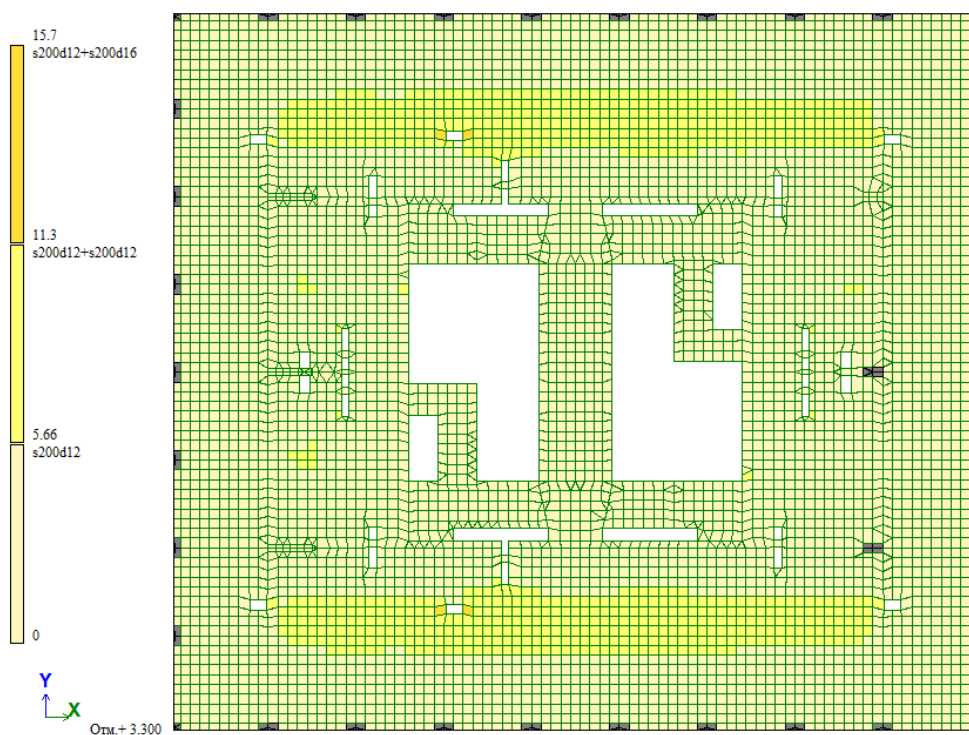


Рисунок. Требуемое нижнее армирование по Y. Первая итерация. Первая корректировка шкалы.

В случае нижнего армирования корректировка шкал не требуется. Все анкеровки выполнить возможно.

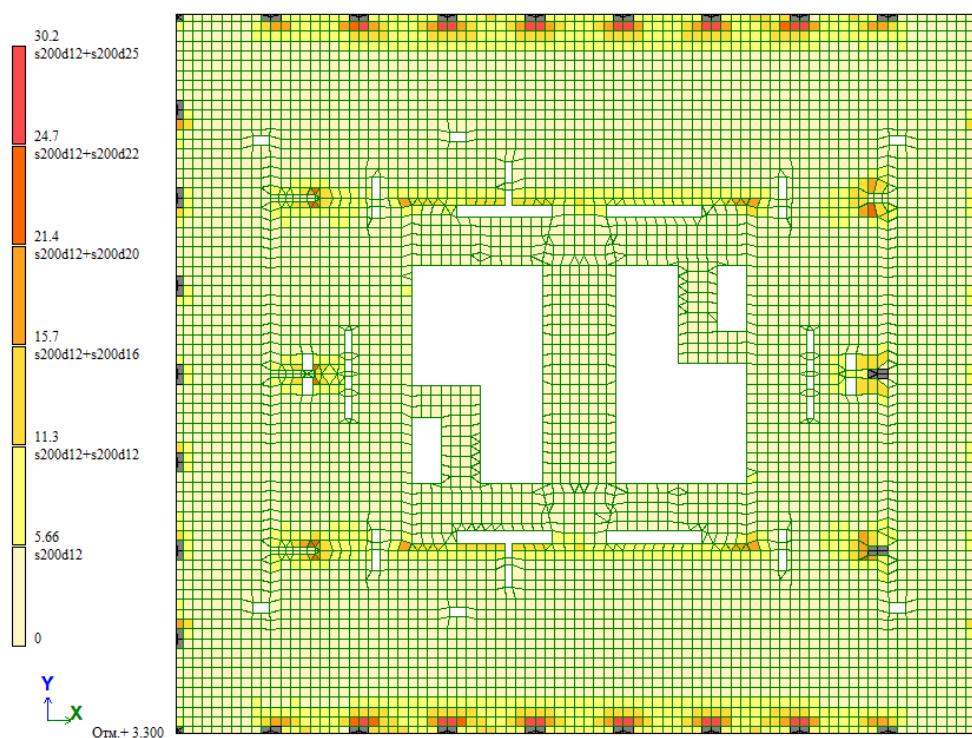


Рисунок. Требуемое верхнее армирование по Y. Первая итерация. Первая корректировка шкалы.

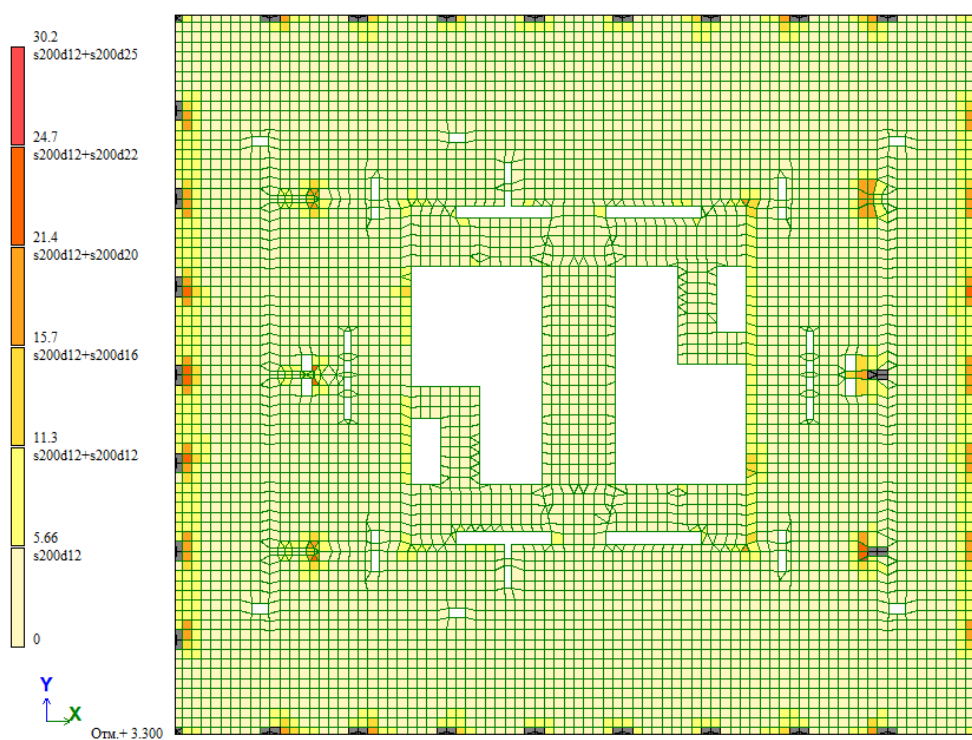


Рисунок. Требуемое верхнее армирование по X. Первая итерация. Первая корректировка шкалы.

В случае рассмотрения верхнего армирования заанкерить верхнюю арматуру максимально полученного диаметра d25 в балку невозможно без специальных анкерных устройств, поэтому нужно участить шаг арматуры и при необходимости поднять класс бетона. Для бетона класса

В40 с учетом длины анкеровки возможно использовать арматуру d20. С учетом этого изменим настройки шкалы армирования (вместо d25ш200 установим d20ш200+ d20ш200).

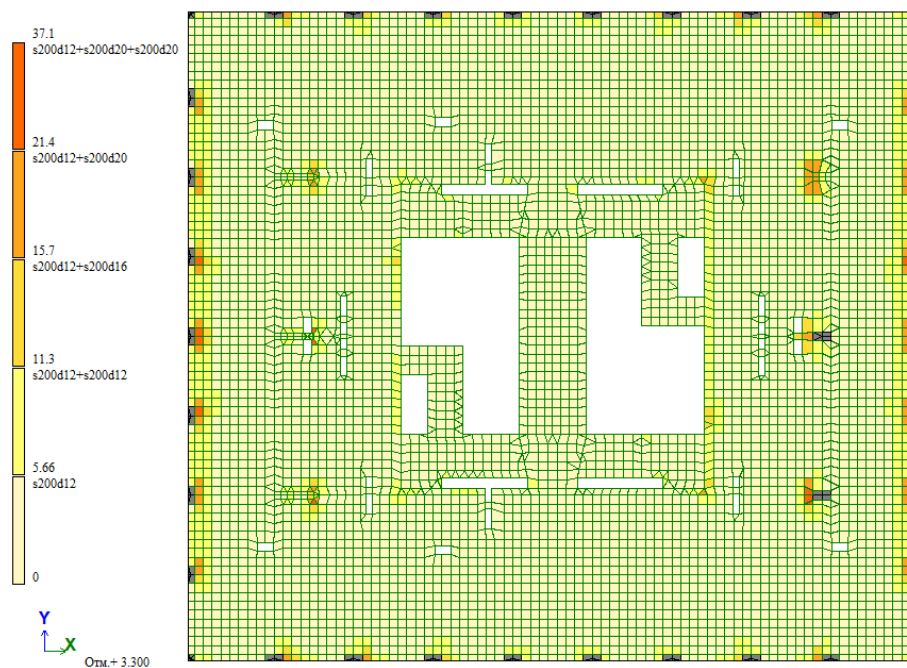
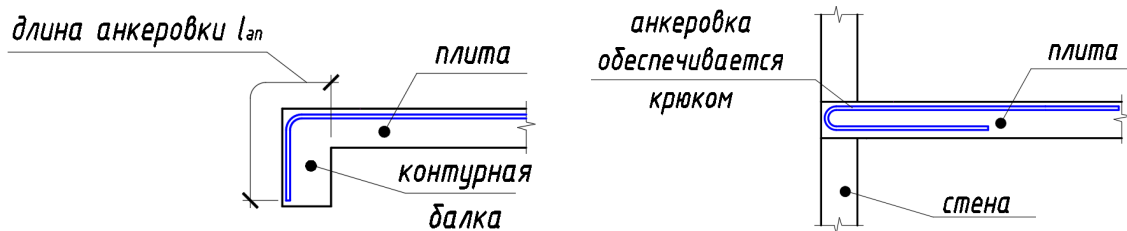


Рисунок. Требуемое верхнее армирование по Y. Первая итерация. Вторая корректировка шкалы.

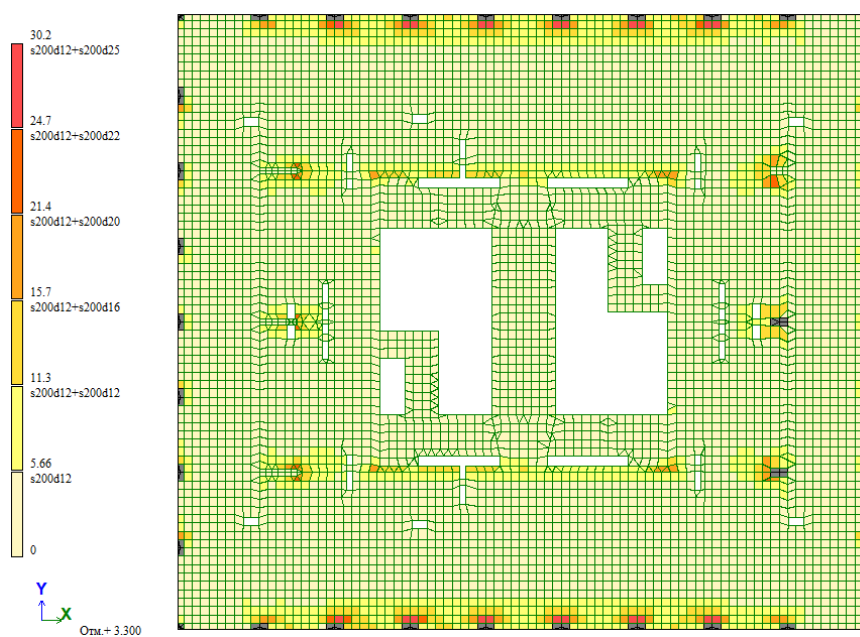


Рисунок. Требуемое верхнее армирование по X. Первая итерация. Вторая корректировка шкалы.

Балки перекрытия

Балки проверяют обычно на первой итерации по проценту армирования. Балки с процентом армирования более 3% подлежат перепроектированию (арматуру разместить невозможно). В идеальном варианте процент армирования должен быть 1–2%.

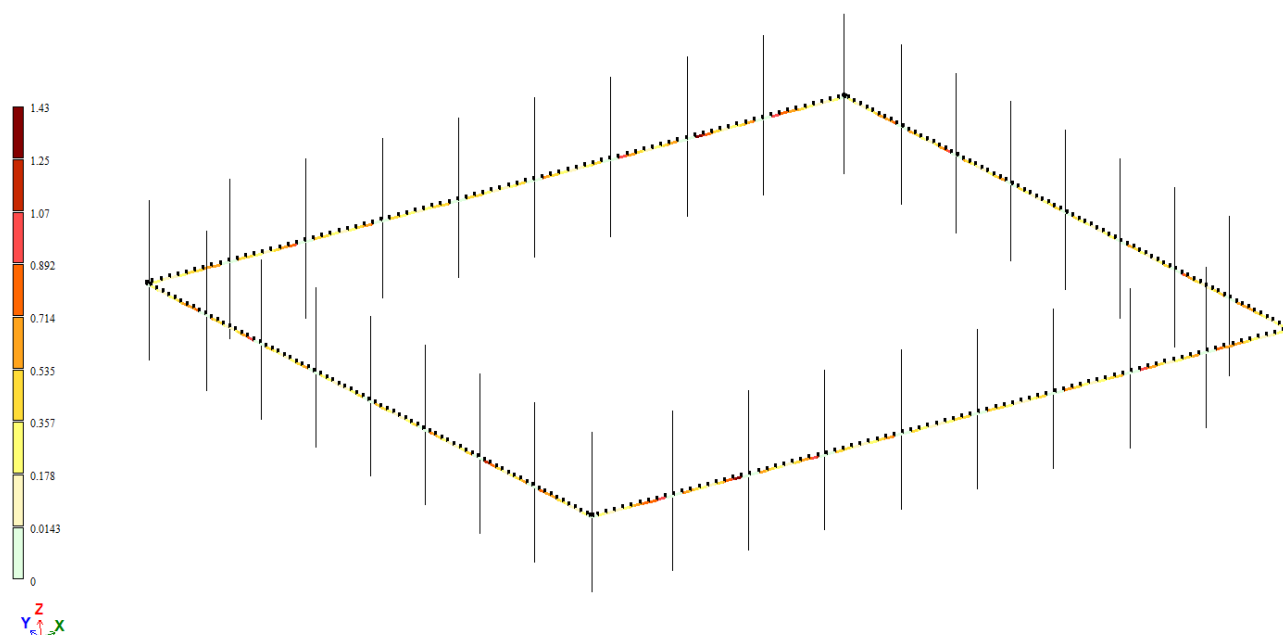
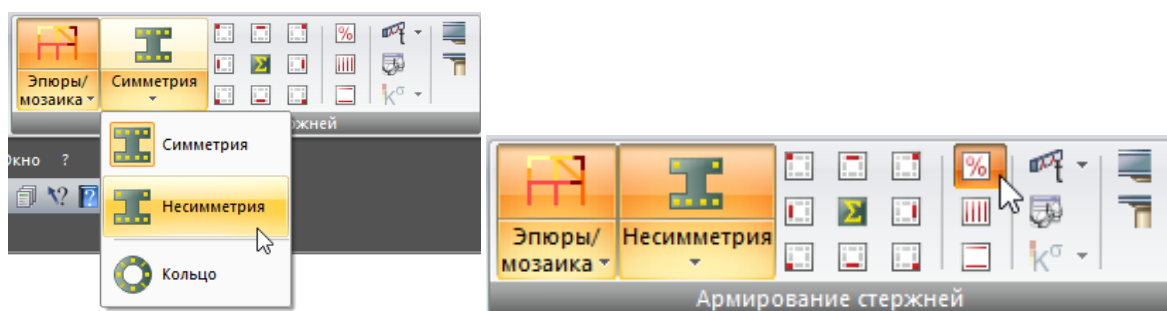


Рисунок. Требуемый по расчету процент армирования. Итерация №1.

Фундаментная плита

Настройка шкалы для рассматриваемой плиты начинается в зависимости от толщины плиты, чем толще плита, тем больше требуется армирования. Для данной плиты целесообразно начать с арматуры d36 с 100. Настройка шкалы ведется по аналогии с плитой перекрытия.

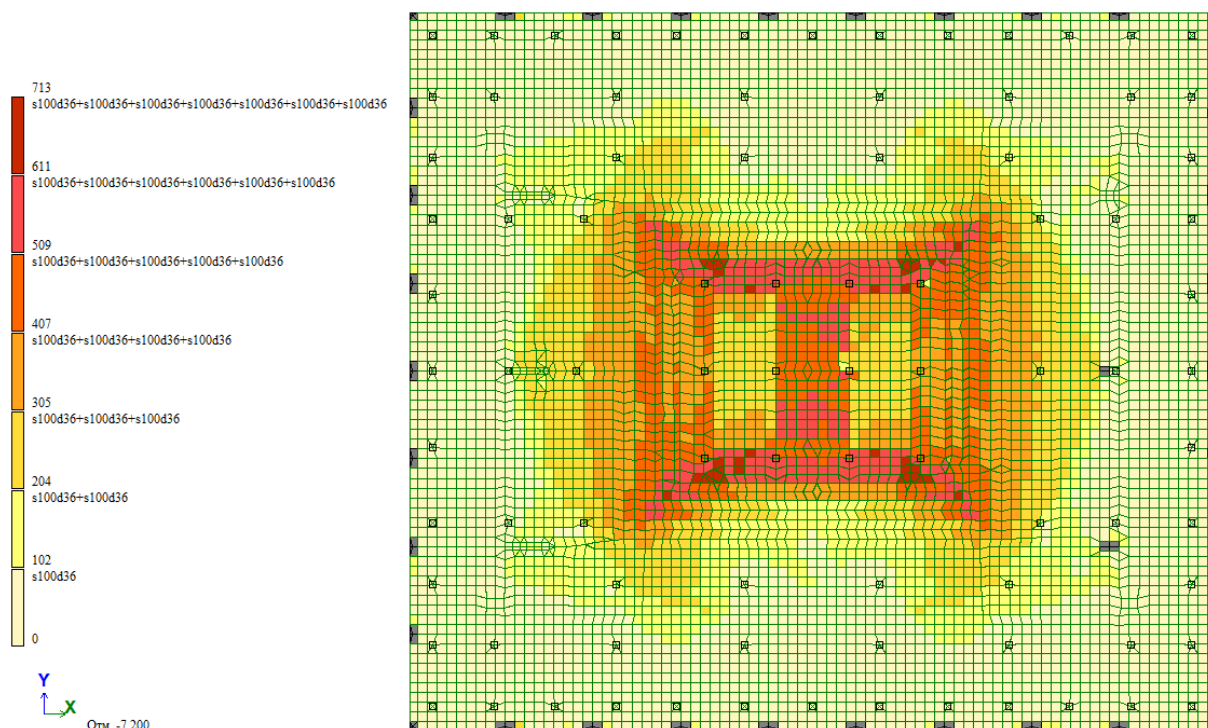


Рисунок. Требуемое нижнее армирование по X. Первая итерация. Первая корректировка шкалы.

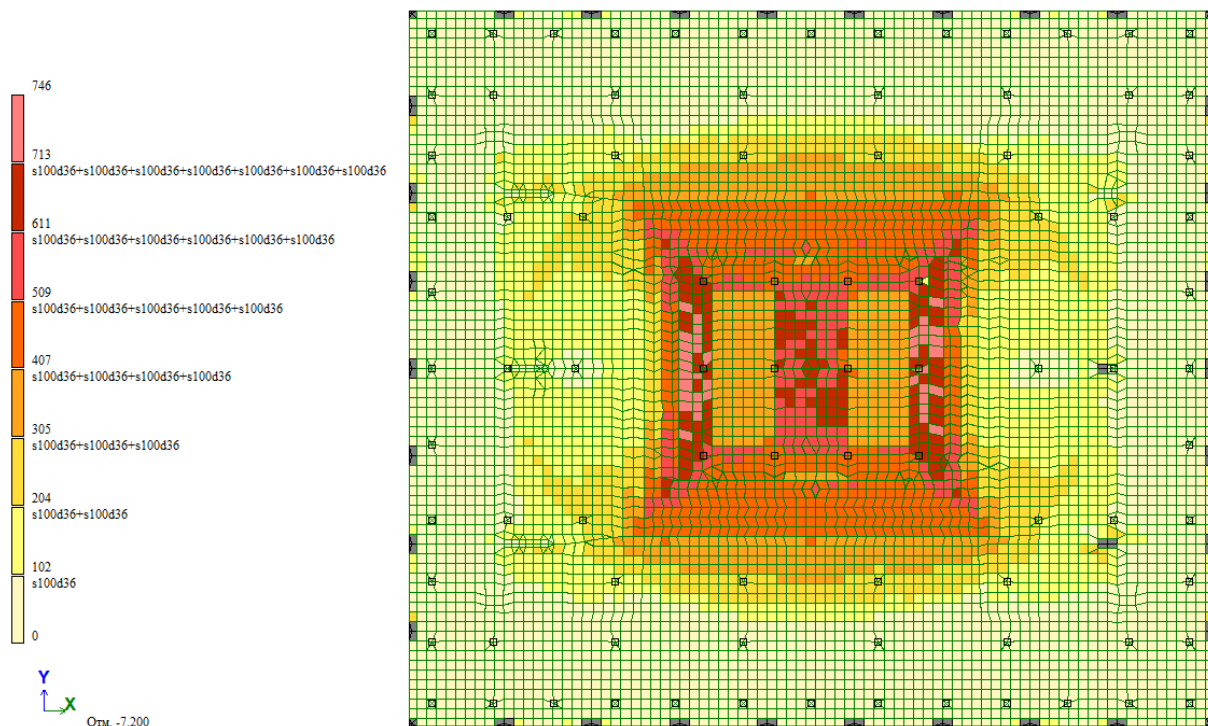


Рисунок. Требуемое нижнее армирование по Y. Первая итерация. Первая корректировка шкалы.

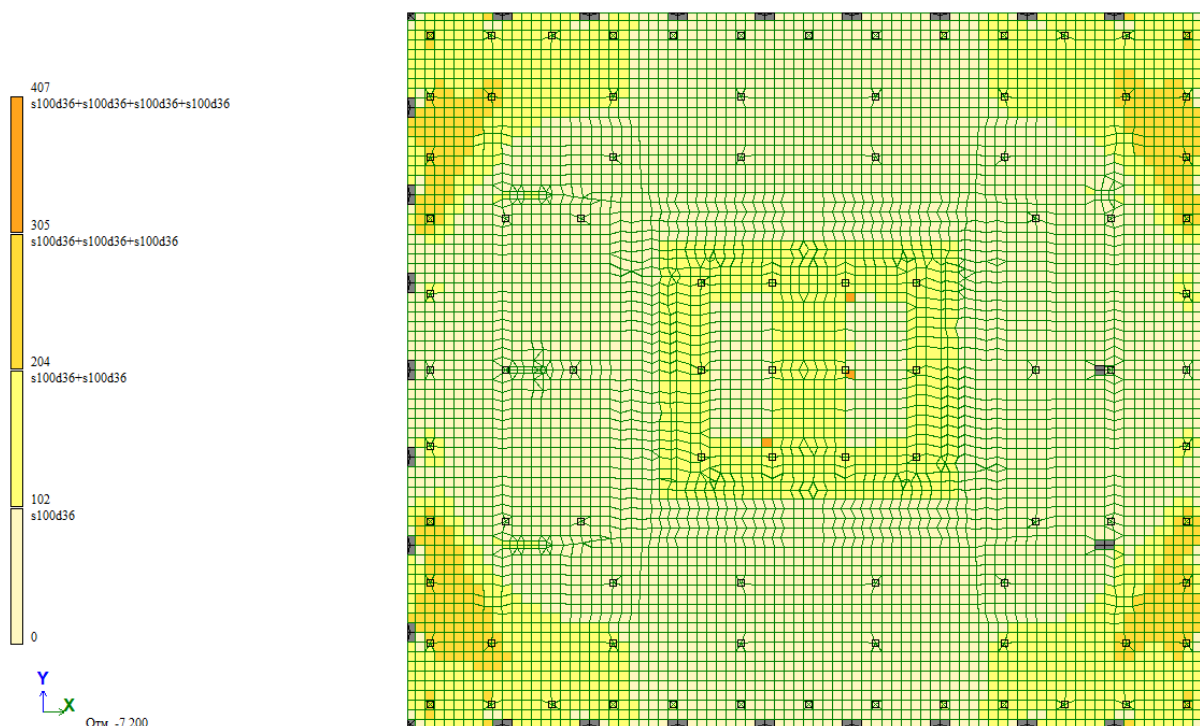


Рисунок. Требуемое верхнее армирование по X. Первая итерация. Первая корректировка шкалы.

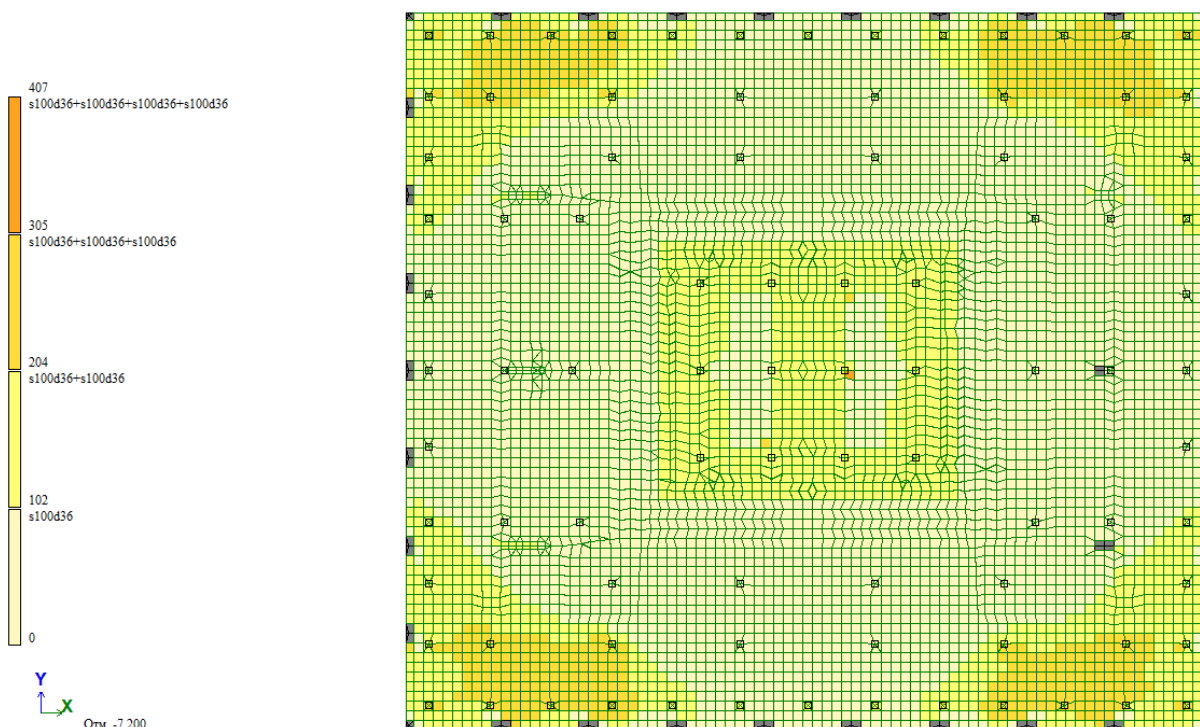
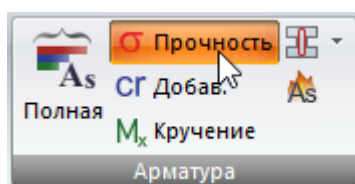


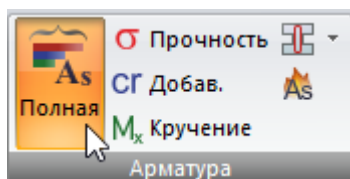
Рисунок. Требуемое верхнее армирование по Y. Первая итерация. Первая корректировка шкалы.

Большое требуемое армирование фундаментной плиты обусловлено не совсем корректным подбором арматуры по условиям трещиностойкости. Если посмотреть результаты расчета только по прочности, то можно увидеть, что армирования требуется на порядок меньше. В действительности необходима «ручная» проверка отдельных сечений.

Чтобы посмотреть результаты только по прочности необходимо нажать на кнопку прочность .



Чтобы вернуться в полную арматуру (изначальный расчет) необходимо перейти в .



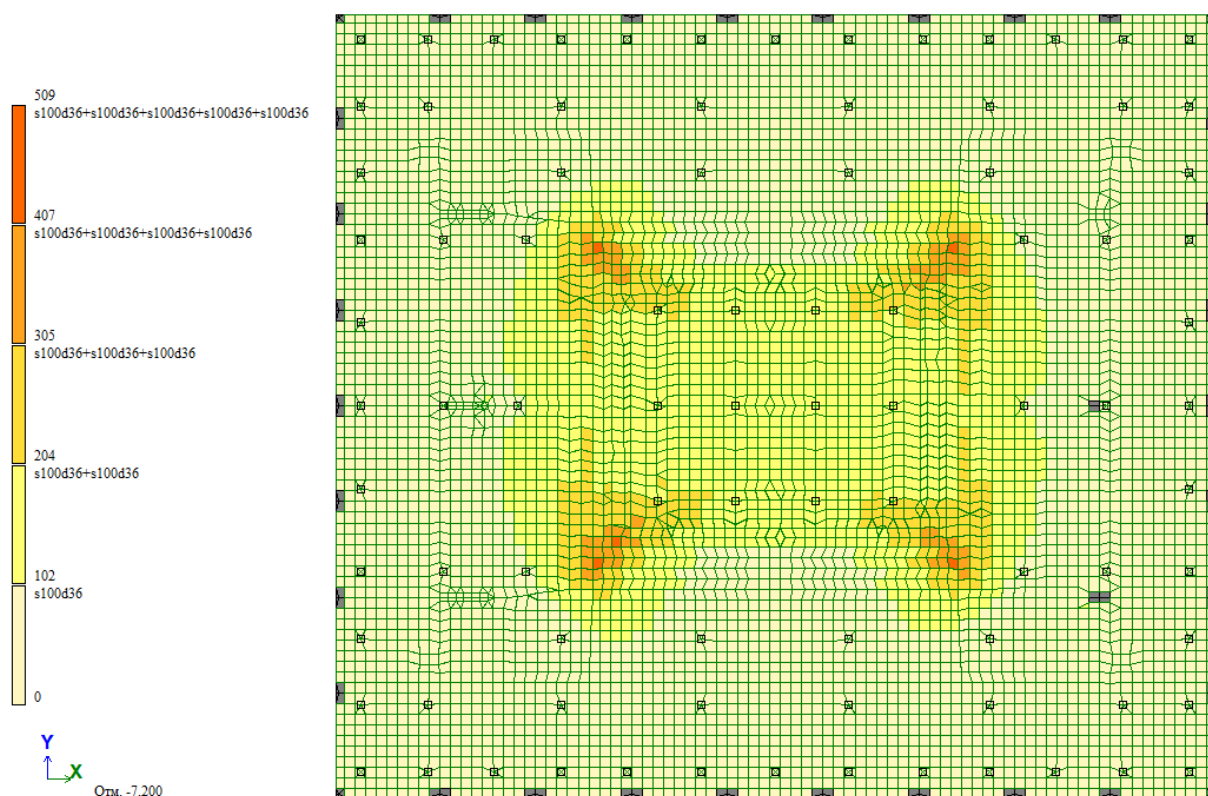


Рисунок. Требуемое нижнее армирование по X. Первая итерация. Первая корректировка шкалы.
Результаты только по прочности σ .

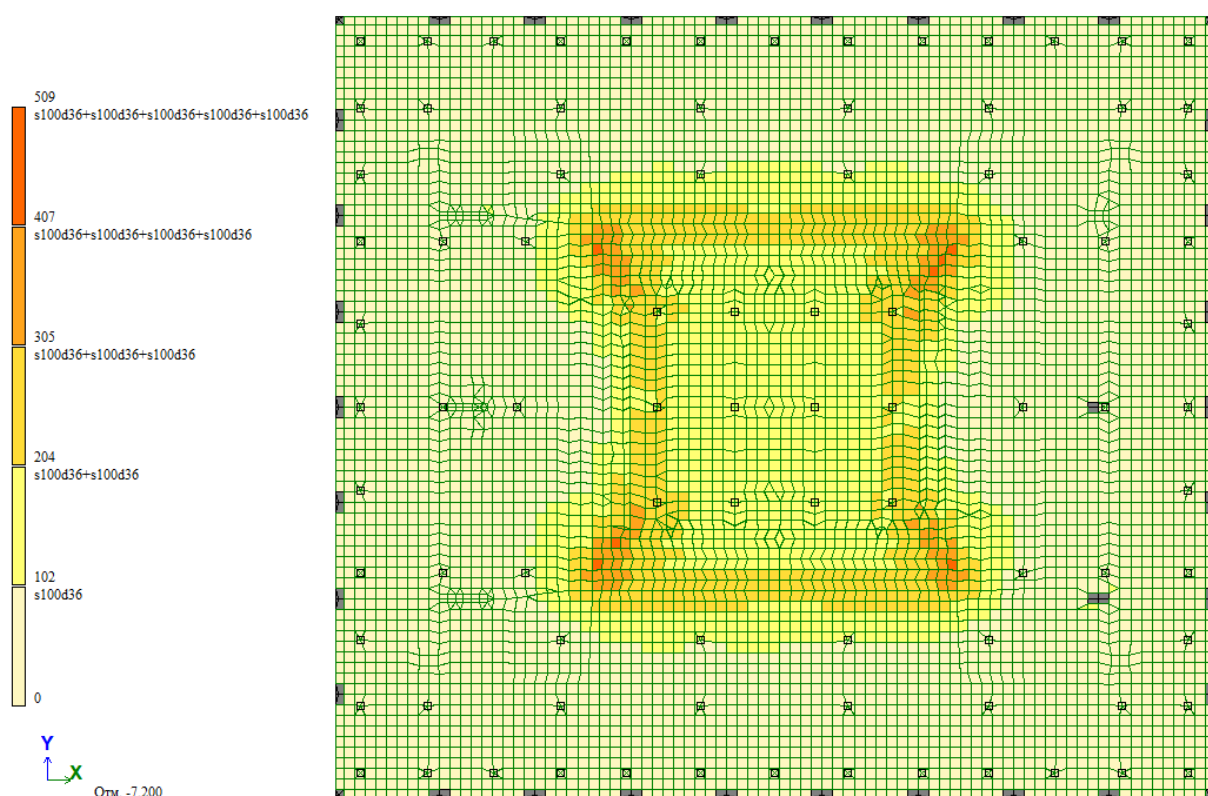


Рисунок. Требуемое нижнее армирование по Y. Первая итерация. Первая корректировка шкалы.
Результаты только по прочности σ .

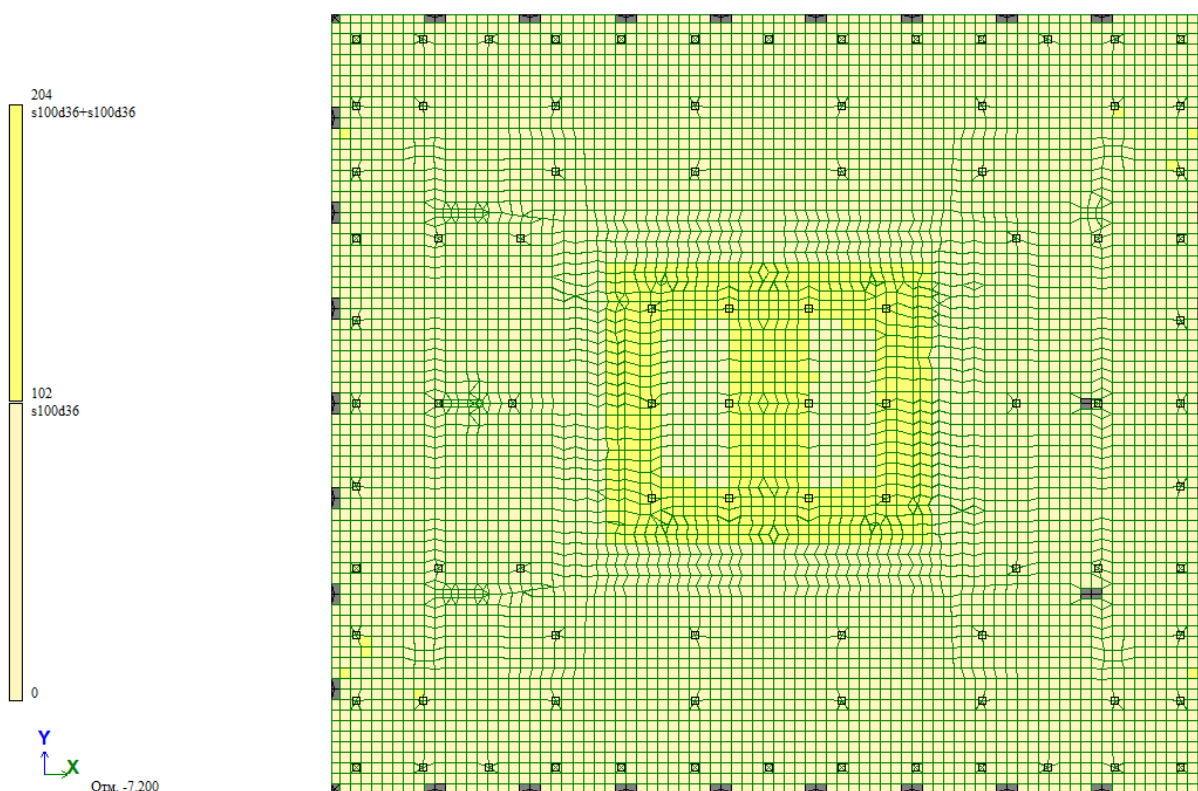


Рисунок. Требуемое верхнее армирование по X. Первая итерация. Первая корректировка шкалы.
Результаты только по прочности σ .

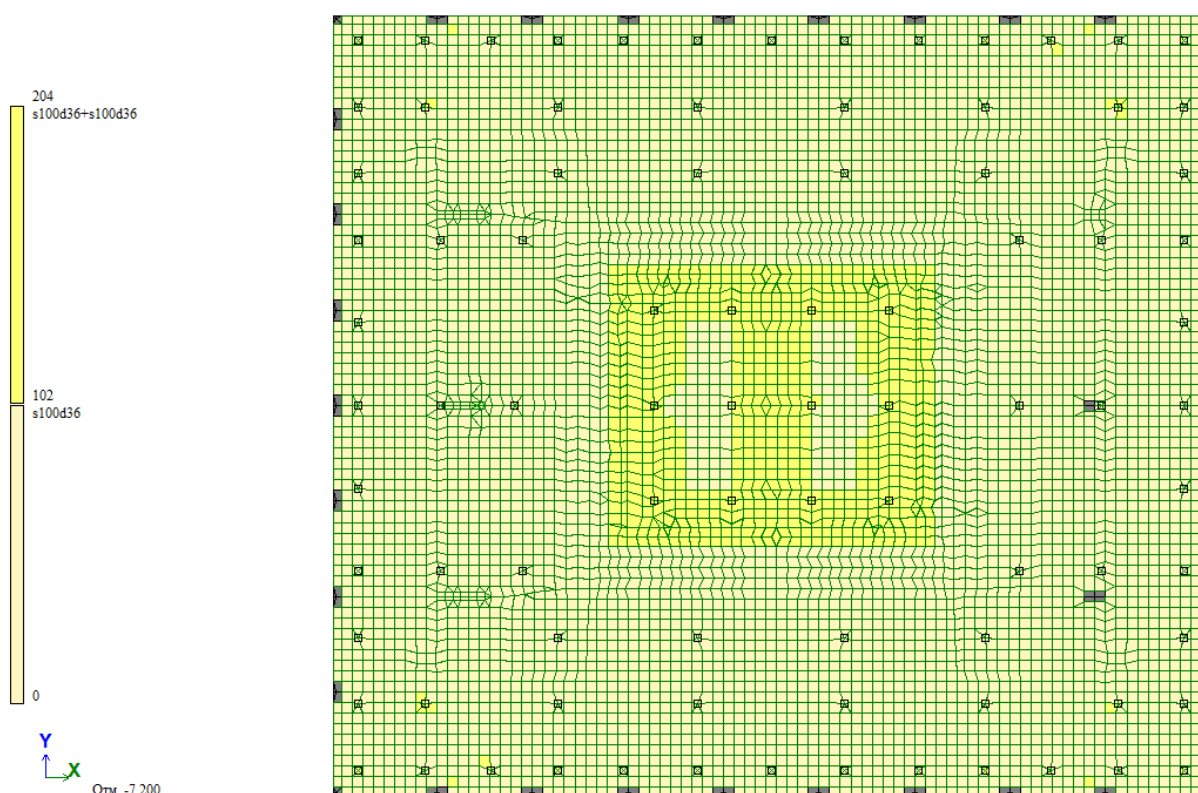
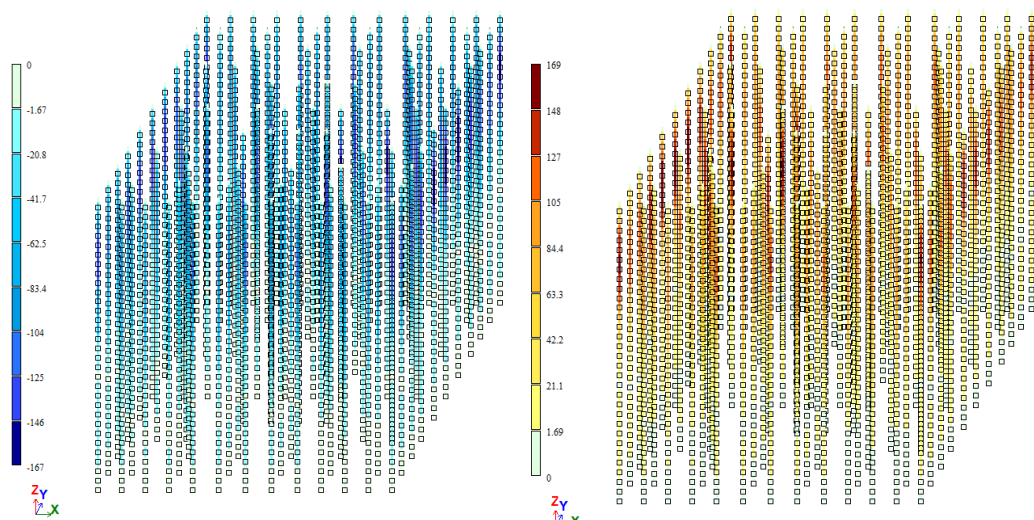
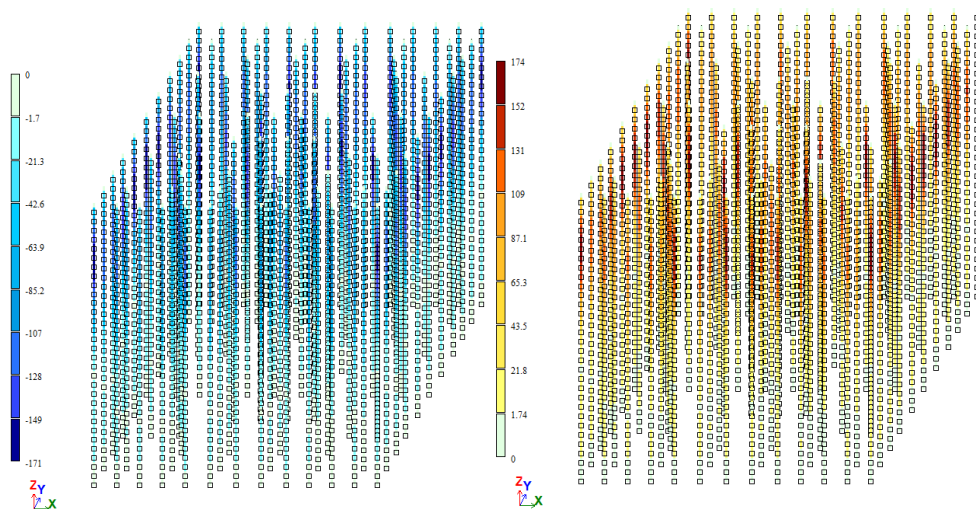


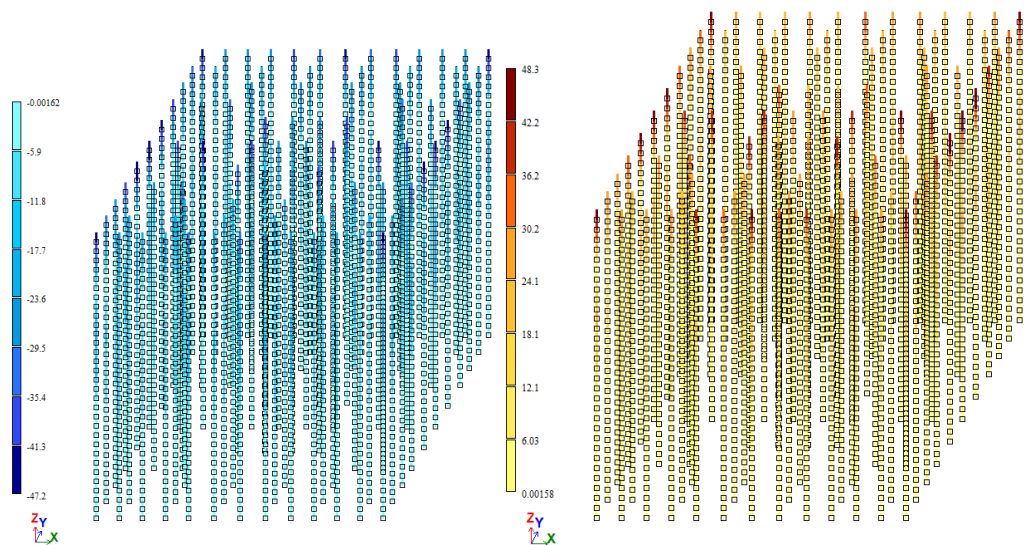
Рисунок. Требуемое верхнее армирование по Y. Первая итерация. Первая корректировка шкалы.
Результаты только по прочности σ .



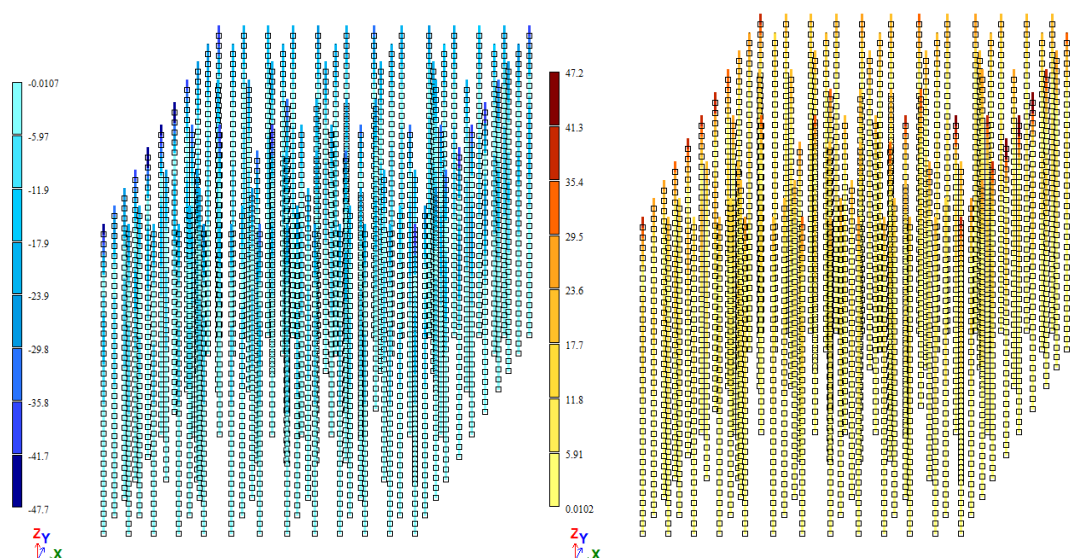
Минимальные и максимальные значения M_y по РСЧ в сваях(кНм)



Минимальные и максимальные значения M_z по РСЧ в сваях(кНм)



Минимальные и максимальные значения Q_y по РСЧ в сваях(кН)



Минимальные и максимальные значения Q_z по РСЧ в сваях(кН).

Шаг. 2. Корректировка сечений и перезадание собственного веса

Примерные корректировки сечений по стенам

При корректировке сечений важно учитывать то, что в классическом варианте сечение по этажам должно изменяться плавно, т.е. должен быть определенный ряд: 200, 250, 300, 350, 400 и т.д. Это связано с тем, что перегибать вертикальную арматуру от этажа к этажу довольно сложно. Уклон арматуры при перегибе арматуры через перекрытие должен быть не более чем 1:6 (п 7.9 СП 430). Т.е. для случая в примере при толщине плиты перекрытия 200мм должно быть изменение сечения не более 33мм x 2 стороны = 66мм.

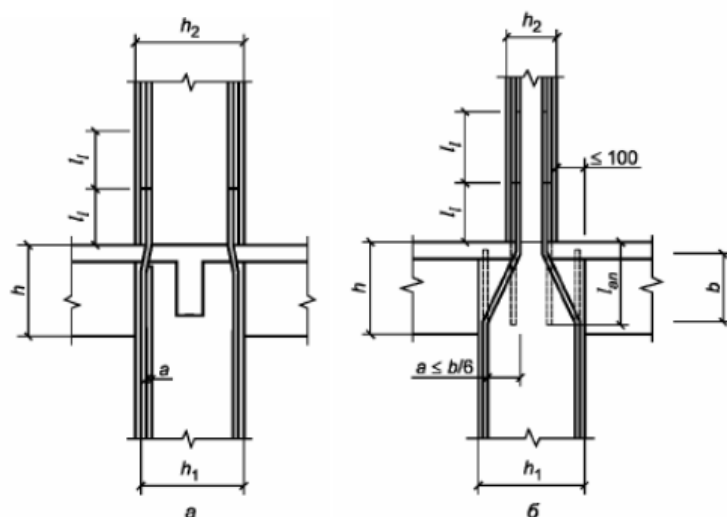


Рисунок 7.2 из СП 430.

Вариант с резким изменением сечения возможен, однако потребуются сделать дополнительные выпуски их стены. При этом из рисунка 7.2 СП 430 следует, что перепад должен быть не более

200мм. Однако это требование прописано только колоннам, про стены нормы умалчивают. В реальном проектировании перепад более 200 выполняется.

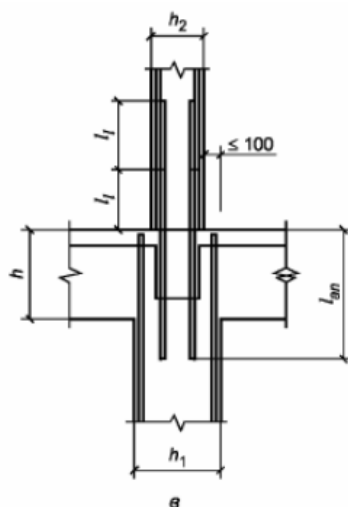


Рисунок 7.2 из СП 430.

Примерные корректировки сечений по стенам

Пилоны/стены	Этаж	N_y , МПа по расчету на первой итерации для толщины 200мм	Изменение толщины с...до...
Ось 2	-2	100 $4,55R_b$	С 200мм до 2200мм
Ось 2	-1	42 $1,91R_b$	С 200мм до 1600мм
Ось 2	1	45 $2,04R_b$	С 200мм до 1000мм $0,4R_b$
Ось 2	2	41 $1,86R_b$	С 200мм до 950мм
Ось 2	3	39 $1,77R_b$	С 200мм до 900мм
Ось 2	4	39 $1,77R_b$	С 200мм до 850мм
Ось 2	5	37 $1,68R_b$	С 200мм до 850мм
Ось 2	6	36 $1,63R_b$	С 200мм до 800мм
Ось 2	7	35 $1,59R_b$	С 200мм до 750мм
Ось 2	8	33 $1,5R_b$	С 200мм до 750мм
Ось 2	9	32 $1,45R_b$	С 200мм до 700мм
Ось 2	10	31 $1,41R_b$	С 200мм до 650мм
Ось 2	11	30 $1,36R_b$	С 200мм до 650мм
Ось 2	12	28 $1,27R_b$	С 200мм до 600мм $0,4R_b$
Ось 2	13	27 $1,23R_b$	С 200мм до 550мм
Ось 2	14	26 $1,18R_b$	С 200мм до 550мм
Ось 2	15	25	С 200мм до 500мм

ЧАСТЬ 6. РАСЧЕТЫ И ПРОВЕРКИ КОНСТРУКЦИЙ НА
НАЧАЛЬНОМ ЭТАПЕ

Пилоны/стены	Этаж	N_y , МПа по расчету на первой итерации для толщины 200мм	Изменение толщины с...до...
		$1,14R_b$	
Ось 2	16	23 $1,05R_b$	С 200мм до 450мм
Ось 2	17	22 $1,00R_b$	С 200мм до 450мм
Ось 2	18	21 $0,95R_b$	С 200мм до 400мм
Ось 2	19	20 $0,91R_b$	С 200мм до 350мм
Ось 2	20	19 $0,86R_b$	С 200мм до 350мм
Ось 2	21	18 $0,82R_b$	С 200мм до 300мм
Ось 2	22	17 $0,77R_b$	С 200мм до 250мм
Ось 2	23	16 $0,73R_b$	С 200мм до 250мм $0,6R_b$
Ось 2	24	15 $0,68R_b$	С 200мм до 250мм $0,54R_b$
Ось 9*	-2	64 $2,91R_b$	С 400 до 2400мм
Ось 9*	-1	43 $1,95R_b$	С 400 до 1800мм
Ось 9*	1	45 $2,04R_b$	С 400 до 1200мм $0,68R_b$
Ось 9*	2	41 $1,86R_b$	С 400 до 1150мм
Ось 9*	3	40 $1,82R_b$	С 400 до 1100мм
Ось 9*	4	39 $1,77R_b$	С 400 до 1050мм
Ось 9*	5	37 $1,68R_b$	С 400 до 1050мм
Ось 9*	6	36 $1,63R_b$	С 400 до 1000мм
Ось 9*	7	35 $1,59R_b$	С 400 до 950мм
Ось 9*	8	33 $1,5R_b$	С 400 до 950мм
Ось 9*	9	32 $1,45R_b$	С 400 до 900мм
Ось 9*	10	31 $1,41R_b$	С 400 до 850мм
Ось 9*	11	30 $1,36R_b$	С 400 до 850мм
Ось 9*	12	28 $1,27R_b$	С 400 до 800мм $0,64R_b$
Ось 9*	13	27 $1,23R_b$	С 400 до 750мм
Ось 9*	14	26 $1,18R_b$	С 400 до 750мм
Ось 9*	15	25 $1,14R_b$	С 400 до 700мм
Ось 9*	16	24 $1,09R_b$	С 400 до 650 мм
Ось 9*	17	22 $1,00R_b$	С 400 до 650 мм
Ось 9*	18	21	С 400 до 600 мм



Пилоны/стены	Этаж	N_y , МПа по расчету на первой итерации для толщины 200мм	Изменение толщины с...до...
		$0,95R_b$	
Ось 9*	19	20 $0,91R_b$	с 400 до 550 мм
Ось 9*	20	19 $0,86R_b$	с 400 до 550 мм
Ось 9*	21	18 $0,82R_b$	с 400 до 500 мм
Ось 9*	22	17 $0,77R_b$	с 400 до 450 мм
Ось 9*	23	16 $0,73R_b$	с 400 до 450 мм $0,65R_b$
Внешний контур ядра жесткости	-2	60 $2,72R_b$	с 200 до 1000 мм
Внешний контур ядра жесткости	-1	26 $1,18R_b$	с 200 до 600мм
Внешний контур ядра жесткости	1	35 $1,59R_b$	с 200 до 550 мм
Внешний контур ядра жесткости	2	28 $1,27R_b$	с 200 до 500 мм
Внешний контур ядра жесткости	3	24 $1,00R_b$	с 200 до 450 мм
Внешний контур ядра жесткости	4	22 $1,00R_b$	с 200 до 450 мм
Внешний контур ядра жесткости	5	21 $0,95R_b$	с 200 до 350 мм
Внешний контур ядра жесткости	6	21 $0,95R_b$	с 200 до 350 мм
Внешний контур ядра жесткости	7	20 $0,91R_b$	с 200 до 300 мм
Внешний контур ядра жесткости	8	20 $0,91R_b$	с 200 до 300 мм
Внешний контур ядра жесткости	9	19 $0,86R_b$	с 200 до 250 мм
Внешний контур ядра жесткости	10	19 $0,86R_b$	с 200 до 250 мм
Стены обрамляющие вентиляционные проемы в районе оси Г и оси Е	-2	39 $1,77R_b$	с 200 до 400
Стены обрамляющие вентиляционные проемы в районе оси Г и оси Е	-1	19 $0,86R_b$	с 200 до 350
Стены обрамляющие вентиляционные проемы в районе оси Г и оси Е	1	18 $0,82R_b$	с 200 до 300
Стены обрамляющие вентиляционные проемы в районе оси Г и оси Е	2	16 $0,73R_b$	с 200 до 250
Примечания: * Разница в напряжениях в вертикальных элементах по оси 9 заключается в том, что моделирование в одном случае ведется пластинами и принимается напряжение по наиболее нагруженной пластине, а в другом стержнями и напряжение принимается среднее по сечению.			

Примерные корректировки сечений по колоннам

Пилоны/стены	Этаж	Ну**, МПа	Изменение высоты сечения
Колонны по периметру здания	-2	4950/1000/0,8/0,4=15 Напряжение меньше, поскольку имеются подвальные стены	1,4м
Колонны по периметру здания	-1	4750/1000/0,8/0,4=15 Напряжение меньше, поскольку имеются подвальные стены	1,4м
Колонны по периметру здания	1	11800/1000/0,8/0,4=37 1,68R _b	1,4м 0,95R _b
Колонны по периметру здания	2	11400/1000/0,8/0,4=36 1,64R _b	1,4м 0,92R _b
Колонны по периметру здания	3	11100/1000/0,8/0,4=35 1,59R _b	1,35м 0,93R _b
Колонны по периметру здания	4	10800/1000/0,8/0,4=34 1,54R _b	1,3м 0,94R _b
Колонны по периметру здания	5	10400/1000/0,8/0,4=33 1,5R _b	1,25м 0,95R _b
Колонны по периметру здания	6	10100/1000/0,8/0,4=32 1,45R _b	1,25м 0,92R _b
Колонны по периметру здания	7	9750/1000/0,8/0,4=30 1,36R _b	1,2м 0,92R _b
Колонны по периметру здания	8	9420/1000/0,8/0,4=29 1,31R _b	1,15м 0,93R _b
Колонны по периметру здания	9	9080/1000/0,8/0,4=28 1,27R _b	1,15м 0,94R _b
Колонны по периметру здания	10	8750/1000/0,8/0,4=27 1,25R _b	1,1м 0,9R _b
Колонны по периметру здания	11	8410/1000/0,8/0,4=26 1,23R _b	1,05м 0,95R _b
Колонны по периметру здания	12	8080/1000/0,8/0,4=25 1,09R _b	1,00м 0,92R _b
Колонны по периметру здания	13	7750/1000/0,8/0,4=24 1,09R _b	0,95м 0,88R _b
Колонны по периметру здания	14	7420/1000/0,8/0,4=23 1,05R _b	0,9м 0,94R _b
Колонны по периметру здания	15	7090/1000/0,8/0,4=22 1,00R _b	0,85м 0,95R _b
Угловая колонна	-2	Напряжение меньше, поскольку имеются подвальные стены 3990/1000/(0,4*0,4)=25	0,4м
Угловая колонна	-1	Напряжение меньше, поскольку имеются подвальные стены 2240/1000/(0,4*0,4)=14	0,4м
Угловая колонна	1	6140/1000/(0,4*0,4)=38 1,73R _b	6140/0,4/2/(22*0,9)/1000=0,4м
Угловая колонна	2	5890/1000/(0,4*0,4)=37 1,68R _b	0,4м
Угловая колонна	3	5700/1000/(0,4*0,4)=36 1,63R _b	0,4м
Угловая колонна	4	5510/1000/(0,4*0,4)=34 1,54R _b	0,35
Угловая колонна	5	5330/1000/(0,4*0,4)=33 1,5R _b	0,35м
Угловая колонна	6	5150/1000/(0,4*0,4)=32 1,45R _b	0,35м

ЧАСТЬ 6. РАСЧЕТЫ И ПРОВЕРКИ КОНСТРУКЦИЙ НА
НАЧАЛЬНОМ ЭТАПЕ

Пилоны/стены	Этаж	Ny^{**} , МПа	Изменение высоты сечения
Угловая колонна	7	$4970/1000/(0,4*0,4)=31$ $1,41R_b$	0,35м
Угловая колонна	8	$4790/1000/(0,4*0,4)=30$ $1,36R_b$	0,3м
Угловая колонна	9	$4610/1000/(0,4*0,4)=29$ $1,32R_b$	0,3м
Угловая колонна	10	$4440/1000/(0,4*0,4)=28$ $1,27R_b$	0,3м
Угловая колонна	11	$4270/1000/(0,4*0,4)=27$ $1,23R_b$	0,3м
Угловая колонна	12	$4090/1000/(0,4*0,4)=26$ $1,18R_b$	0,25м
Угловая колонна	13	$3920/1000/(0,4*0,4)=25$ $1,14R_b$	0,25м
Угловая колонна	14	$3750/1000/(0,4*0,4)=23$ $1,05R_b$	0,25м
Угловая колонна	15	$3580/1000/(0,4*0,4)=22$ $1,00R_b$	$3580/0,4/2/(22*0,9)/1000=0,25м$
Колонны по оси 9	-2	$14200/1000/(0,4*0,8)=44$ $2R_b$	С 400 до 2400мм $0,33R_b$ Для стен/ колонн/пилонов, сопрягающихся с фундаментом желательно снижать напряжение сразу несколько больше, чем для вертикальных конструкций вышележащих этажей. Это необходимо для снижения количества итераций по подбору
Колонны по оси 9*	-1	$13400/1000/(0,4*0,8)=42$ $1,9R_b$	С 400 до 1800мм
Колонны по оси 9*	1	$12800/1000/(0,4*0,8)=40$ $1,82R_b$	С 400 до 1200мм $0,61R_b$
Колонны по оси 9*	2	$12300/1000/(0,4*0,8)=38$ $1,73R_b$	С 400 до 1150мм
Колонны по оси 9*	3	$11800/1000/(0,4*0,8)=37$ $1,68R_b$	С 400 до 1100мм
Колонны по оси 9*	4	$11400/1000/(0,4*0,8)=36$ $1,64R_b$	С 400 до 1050мм
Колонны по оси 9*	5	$10900/1000/(0,4*0,8)=34$ $1,55R_b$	С 400 до 1050мм
Колонны по оси 9*	6	$10500/1000/(0,4*0,8)=33$ $1,5R_b$	С 400 до 1000мм
Колонны по оси 9*	7	$10100/1000/(0,4*0,8)=32$ $1,45R_b$	С 400 до 950мм
Колонны по оси 9*	8	$9640/1000/(0,4*0,8)=30$ $1,36R_b$	С 400 до 950мм
Колонны по оси 9*	9	$9230/1000/(0,4*0,8)=29$ $1,32R_b$	С 400 до 900мм
Колонны по оси 9*	10	$8830/1000/(0,4*0,8)=28$ $1,27R_b$	С 400 до 850мм
Колонны по оси 9*	11	$8450/1000/(0,4*0,8)=26$ $1,18R_b$	С 400 до 850мм
Колонны по оси 9*	12	$8060/1000/(0,4*0,8)=25$ $1,14R_b$	С 400 до 800мм $0,57R_b$
Колонны по оси 9*	13	$7690/1000/(0,4*0,8)=24$ $1,09R_b$	С 400 до 750мм
Колонны по оси 9*	14	$7330/1000/(0,4*0,8)=23$ $1,05R_b$	С 400 до 750мм
Колонны по оси 9*	15	$6970/1000/(0,4*0,8)=22$ $1,00R_b$	С 400 до 700мм
Колонны по оси 9*	16	$6610/1000/(0,4*0,8)=21$ $0,95R_b$	С 400 до 650 мм



Пилоны/стены	Этаж	N_{y**} , МПа	Изменение высоты сечения
Колонны по оси 9*	17	$6260/1000/(0,4*0,8)=20$ $0,91R_b$	С 400 до 650 мм
Колонны по оси 9*	18	$5920/1000/(0,4*0,8)=19$ $0,86R_b$	С 400 до 600 мм
Колонны по оси 9*	19	$5580/1000/(0,4*0,8)=17$ $0,77R_b$	С 400 до 550 мм
Колонны по оси 9*	20	$5250/1000/(0,4*0,8)=16$ $0,73R_b$	С 400 до 550 мм
Колонны по оси 9*	21	$4920/1000/(0,4*0,8)=15$ $0,68R_b$	С 400 до 500 мм
Колонны по оси 9*	22	$4590/1000/(0,4*0,8)=14$ $0,64R_b$	С 400 до 450 мм
Колонны по оси 9*	23	$4270/1000/(0,4*0,8)=13$ $0,6R_b$	С 400 до 450 мм $0,53R_b$

Примечания:
* Разница в напряжениях в вертикальных элементах **по оси 9** заключается в том, что моделирование в одном случае ведется пластинами и принимается напряжение по наиболее нагруженной пластине, а в другом стержнями и напряжение принимается среднее по сечению.

**Определение N_y
 $N_y = N/(B \times H)$
 N – нормальное усилие в колонне
 B, H – габариты колонны

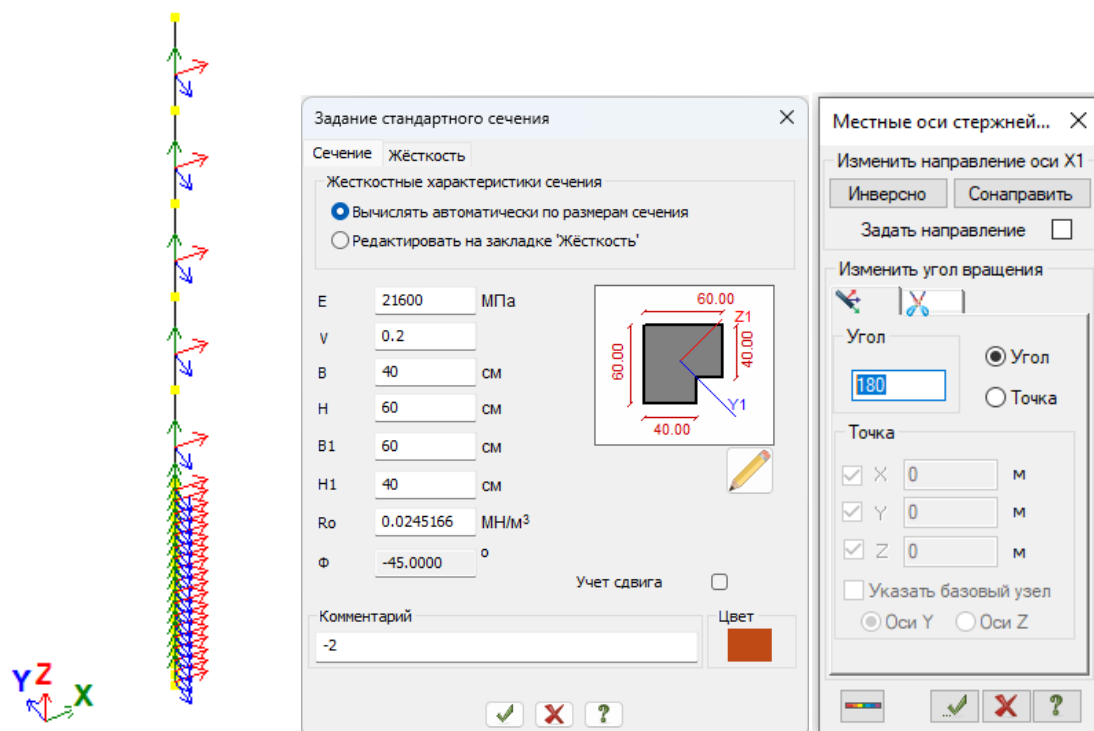
При задании угловых сечений необходимо переориентировать местные оси. В уголкового сечении они расположены под углом.

Для корректировки переходим «в местные оси стержней».

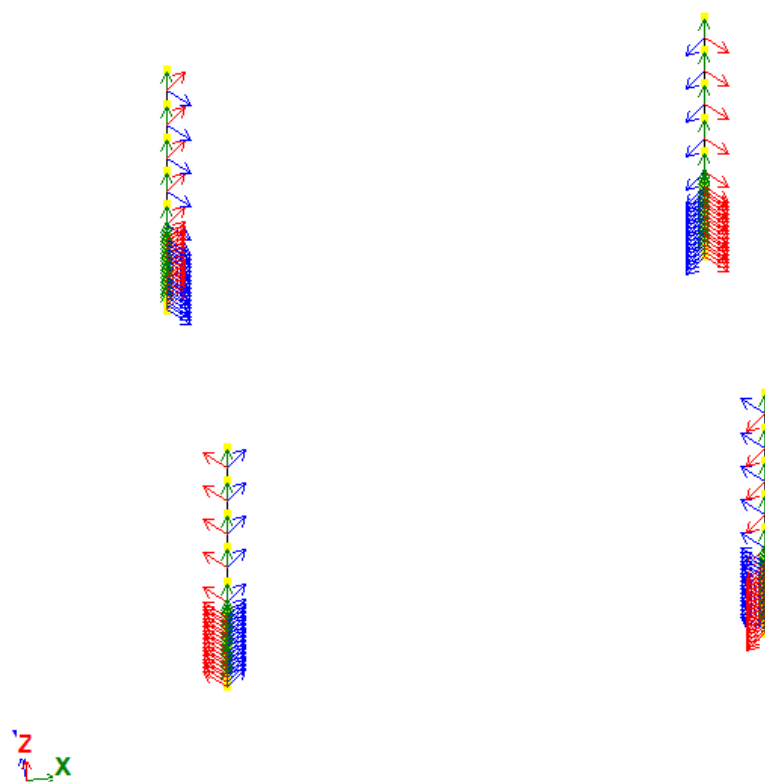
Указываем угол поворота. Для каждого угла здания будет свой угол поворота: **180,270,0,90**.

Выделяем нужные КЭ для поворота и нажимаем галочку «Применить».

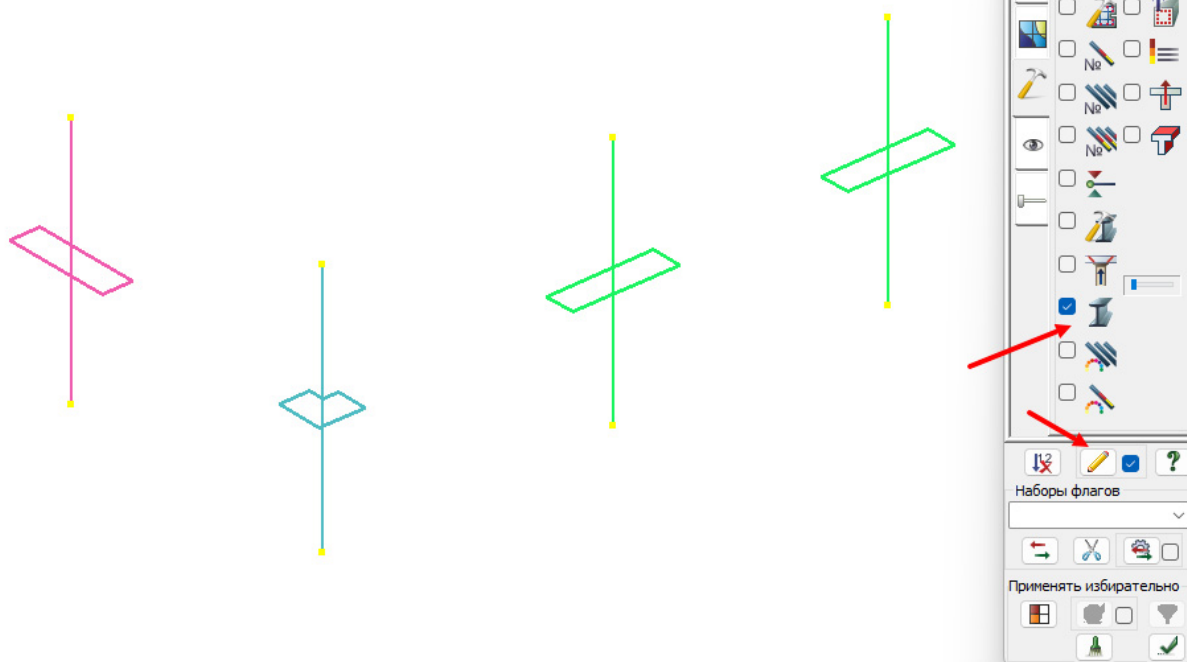




Результат поворота угловых осей для угловых колонн:



Просмотреть ориентацию сечения можно через кнопку «Поперечные сечения стержней»  во
«Флагах рисования» .



При назначении жесткости уголка может появиться сообщение о том, что невозможно задать жесткость, поскольку задан расчет с симметричным армированием. В конструировании нужно создать новый тип армирования с «несимметричным армированием».

Шаг 3. Подбор армирования на 2....10 итерации

В результате проведения итераций необходимо:

- 1) получить картину армирования по всем элементам;
- 2) отредактировать эксцентриситеты в материалах конструирования;
- 3) отредактировать АЖТ.

Если возникают локальные ошибки в элементах:

- Пластин на один КЭ;
- Стержней на один КЭ, при этом идет примыкание сложное через АЖТ к другим элементам;
- В сечениях стержней кроме прямоугольного сечения (например, в уголкового сечения, как в примере) на любом количестве КЭ;

то в этом случае требуется более детально рассчитать сечение с учетом фактического армирования или пересмотреть подход к моделированию (пересмотреть/удалить АЖТ). В большинстве случаев произойдет перераспределение усилий. Подробнее будет показано в следующих частях справочника.

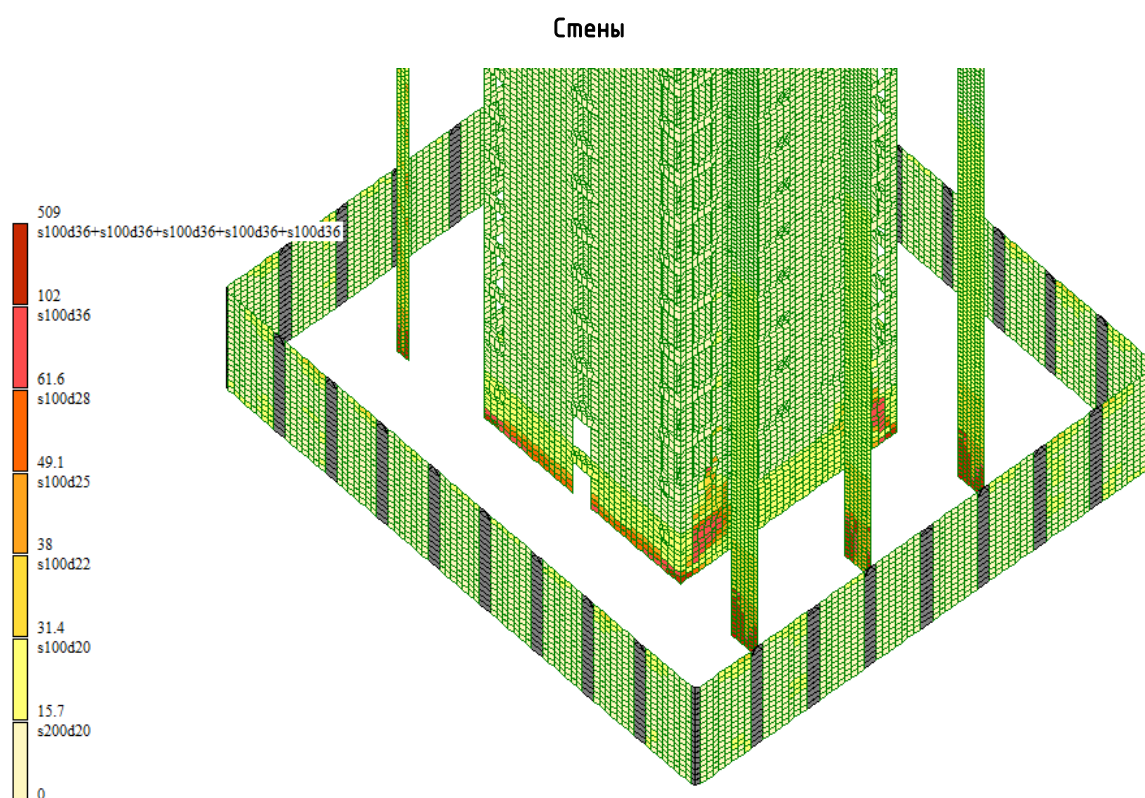


Рисунок. Требуемое вертикальное армирование стен (максимальное по обоим сторонам). Вторая итерация.

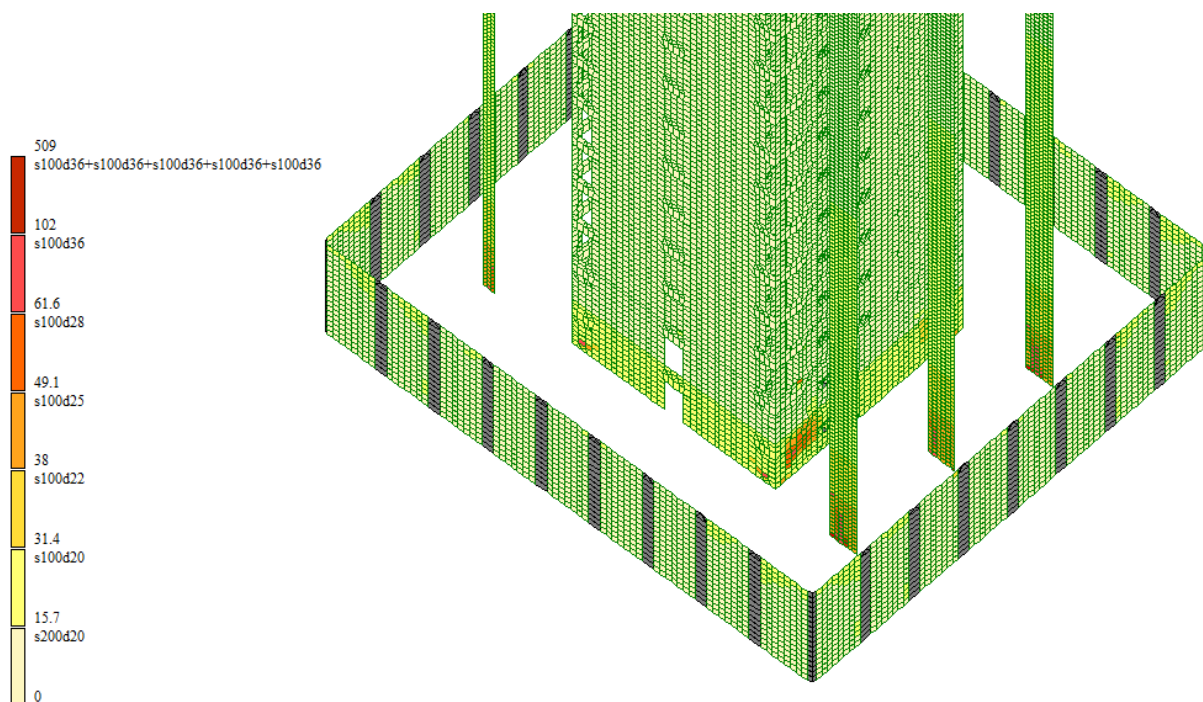


Рисунок. Требуемое горизонтальное армирование стен (максимальное по обоим сторонам). Вторая итерация.

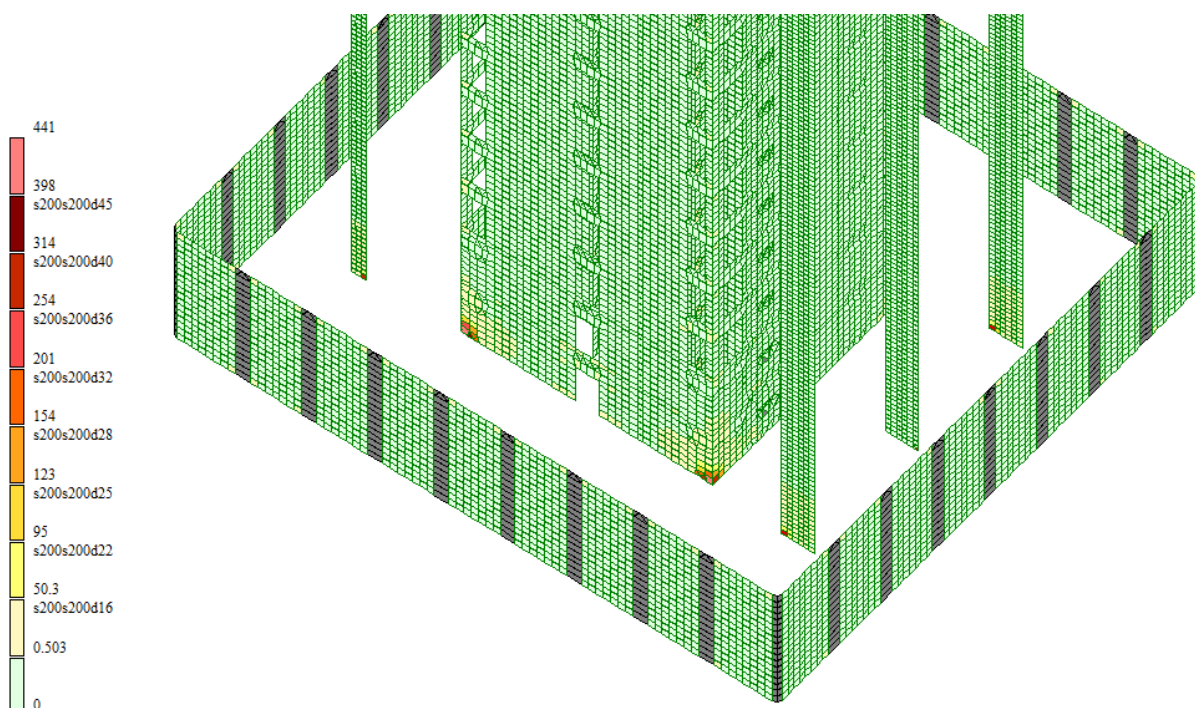


Рисунок. Требуемое поперечное армирование стен на 1м². Вторая итерация.

Примечание: поперечное армирование в стенах имеет ряд неточностей в определении. Это связано в основном с работой конечных элементов. Всплески армирования осредняются по рекомендациям разработчика программного комплекса.

Колонны

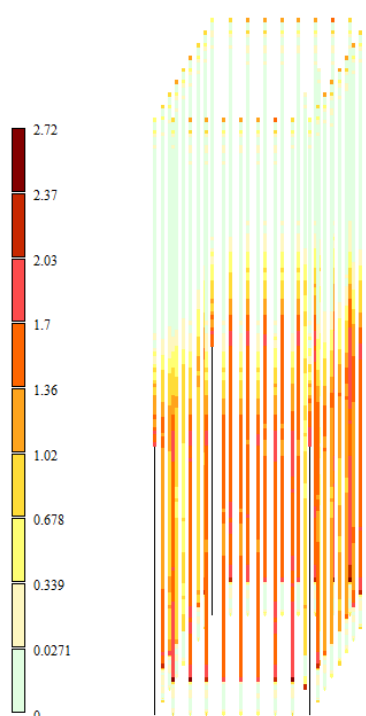


Рисунок. Требуемый процент продольного симметричного армирования. Вторая итерация.

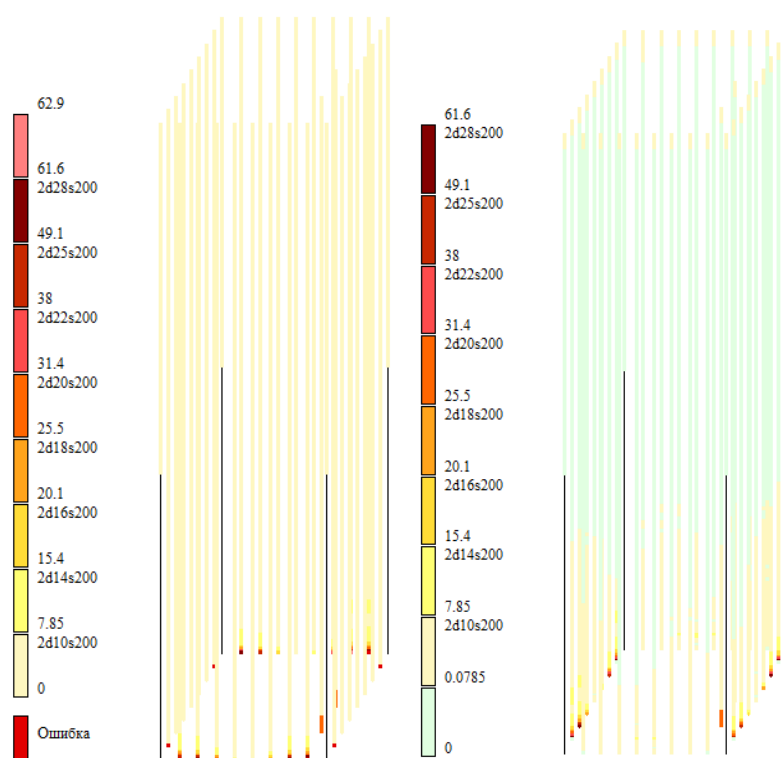


Рисунок. Требуемое поперечное симметричное армирование. Сторона 1. Сторона 2. Вторая итерация (ошибки снизу из-за АЖТ в уровне фундаментной плиты)

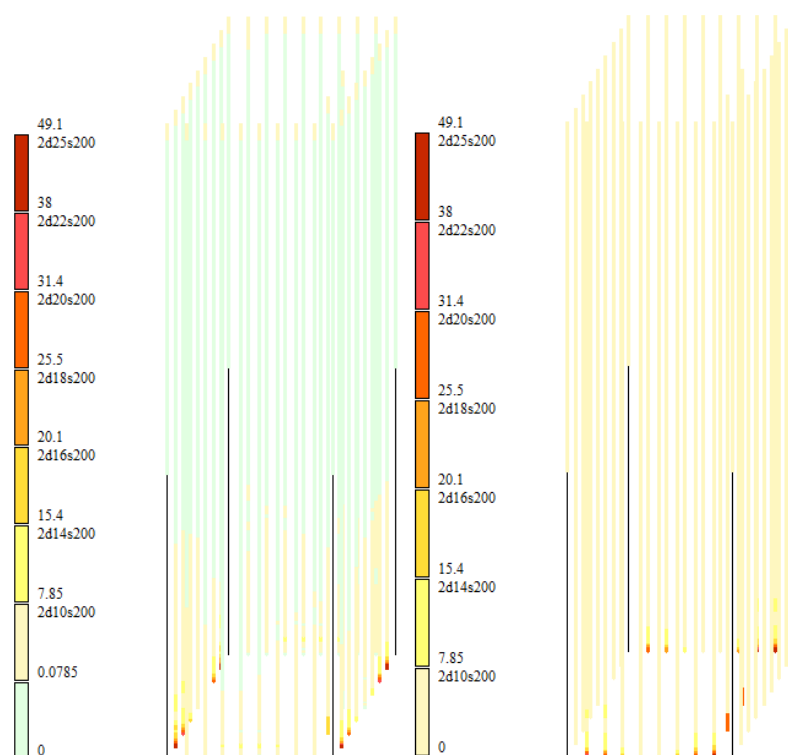


Рисунок. Требуемое поперечное симметричное армирование. Сторона 1. Сторона 2. Вторая итерация (вариант без АЖТ в уровне фундаментной плиты)

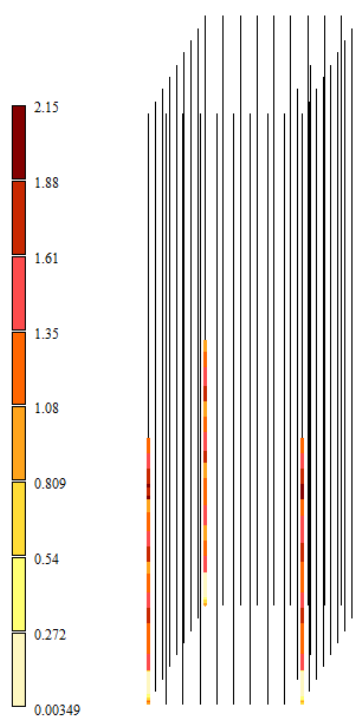


Рисунок. Требуемый процент продольного несимметричного армирования. Вторая итерация.

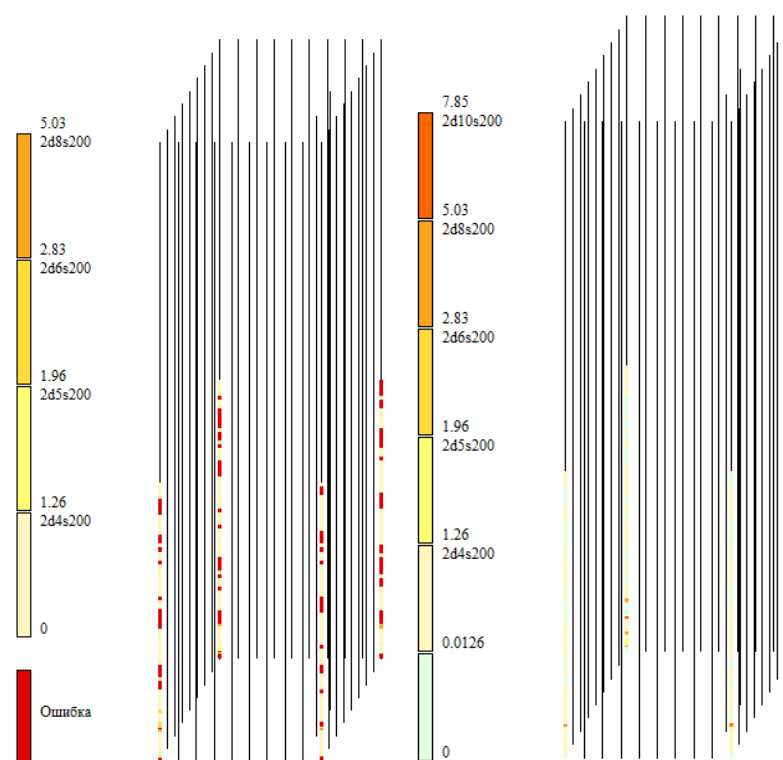


Рисунок. Требуемое поперечное несимметричное армирование. Сторона 1. Сторона 2. Вторая итерация.

Балки и плиты перекрытия



Рисунок. Требуемое верхнее армирование по Y. Вторая итерация.



Рисунок. Требуемое верхнее армирование по X. Вторая итерация.



Рисунок. Требуемое нижнее армирование по X. Вторая итерация.



Рисунок. Требуемое нижнее армирование по Y Вторая итерация.

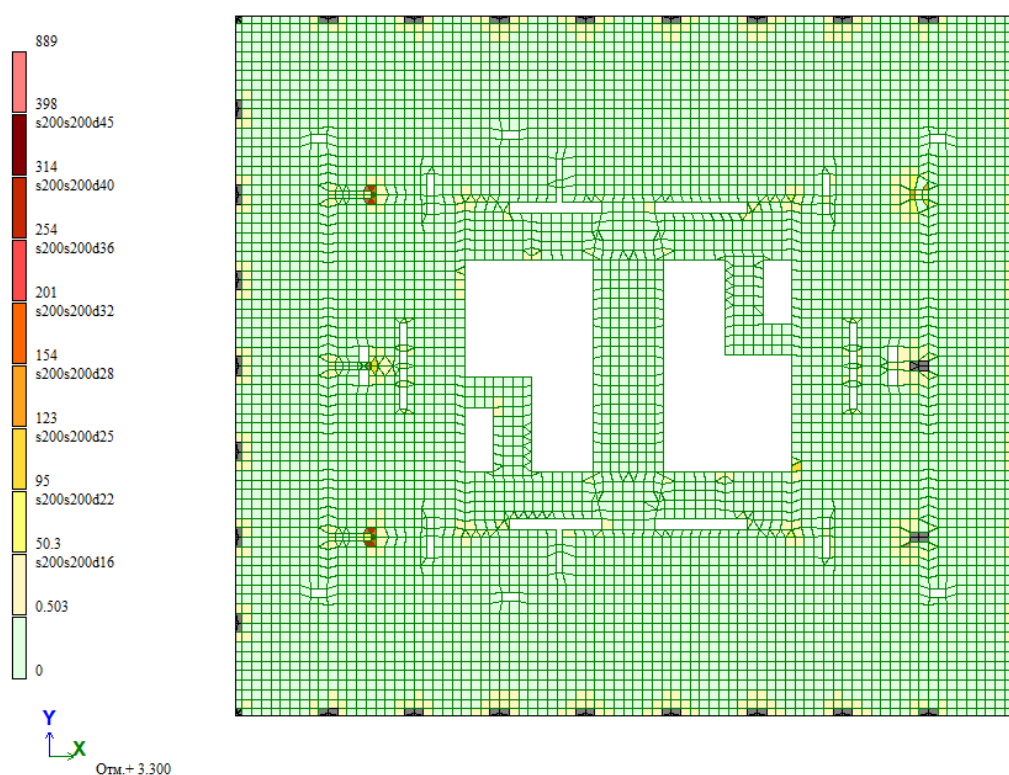


Рисунок. Требуемое поперечное армирование плит на 1м². Вторая итерация.

Примечание. Поперечное армирование в плитах следует рассматривать только с точки зрения «опасных мест». Опасные места подлежат «ручным» проверкам на продавливание. Это зоны колонн, углов и торцов стен.

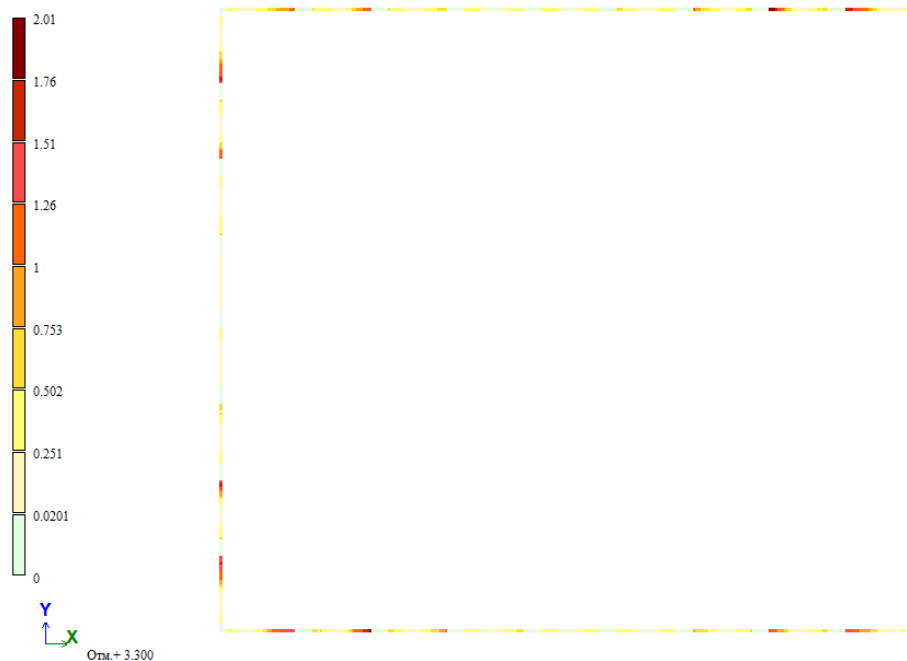


Рисунок. Требуемый процент продольного армирования балок. Вторая итерация.

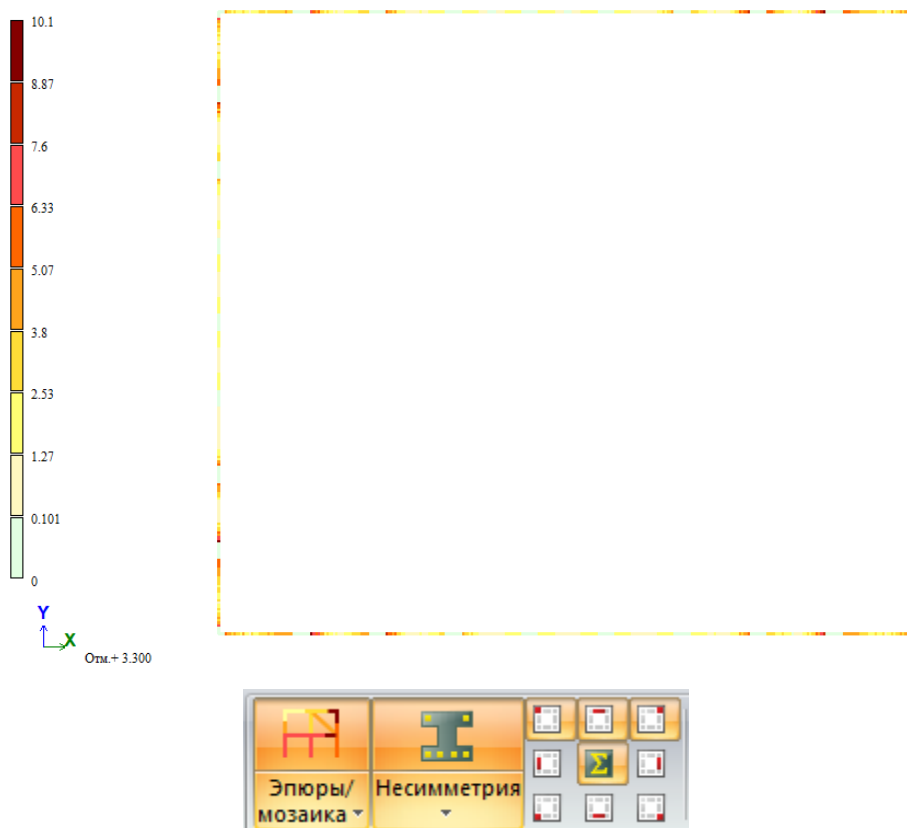


Рисунок. Требуемое верхнее продольное армирование балок. Вторая итерация.

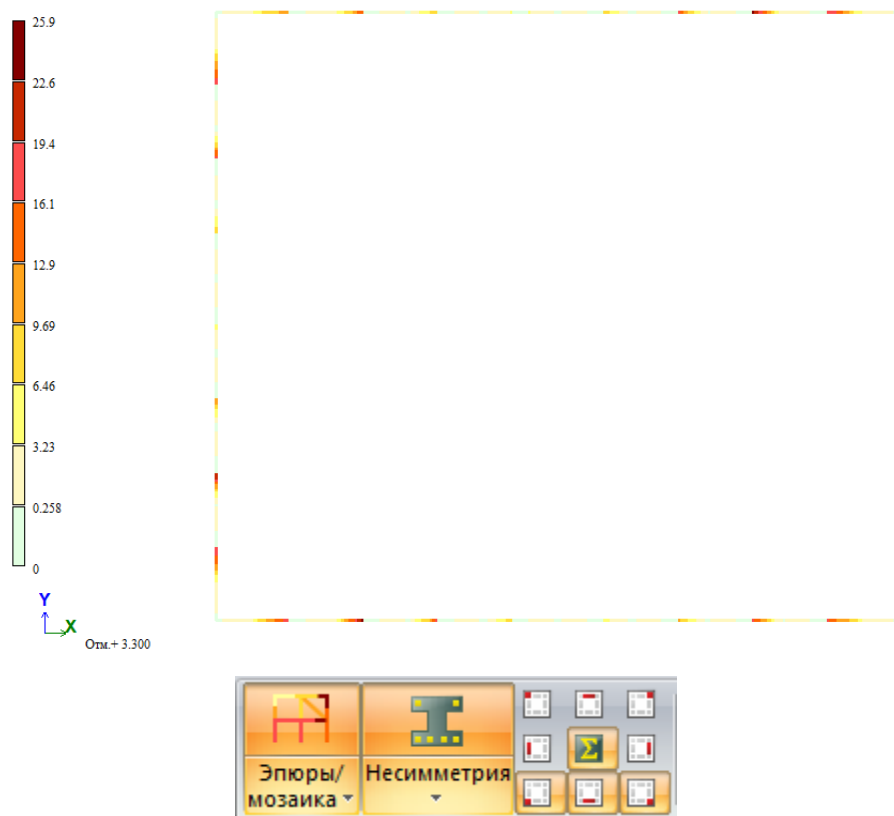


Рисунок. Требуемое нижнее продольное армирование балок. Вторая итерация.

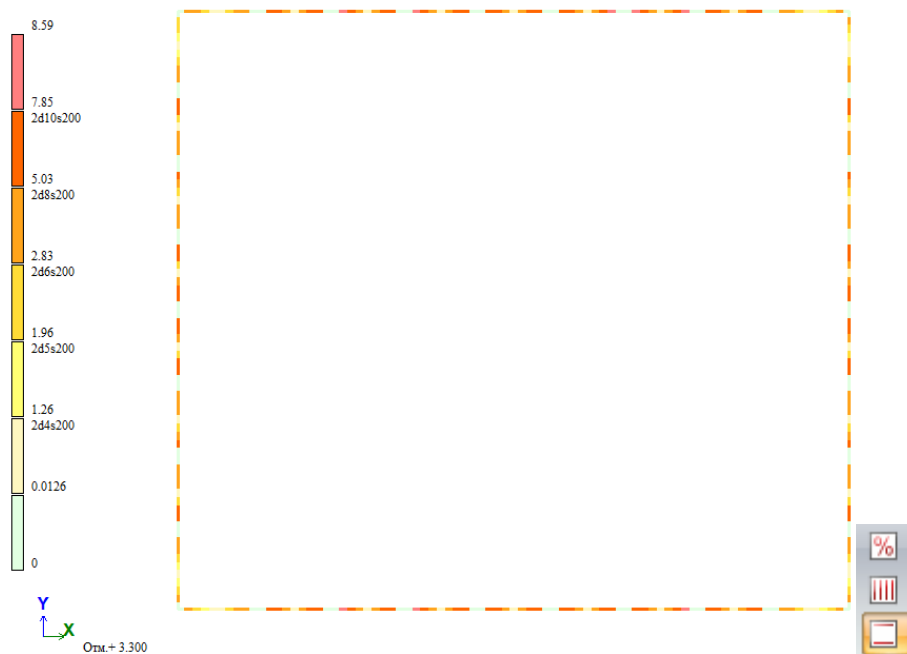


Рисунок. Требуемое поперечное армирование балок. Горизонтальное направление. Вторая итерация.



Рисунок. Требуемое поперечное армирование балок. Вертикальное направление. Вторая итерация.

Фундаментная плита

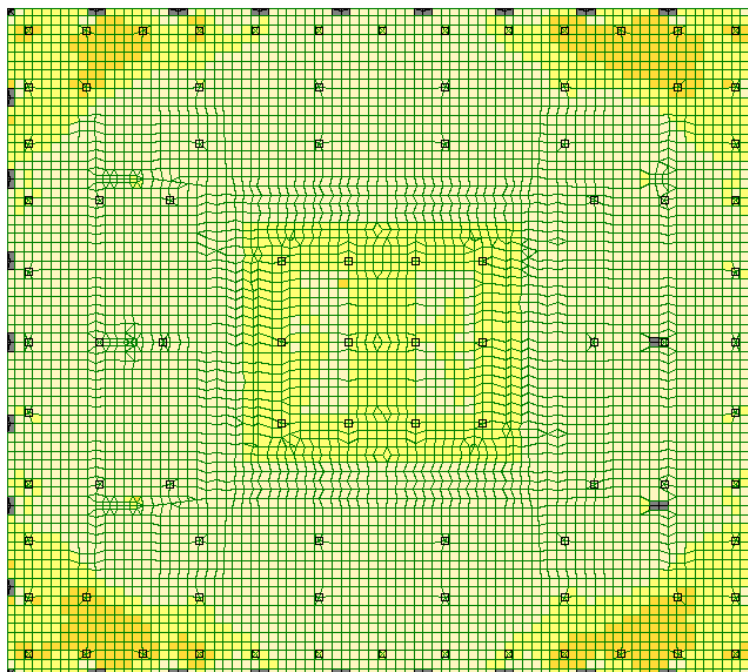
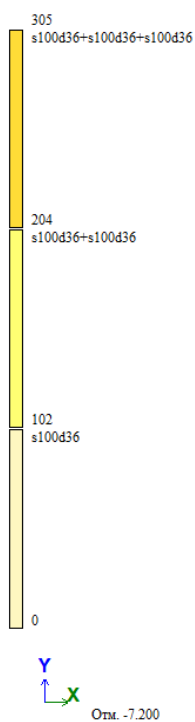


Рисунок. Требуемое верхнее армирование по Y. Вторая итерация.

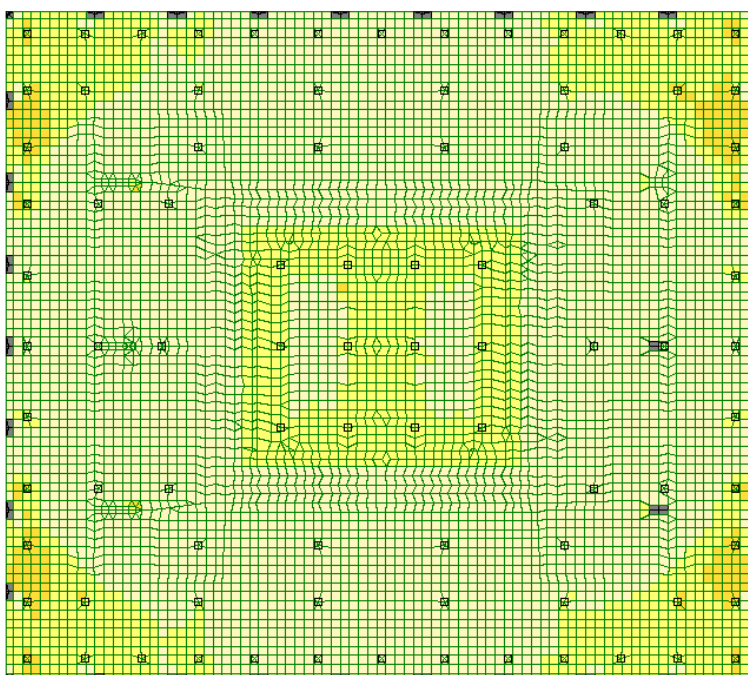
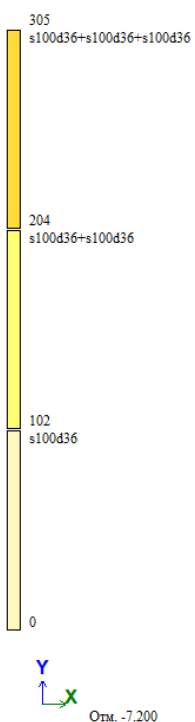


Рисунок. Требуемое верхнее армирование по X. Вторая итерация.

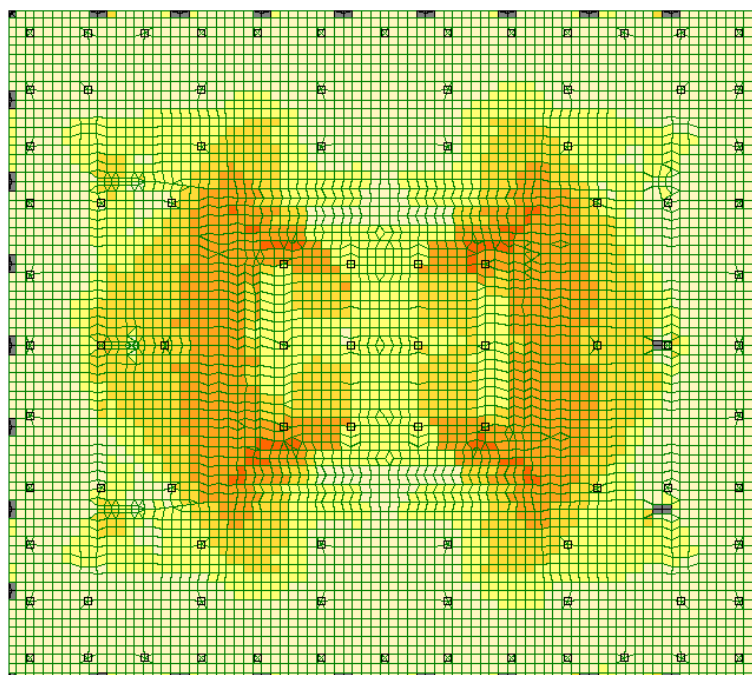
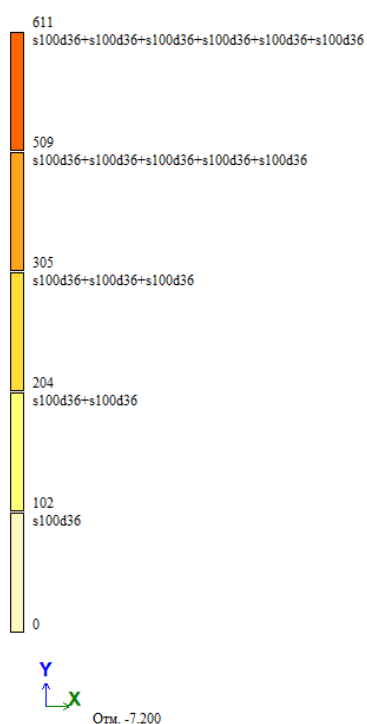


Рисунок. Требуемое нижнее армирование по X. Вторая итерация.

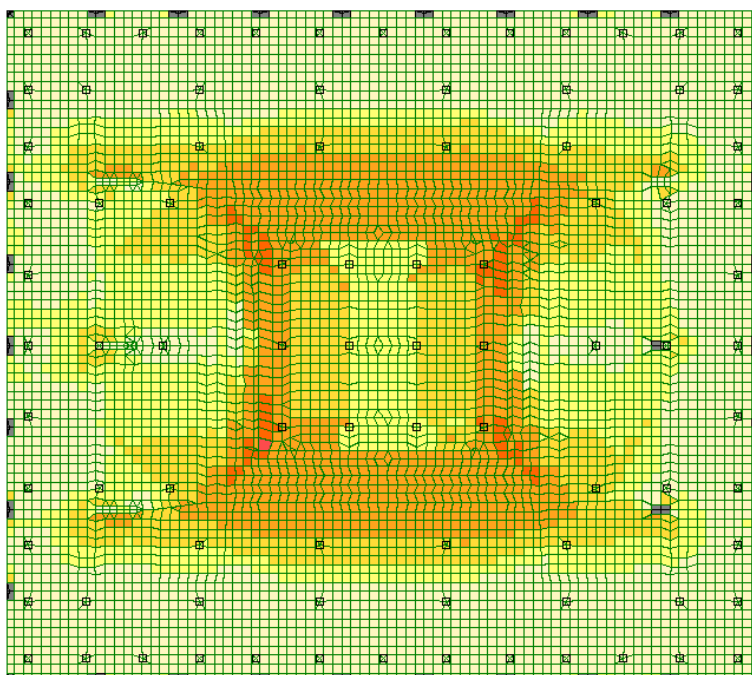
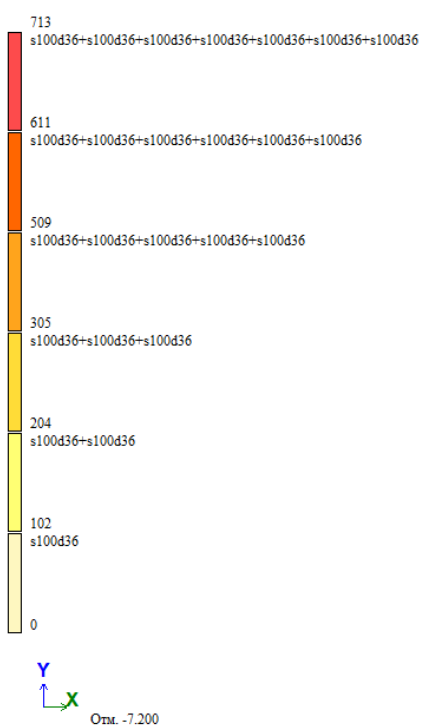


Рисунок. Требуемое нижнее армирование по Y. Вторая итерация.

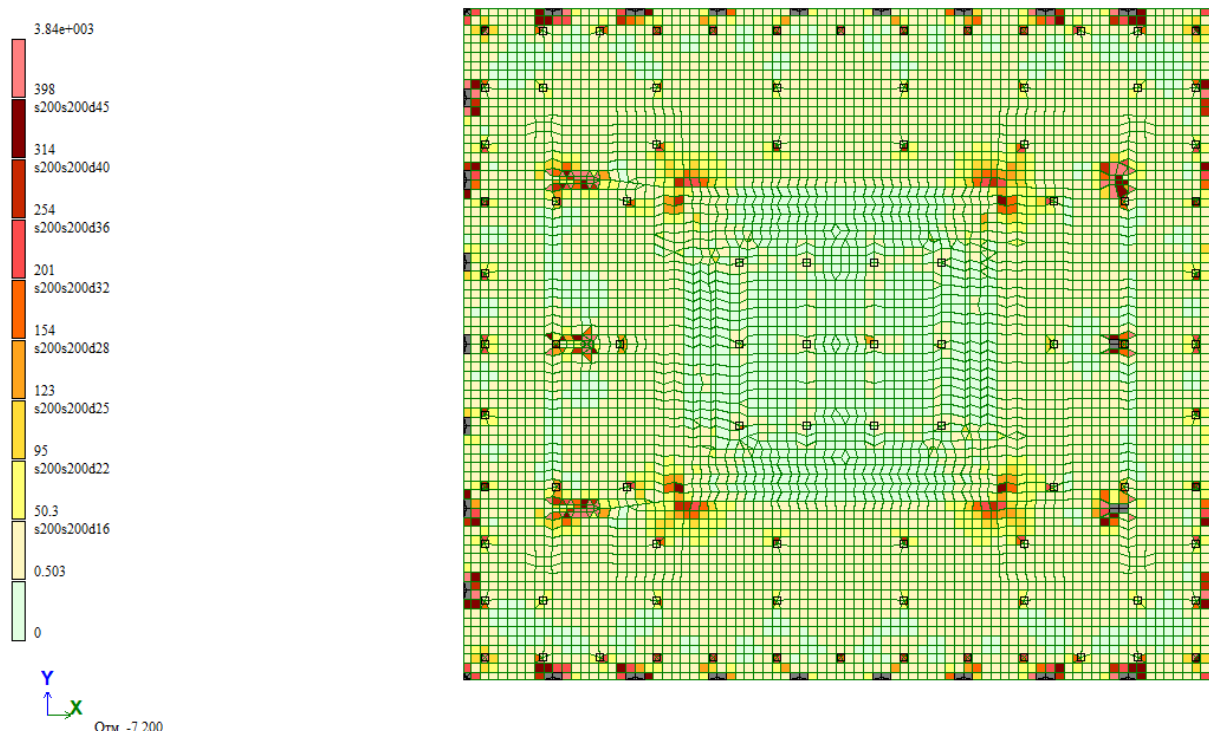


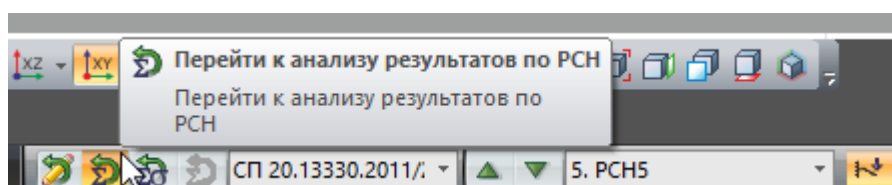
Рисунок. Требуемое поперечное армирование плит на 1м². Вторая итерация.

Примечание. Поперечное армирование в плитах следует смотреть только с точки зрения «опасных мест». Опасные места подлежат «ручным» проверкам на продавливание. Это зоны колонн, углов и торцов стен.

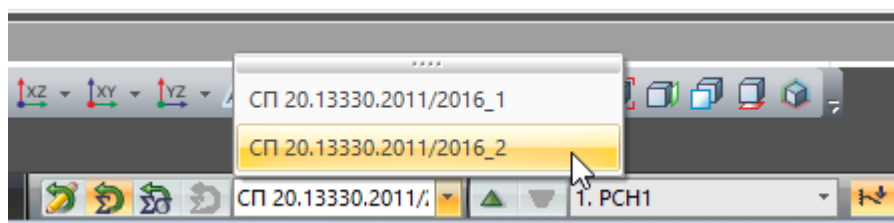
Шаг 4. Перерасчет жесткости основания и проверка свай

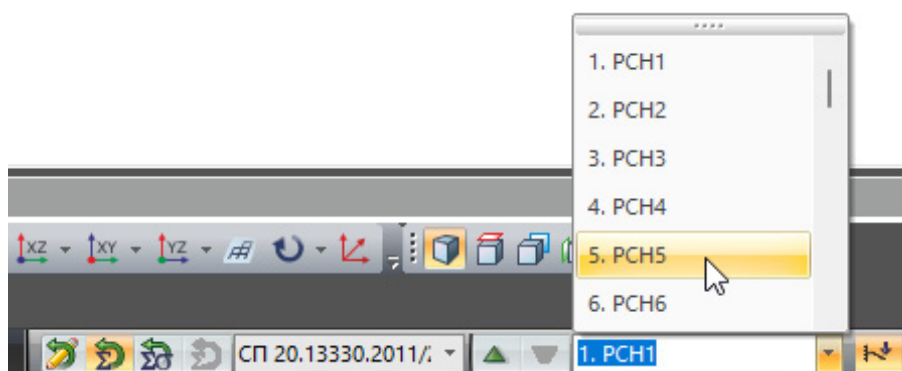
После того, как были подобраны/изменены сечения необходимо пересчитать жесткость основания.

В результатах расчета переходим к анализу результатов по РСН.

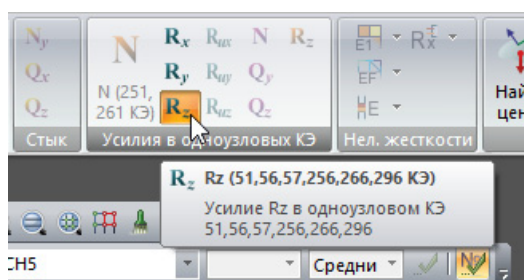


Переходим в результаты Таблицы РСН №2. Выбираем РСН №5



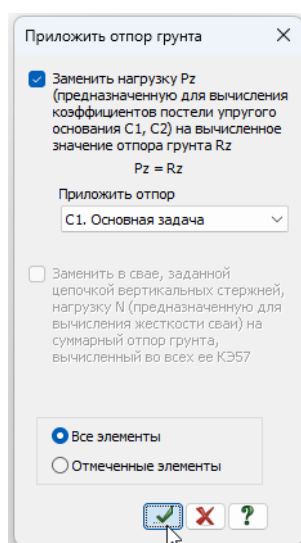
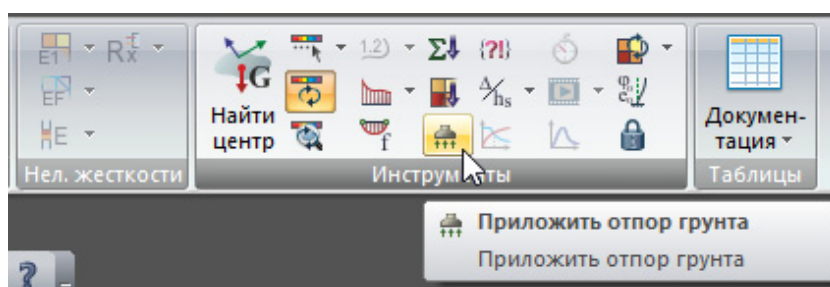


Переходим в реакции в сваях R_z .



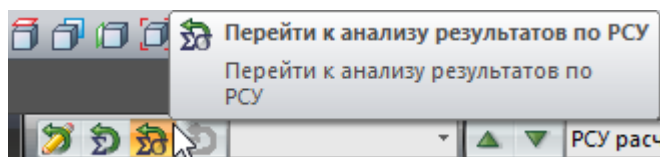
Для дальнейшей итерации необходимо заменить нагрузки на сваю на значение R_z по картинке выше.

Для этого нажимаем приложить отпор грунта, находясь в РСН 2.5.



Производим перерасчет.

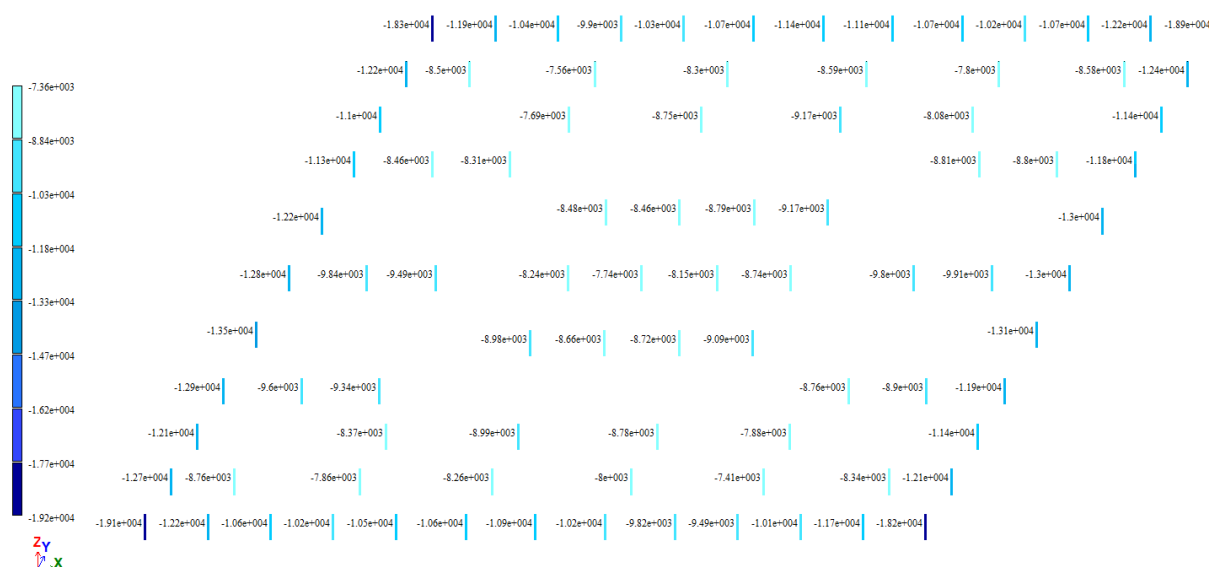
Для просмотра усилий с сваях нужно перейти в результаты по РСЧ.



Расчет усилия N при расчете свай по **грунту** принимается по РСЧ расчетным минимальным значениям. **РСЧ расч.MIN**. Минимальные значения потому, что программа выдает отрицательные значения усилий сжатия.

Минимальные расчетные значения N по РСЧ в сваях(кН).

Как можно видеть в угловых сваях имеется перегруз.



Параметр	Предельно допустимое значение	Результат расчета	Коэффициент использования
Усилие N при расчете свай по грунту	Определено расчетом в приложении Б части 5 справочника и составляет: $N = 17979\text{кН}$	$N = 19100\text{кН}$ без учета допустимого снижения нагрузок	1,06
Усилие N при расчете свай по грунту	Определено расчетом в приложении Б части 5 справочника и составляет: $N = 17979\text{кН}$	$N = 19100 - 883 - 981 = 17\,236\text{кН}$ с учетом допустимого снижения нагрузок по: <i>п. 7.1.10. СП 24.13330.2021</i> <i>п. 6.7.6.8. СП 20.13330.2016.</i> Расчет приведен ниже.	0,96

Вывод: несущая способность свай **по грунту** обеспечена **с учетом допустимого снижения нагрузок по:** *п. 7.1.10. СП 24.13330.2021* и *п. 6.7.6.8. СП 20.13330.2016.*

Снижение усилий в свае по ветровым нагрузкам

В соответствии с п. п.7.1.10. СП 24.13330.2021:

Если расчет свайных фундаментов производится с учетом ветровых и крановых нагрузок, то воспринимаемую крайними сваями расчетную нагрузку допускается повышать на 20%.

Вычислим допустимое превышение по ветровой нагрузке:

$$\Delta = 17979 \times 0,2 = 3596 \text{ кН}$$

Иными словами, для угловой сваи можно игнорировать нагрузку от ветра в пределах величины $\Delta = 3596 \text{ кН}$

Загружения		Нагрузка <i>N</i> на угловую сваю с учетом коэффициента надежности по нагрузке <i>γ_n</i>	Суммарная нагрузка	Вывод
Ветер X–	Статическая составляющая	386х1,1=425кН	769кН	Нагрузку 883кН можно полностью исключить из значений по РСЧ, что не превышает значения Δ = 3596кН
	Пульсационная составляющая	313х1,1=344кН		
Ветер Y–	Статическая составляющая	472х1,1=519кН	883кН	
	Пульсационная составляющая	331х1,1=364кН		

Снижение усилий в свае по полезным нагрузкам

Рассчитаем коэффициент снижения нагрузки по п. 6.7,6.8. СП 20.13330.2016.

$$\varphi_1 = 0,4 + \frac{0,6}{\sqrt{\frac{A}{A_1}}}$$

$A_1 = 9 \text{ м}^2$ (неизменная величина)

A – грузовая площадь, с которой передается нагрузка.

$$\varphi_3 = 0,4 + \frac{\varphi_1 - 0,4}{\sqrt{n}}$$

n – общее число перекрытий, нагрузки от которых учитываются при расчете рассматриваемого сечения колонны, стены, фундамента.

Загружения	A	n	φ_1	φ_3	Нагрузка N на угловую сваю с учетом коэффициента надежности по нагрузке γ_n	$N\gamma_n\varphi_3$	Нагрузка, которую можно полностью исключить из значений по РСЧ $N\gamma_n - N\gamma_n\varphi_3$
Полезная (основная площадь)	788,12	36	0,464	0,410	$1080 \times 1,1 = 1188 \text{ кН}$	$1188 \times 0,410 = 487 \text{ кН}$	$1188 - 487 = 701$
Полезная (коридоры)	194,6	38	0,529	0,420	$439 \times 1,1 = 483 \text{ кН}$	$482,9 \times 0,420 = 203 \text{ кН}$	$483 - 203 = 280 \text{ кН}$
							Сумма: 981 кН

2. Проверка устойчивости

2.1. Проверка устойчивости формы

Устойчивость форм в железобетонных зданиях в большинстве случаев носит формальный характер. Данная проверка в основном актуальна для тонких большепролетных оболочек и гибких колонн.

В соответствии с п. 6.2.11 СП 430 коэффициент запаса должен быть равным 2.

1) Расчет осуществляется по РСН. При этом нужно использовать только статический ветер с коэффициентом, учитывающим пульсацию. О том как определить коэффициент к пульсации см. п.11. Части 3 Справочника и раздел далее.

Для этого можно продолжить ранее таблицу РСН №1 скопировав уже заполненные ячейки и переписать значения для статического ветра. Для примера показан переход с коэффициентом 2 для расчета в запас устойчивости.

Расчетные сочетания нагрузок

Нормативы РСН: СП 20.13330.2011/2016_1

Имя таблицы РСН: СП 20.13330.2011/2016_1

Коэф. надежности по ответственности: 1.1

В расчетной схеме заданы: расчетные нагрузки, нормативные нагрузки

Не учитывать сейсмичность для всего РСН

Не учитывать особые нагрузки для всего РСН

N загл.	Наименование	Доля для перем.	1 РСН1	2 РСН2	3 РСН3	4 РСН4	5 РСН5	6 РСН6	7 РСН7	8 РСН8	9 РСН9	10 РСН10	11 РСН11	12 РСН12	13 РСН13	14 РСН14	15 РСН15	16 РСН16
1	Собственный вес железобетона	1.0	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.
2	Пол	1.0	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.
3	Кровля	1.0	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.
4	Перегородки	1.0	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.
5	Отделка	1.0	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.
6	Фасад	1.0	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.
7	Полезная (основная площадь)	0.35	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.
8	Полезная (коридоры)	0.35	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.
9	Полезная (кровля)	0.35	1.	1.	1.	1.	0.	0.	0.	0.	1.	1.	1.	1.	1.	0.	0.	0.
10	Полезная (кладовые)	1.0	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.
11	Оборудование	1.0	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.
12	Давление грунта (грунт)	1.0	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.
13	Давление грунта (техник.)	0.35	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.
14	Давление ветра (пожарная машина)	0.0	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
15	Давление воды	1.0	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.
16	Снег вариант 1	0.5	0.	0.	0.	0.	0.	1.	1.	1.	1.	0.	0.	0.	0.	1.	1.	1.
17	Снег вариант 2	0.5	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
18	Средняя составляющая ветра X+	0.0	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	2.	0.	0.	2.	0.	0.	0.
19	Средняя составляющая ветра X-	0.0	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	2.	0.	0.	2.	0.	0.
20	Средняя составляющая ветра Y+	0.0	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	2.	0.	0.	2.	0.
21	Средняя составляющая ветра Y-	0.0	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	2.	0.	0.	2.
+22	Пульсация Ветер X+	0.0	1.	0.	0.	0.	1.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
+23	Пульсация Ветер X-	0.0	0.	1.	0.	0.	0.	1.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
+24	Пульсация Ветер Y+	0.0	0.	0.	1.	0.	0.	0.	1.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
+25	Пульсация Ветер Y-	0.0	0.	0.	0.	1.	0.	0.	0.	1.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.

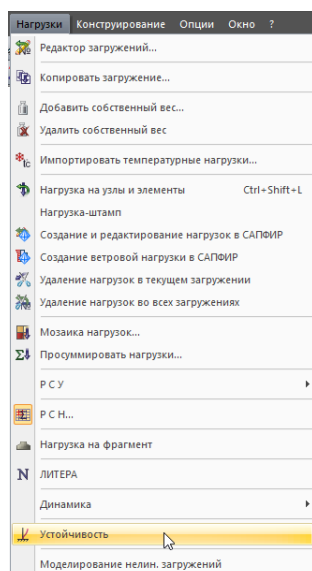
Основное сочетание: $R^d = \psi_{11} R_{11}^d + \sum_{i=2}^{n1} \psi_{1i} R_{1i}^d + \psi_{12} R_{12}^d + \sum_{j=3}^{n2} \psi_{1j} R_{1j}^d$

Особое сочетание:

Добавить

Коэффициенты

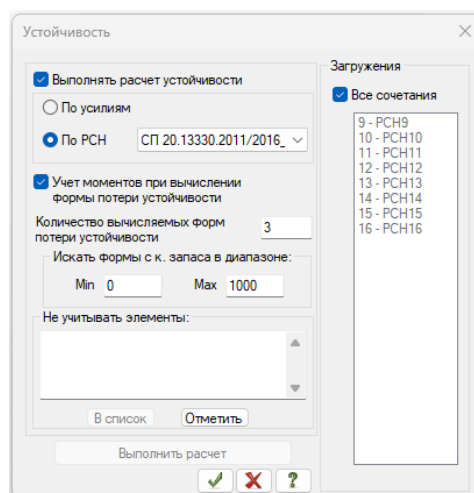
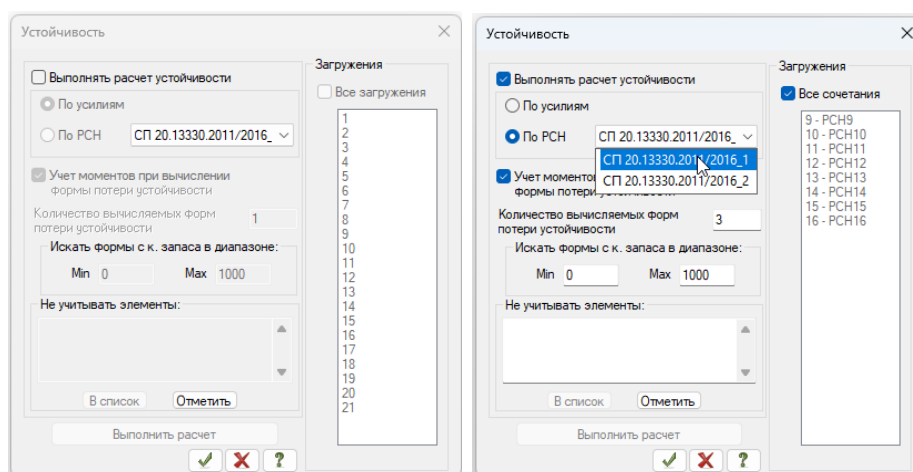
2) Для расчета переходим во вкладку «Нагрузки» – «Устойчивость».



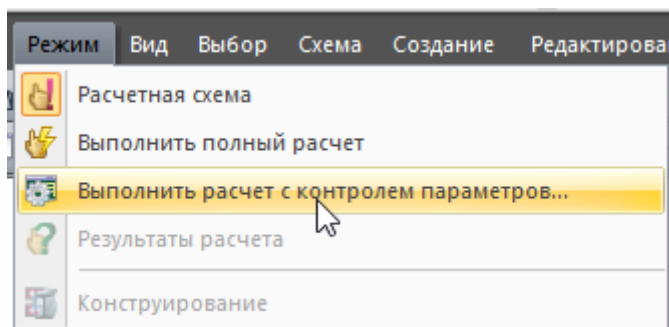
3) Выбираем таблицу РСН для расчета устойчивости. Можно увидеть, что не выбираются те РСН, в которых есть пульсация.

Нужно поставить галочку «Учитывать моменты...»

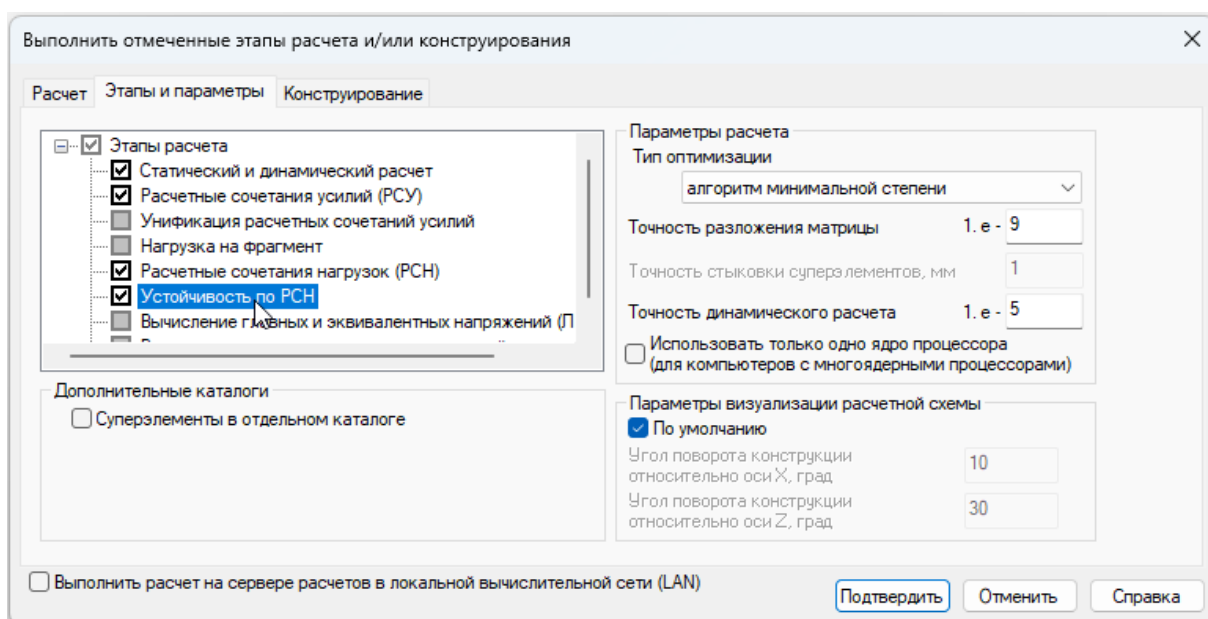
Количество вычисляемых форм. Достаточно одной –первой формы потери устойчивости, однако для анализа можно поставить 3 формы.



4) Запуск на расчет. Выбрать «Выполнить расчет с контролем параметров»

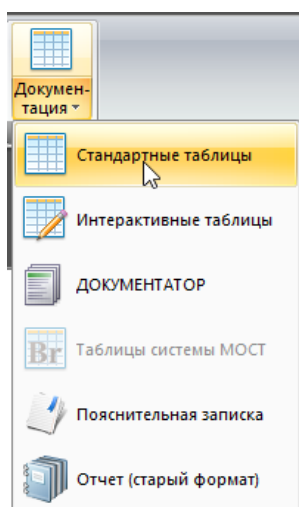


Во вкладке «Этапы и параметры» поставить галочку «Устойчивость по РСН». Нажать «Подтвердить».

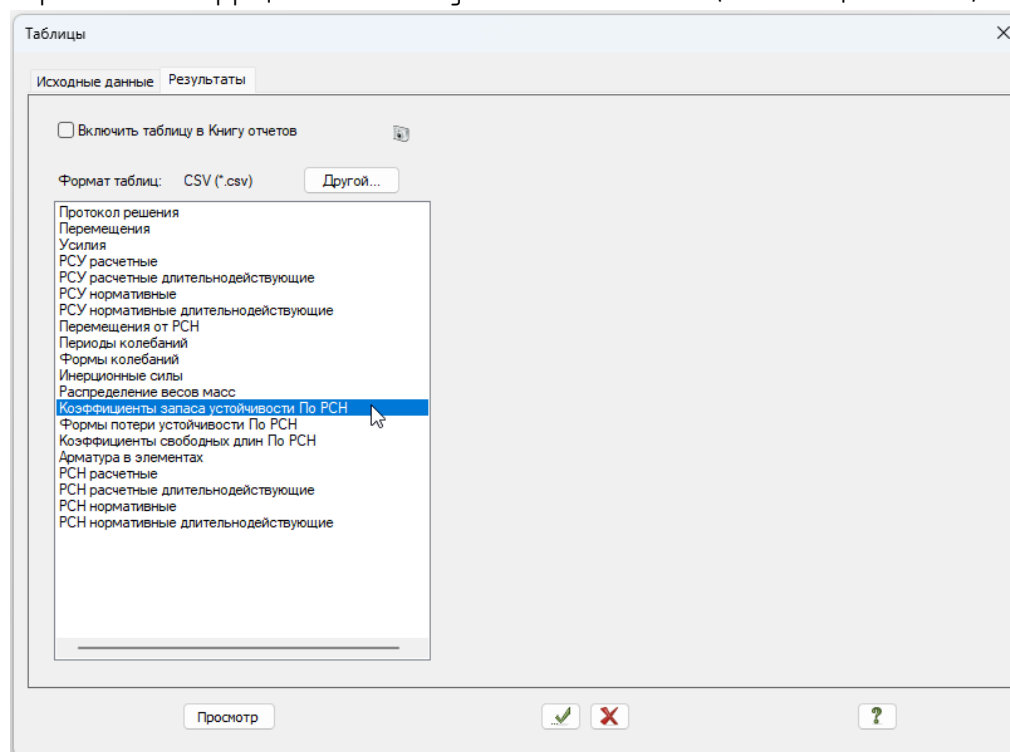


После выполнения расчета переходим в результаты расчета  **Результаты расчета**.

Во вкладке «Документация» выбираем «Стандартные таблицы».



Переходим в коэффициенты запаса устойчивости по РСН (двойной щелчок ЛКМ)



Произойдет вывод таблицы с коэффициентом запаса устойчивости.

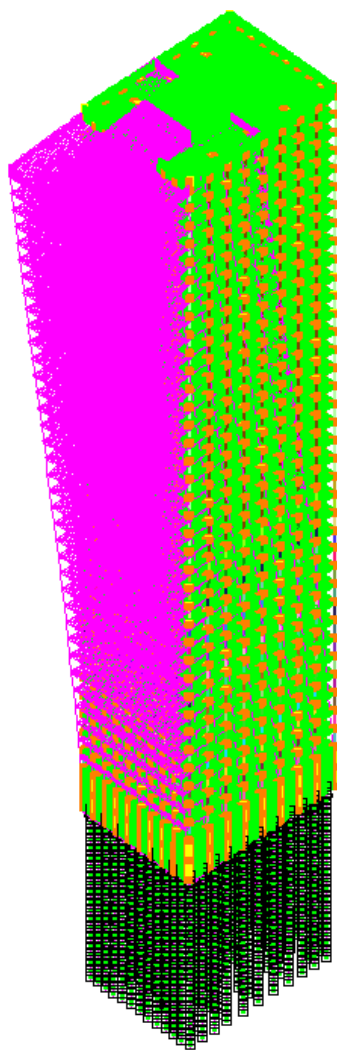
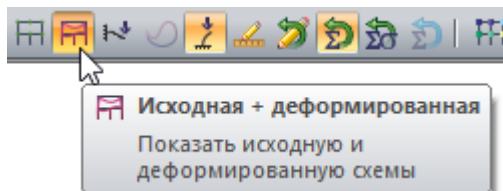
Загружения/сочетания	Коэффициент запаса устойчивости
9	6.1691
9	7.1556
9	7.4346
9	8.1611
9	8.2254
10	6.1686
10	7.1557
10	7.4317
10	8.1616
10	8.2244
11	6.1655
11	7.1475
11	7.4228
11	7.7488
11	8.1637
11	8.2447
12	6.1654
12	7.1475
12	7.4545
12	7.7879
12	8.1681
12	8.2122
13	6.1664
13	7.1527
13	7.4333
13	8.1596
13	8.2239
14	6.1659
14	7.1528
14	7.4304
14	8.1602
14	8.2230
15	6.1628
15	7.1443
15	7.4215
15	7.7467
15	8.1622
15	8.2432
16	6.1627
16	7.1446
16	7.4531
16	7.7857
16	8.1666
16	8.2107

Для просмотра форм потери устойчивости нужно перейти в «Результаты по РСН» .

Выбираем РСН по которому был произведен расчет и номер формы потери устойчивости.



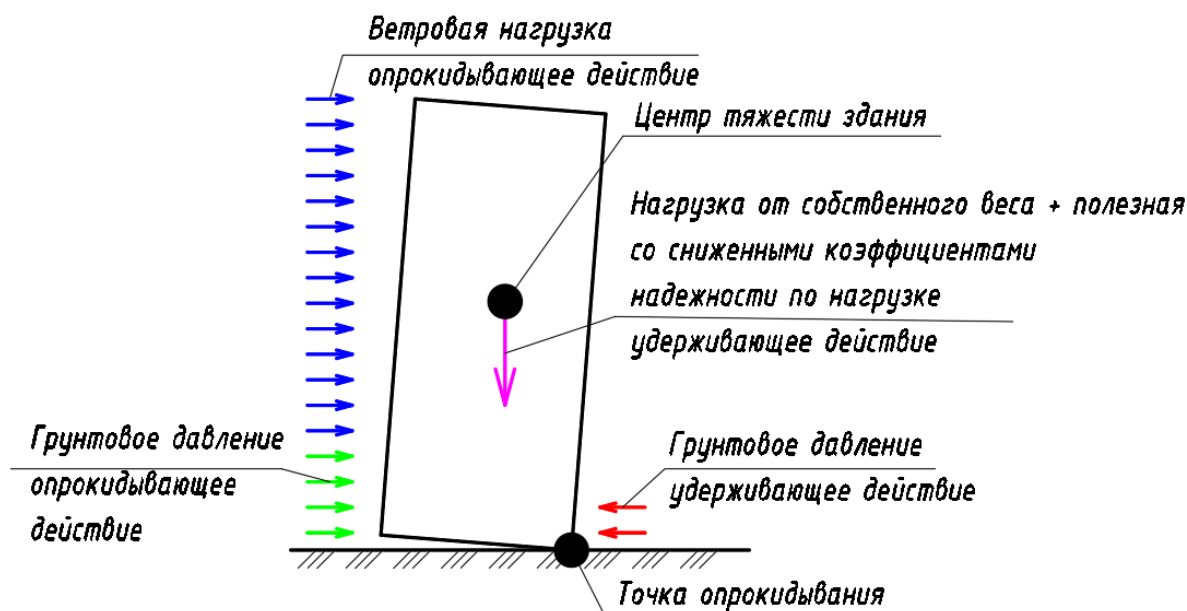
Для показа необходимо включить показ деформаций.



Параметр	Предельно допустимое значение	Результат расчета	Коэффициент использования
Устойчивость формы	2 (п. 6.2.11 СП 430)	6,16	$2/6,16=0,32$

2.2. Проверка устойчивости на опрокидывание

В соответствии с п. 6.2.11 СП 430 при расчете устойчивости положения (опрокидывание и сдвиг) конструктивные системы следует рассматривать как жесткое недеформированное тело. Расчет конструктивной системы на опрокидывание выполняют на действие опрокидывающего (от горизонтальной нагрузки) и удерживающего (от вертикальной нагрузки) моментов. Значения моментов определяют относительно крайней точки фундамента. При расчете на опрокидывание удерживающий момент должен превышать опрокидывающий момент с коэффициентом 1,5.



Показателем возможности опрокидывания является отрыв фундамента от основания в краевых зонах.

Проверить отрыв можно по расчетным максимальным РСЧ.

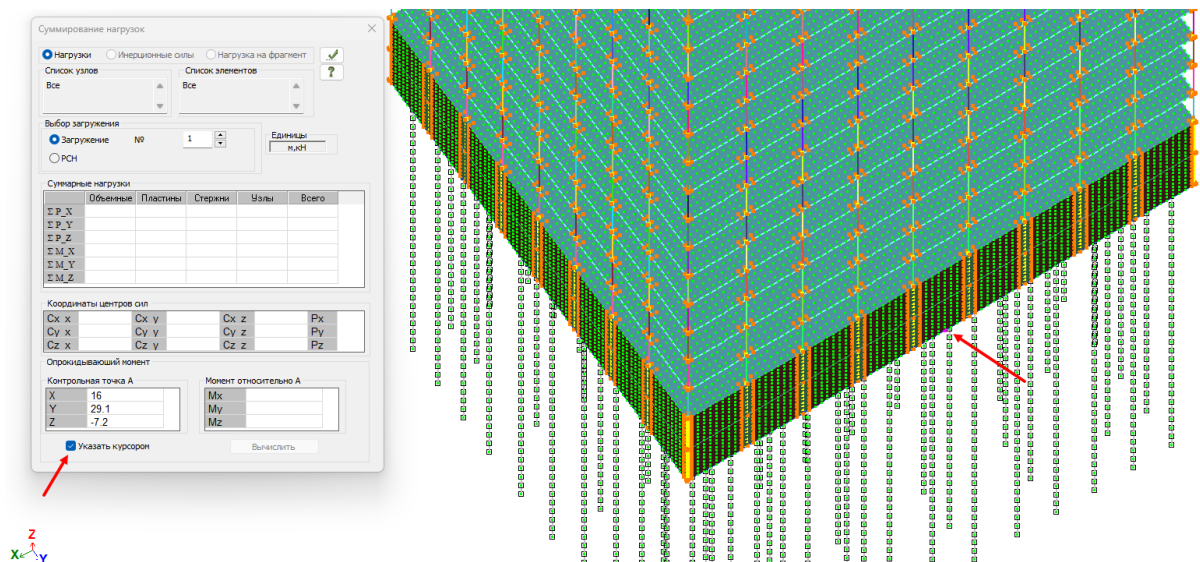
Для свай отрыв возникает при наличии растягивающих усилий N (со знаком +).

Для фундаментной плиты отрыв возникает при наличии растягивающих усилий R_z (со знаком +).

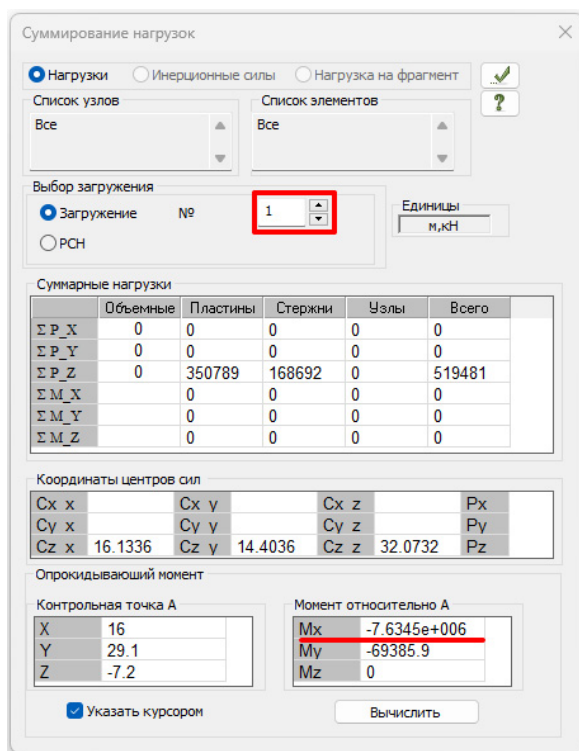
Сам по себе отрыв не запрещен, но не желателен. Если отрыв от основания возникает даже без воздействия ветра, то рекомендуется расширять площадь фундамента/добавлять сваи/утяжелять отдельные части.

Расчет производится через кнопку «просуммировать нагрузки» .

Выбираем контрольную точку на здании. При этом логично рассматривать опрокидывание по наиболее длинной стороне.



Выбираем загрузку и заносим в таблицу момент относительно глобальной оси X.



ЧАСТЬ 6. РАСЧЕТЫ И ПРОВЕРКИ КОНСТРУКЦИЙ НА
НАЧАЛЬНОМ ЭТАПЕ

№ п/п	Загружение	Коэффициент перевода	Доля длительности	Момент удерживающий $M_{удерж}$	Момент опрокидывающий $M_{опрок}$
1	Собственный вес конструкций железобетонных	$0,9 \times 1/1,1 = 0,818$	1	$7\ 634\ 500 \times 0,818 = 6\ 245\ 021$	–
2	Пол	$0,9 \times 1/1,3 = 0,692$	1	$1\ 451\ 670 \times 0,692 = 1\ 004\ 556$	–
3	Кровля	$0,9 \times 1/1,28 = 0,703$	1	$76\ 192 \times 0,703 = 53\ 563$	–
4	Перегородки	$0,9 \times 1/1,25 = 0,72$	1	$2\ 411\ 420 \times 0,72 = 1\ 736\ 222$	–
5	Отделка (штукатурка) железобетона	$0,9 \times 1/1,3 = 0,692$	1	$821\ 747 \times 0,692 = 568\ 649$	–
6	Фасад	$0,9 \times 1/1,2 = 0,75$	1	$79\ 378 \times 0,75 = 59\ 534$	–
7	Полезная (основная площадь)	$0,9 \times 1/1,3 = 0,692$	0,35	$772\ 191 \times 0,692 \times 0,35 = 187\ 024$	–
8	Полезная (коридоры)	$0,9 \times 1/1,2 = 0,75$	0,35	$397\ 632 \times 0,75 \times 0,35 = 104\ 378$	–
10	Полезная (кладовые)	$0,9 \times 1/1,2 = 0,75$	1	$56\ 281 \times 0,75 = 42\ 211$	–
11	Помещения с оборудованием	$0,9 \times 1/1,2 = 0,75$	1	$126\ 464 \times 0,75 = 94\ 848$	–
12	Давление грунта от веса грунта	$0,9 \times 1/1,15 = 0,783$	1	0	0
13	Давление грунта от проездов обычной техники	$0,9 \times 1/1,2 = 0,75$	0,35	0	0
14	Давление грунта от пожарной машины	$0,9 \times 1/1,2 = 0,75$	0	0	0
15	Давление воды	$0,9 \times 1/1 = 1$	1	0	0
16	Снег вариант 1	$0,9 \times 1/1,4 = 0,643$	0,5	0 (нагрузку на покрытие рекомендовано не учитывать в запас)	0
20	Средняя составляющая ветра $Y+$	$K_w = 2$ коэффициент, учитывающий пульсацию принят в запас равным 2	0	–	$165\ 975 \times 2 = 331\ 950$ (доля длительности не учитывается)
				Сумма $M_{удерж} = 10\ 096\ 006 \text{ кНм}$	Сумма $M_{опрок} = 331\ 950 \text{ кНм}$

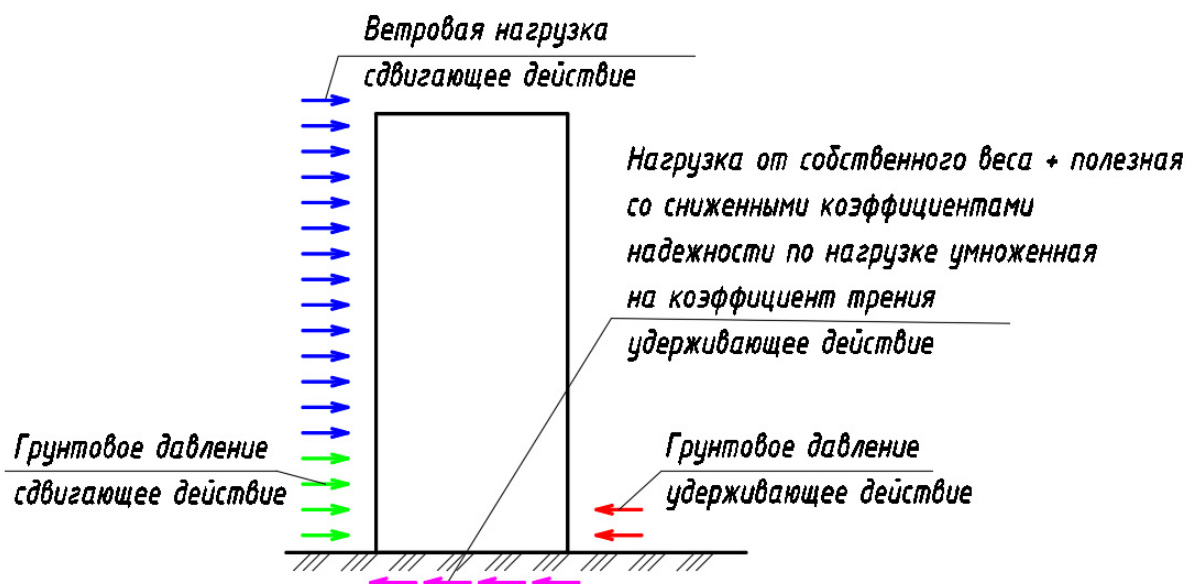
Параметр	Предельно допустимое значение	Результат расчета	Коэффициент использования
Устойчивость на опрокидывание	1,5 (п. 6.2.11 СП 430)	$\frac{M_{удерж}}{M_{опрок}} = 30,4$	1,5/30,4=0,05



2.3. Проверка устойчивости на сдвиг

В соответствии с п. 6.2.11 СП 430 при расчете на сдвиг удерживающая горизонтальная сила должна превышать действующую сдвигающую силу с коэффициентом 1,2.

Расчет на сдвиг в точном варианте должен учитывать выступы фундаментной плиты (прямки) как дополнительные зацепы и упор в грунт стен подвала и фундаментной плиты со стороны противоположной сдвигающей силе. Однако точная методика довольно трудозатратна в расчете, поэтому используется упрощенный метод.



Расчет производится через кнопку «просуммировать нагрузки»

Выбираем загрузку и заносим в таблицу суммарную нагрузку.

Суммирование нагрузок

☒ Нагрузки ☐ Инерционные силы ☐ Нагрузка на фрагмент

Список узлов: Все

Список элементов: Все

Выбор загрузки: ☒ Загрузка № **1** ☐ РСН

Единицы: кН

Суммарные нагрузки					
	Объемные	Пластины	Стержни	Узлы	Всего
ΣP_X	0	0	0	0	0
ΣP_Y	0	0	0	0	0
ΣP_Z	0	350789	168692	0	519481
ΣM_X	0	0	0	0	0
ΣM_Y	0	0	0	0	0
ΣM_Z	0	0	0	0	0

Координаты центров сил					
Cx x	Cx y	Cx z	Px	Cy x	Cy y
Cy x	16.1336	Cz y	14.4036	Cz z	32.0732
Cz x					

Опрокидывающий момент

Контрольная точка A

X	0	Mx	7.48239e+006
Y	0	My	-8.38108e+006
Z	0	Mz	0

☐ Указать курсором

Вычислить

ЧАСТЬ 6. РАСЧЕТЫ И ПРОВЕРКИ КОНСТРУКЦИЙ НА
НАЧАЛЬНОМ ЭТАПЕ

№ п/п	Загружение	Коэффициент перевода	Доля длительности	Коэффициент трения $\mu_{тр}$	Удерживающая сила $Q_{удерж}$	Сдвигающая сила $Q_{сдвиг}$
1	Собственный вес конструкций железобетонных	$0,9 \times 1/1,1 = 0,818$	1	0,5 (бетон по песку во влажном состоянии)	$519\,481 \times 0,818 \times 0,5 =$ 212 468	–
2	Пол	$0,9 \times 1/1,3 = 0,692$	1		$98\,717 \times 0,692 \times 0,5 =$ 34 156	–
3	Кровля	$0,9 \times 1/1,28 = 0,703$	1		$5\,183 \times 0,703 \times 0,5 =$ 1 822	–
4	Перегородки	$0,9 \times 1/1,25 = 0,72$	1		$164\,143 \times 0,71 \times 0,5 =$ 58 271	–
5	Отделка (штукатурка) железобетона	$0,9 \times 1/1,3 = 0,692$	1		$55\,818 \times 0,692 \times 0,5 =$ 19 313	–
6	Фасад	$0,9 \times 1/1,2 = 0,75$	1		$5\,399 \times 0,75 \times 0,5 =$ 2025	–
7	Полезная (основная площадь)	$0,9 \times 1/1,3 = 0,692$	0,35		$52\,575 \times 0,692 \times 0,5 \times 0,35 =$ 6 367	–
8	Полезная (коридоры)	$0,9 \times 1/1,2 = 0,75$	0,35		$27\,054 \times 0,75 \times 0,5 \times 0,35 =$ 3 550	–
10	Полезная (кладовые)	$0,9 \times 1/1,2 = 0,75$	1		$3829 \times 0,75 \times 0,5 =$ 1436	–
11	Помещения с оборудованием	$0,9 \times 1/1,2 = 0,75$	1		$8\,603 \times 0,75 \times 0,5 =$ 3226	–
12	Давление грунта от веса грунта	$0,9 \times 1/1,15 = 0,783$	1		0	0
13	Давление грунта от проездов обычной техники	$0,9 \times 1/1,2 = 0,75$	0,35		0	0
14	Давление грунта от пожарной машины	$0,9 \times 1/1,2 = 0,75$	0		0	0
15	Давление воды	$0,9 \times 1/1 = 1$	1		0	0
16	Снег вариант 1	$0,9 \times 1/1,4 = 0,643$	0,5		0 (нагрузку на покрытие рекомендовано не учитывать в запас)	0
20	Средняя составляющая ветра Y_+	$K_w = 2$ коэффициент, учитывающий пульсацию принят в запас равным 2	0		–	2240х2
					Сумма $Q_{удерж} =$ 342 634 кН	Сумма $Q_{сдвиг} =$ 4480 кН

Справочная таблица 1.1. Коэффициенты трения Таблица 6.18 СП 15.13330.2020

Материал	Коэффициент трения $\mu_{тр}$ при состоянии поверхности	
	сухом	влажном
1 Кладка по кладке или бетону	0,7	0,6
2 Дерево по кладке или бетону	0,6	0,5
3 Сталь по кладке или бетону	0,45	0,35
4 Кладка и бетон по песку или гравию	0,6	0,5
5 Кладка и бетон по суглинку	0,55	0,4
6 Кладка и бетон по глине	0,5	0,3

Справочная таблица 1.2. Коэффициенты трения. Таблица 5.8 СП 88.13330.2022

Материал гидроизоляционного покрытия	Коэффициент трения $\mu_{тр}$ при влажности W , %			
	Среднезернистый песок		Крупнозернистый песок	
		Глинистые и суглинистые грунты		
	$W = 0$	$W \leq 0,5$	$W = 0$	$W \leq 0,5$
Поливинилхлоридный пластикат	0,5	0,4	0,55	0,43
Листовой полиэтилен	0,42	0,36	0,45	0,38
Изол и бризол	0,52	0,4	0,6	0,45

Коэффициент трения бетона на поверхности мембраны по бетону (бетонной подготовки) по данным производителя равен 0,55...0,6.

Параметр	Предельно допустимое значение	Результат расчета	Коэффициент использования
Устойчивость на опрокидывание	1,2 (п. 6.2.11 СП 430)	$\frac{Q_{удерж}}{Q_{сдвиг}} = 76,5$	1,2/76,5=0,016

3. Проверка прогибов плит перекрытий

В соответствии с п. 6.2.9., 6.2.10. СП 430 необходимо изменить модуль упругости плит перекрытий на $E = 0,2E_b$ (для случая, когда в плите перекрытия имеют трещины). Ранее для расчетов усилий (армирования) модуль упругости для плит был $E = 0,3E_b$. Для вертикальных элементов модуль упругости остается без изменений $E = 0,6E_b$.

Для расчета прогибов используют нормативные длительные нагрузки. В примере для данных целей созданы РСН 2.5. и РСН 2.6.

Справочная таблица 2. Предельно допустимые прогибы плит перекрытий согласно таблице Д.1. СП 20.

Эстетико-психологические требования для балок фермы, ригели, прогоны, плиты, настилы (включая поперечные ребра плит и настилов).					
Случай для высоты помещений до 6м.					
Пролет l, м	Предельные значения	Предельно-допустимый прогиб, мм	Вылет консоли l, м	Предельные значения	Предельно-допустимый прогиб, мм
Без консолей			Консоль		
≤1	l/120	8,3	≤1	l/60	16,6
1,20	126,7	9,5	1,2	63,4	18,9
1,40	131,6	10,6	1,4	65,8	21,3
1,60	135,5	11,8	1,6	67,7	23,6
1,80	138,7	13,0	1,8	69,3	26,0
2,00	141,3	14,2	2,0	70,7	28,3
2,20	143,6	15,3	2,2	71,8	30,6
2,40	145,5	16,5	2,4	72,8	33,0
2,60	147,2	17,7	2,6	73,6	35,3
2,80	148,7	18,8	2,8	74,3	37,7
3,00	l/150	20,0	3,0	l/75	40,0
3,20	154,8	20,7	3,2	77,4	41,3
3,40	159,4	21,3	3,4	79,7	42,7
3,60	163,6	22,0	3,6	81,8	44,0
3,80	167,6	22,7	3,8	83,8	45,3
4,00	171,4	23,3	4,0	85,7	46,7
4,20	175,0	24,0	4,2	87,5	48,0
4,40	178,4	24,7	4,4	89,2	49,3
4,60	181,6	25,3	4,6	90,8	50,7
4,80	184,6	26,0	4,8	92,3	52,0
5,00	187,5	26,7	5,0	93,8	53,3
5,20	190,2	27,3	5,2	95,1	54,7
5,40	192,9	28,0	5,4	96,4	56,0
5,60	195,3	28,7	5,6	97,7	57,3
5,80	197,7	29,3	5,8	98,9	58,7
6,00	l/200	30,0	6,0	l/100	60,0
6,20	202,6	30,6	6,2	101,3	61,2
6,40	205,1	31,2	6,4	102,6	62,4
6,60	207,5	31,8	6,6	103,8	63,6
6,80	209,9	32,4	6,8	104,9	64,8
7,00	212,1	33,0	7,0	106,1	66,0
7,20	214,3	33,6	7,2	107,1	67,2
7,40	216,4	34,2	7,4	108,2	68,4
7,60	218,4	34,8	7,6	109,2	69,6
7,80	220,3	35,4	7,8	110,2	70,8
8,00	222,2	36,0	8,0	111,1	72,0
8,20	224,0	36,6	8,2	112,0	73,2
8,40	225,8	37,2	8,4	112,9	74,4
8,60	227,5	37,8	8,6	113,8	75,6

ЧАСТЬ 6. РАСЧЕТЫ И ПРОВЕРКИ КОНСТРУКЦИЙ НА
НАЧАЛЬНОМ ЭТАПЕ

8,80	229,2	38,4	8,8	114,6	76,8
9,00	230,8	39,0	9,0	115,4	78,0
9,20	232,3	39,6	9,2	116,2	79,2
9,40	233,8	40,2	9,4	116,9	80,4
9,60	235,3	40,8	9,6	117,6	81,6
9,80	236,7	41,4	9,8	118,4	82,8
10,00	238,1	42,0	10,0	119,0	84,0
10,20	239,4	42,6	10,2	119,7	85,2
10,40	240,7	43,2	10,4	120,4	86,4
10,60	242,0	43,8	10,6	121,0	87,6
10,80	243,2	44,4	10,8	121,6	88,8
11,00	244,4	45,0	11,0	122,2	90,0
11,20	245,6	45,6	11,2	122,8	91,2
11,40	246,8	46,2	11,4	123,4	92,4
11,60	247,9	46,8	11,6	123,9	93,6
11,80	248,9	47,4	11,8	124,5	94,8
12,00	l/250	48,0	12,0	l/125	96,0
12,50	253,4	49,3	12,5	126,7	98,7
13,00	256,6	50,7	13,0	128,3	101,3
13,50	259,6	52,0	13,5	129,8	104,0
14,00	262,5	53,3	14,0	131,3	106,7
14,50	265,2	54,7	14,5	132,6	109,3
15,00	267,9	56,0	15,0	133,9	112,0
15,50	270,3	57,3	15,5	135,2	114,7
16,00	272,7	58,7	16,0	136,4	117,3
16,50	275,0	60,0	16,5	137,5	120,0
17,00	277,2	61,3	17,0	138,6	122,7
17,50	279,3	62,7	17,5	139,6	125,3
18,00	281,3	64,0	18,0	140,6	128,0
18,50	283,2	65,3	18,5	141,6	130,7
19,00	285,0	66,7	19,0	142,5	133,3
19,50	286,8	68,0	19,5	143,4	136,0
20,00	288,5	69,3	20,0	144,2	138,7
20,50	290,1	70,7	20,5	145,0	141,3
21,00	291,7	72,0	21,0	145,8	144,0
21,50	293,2	73,3	21,5	146,6	146,7
22,00	294,6	74,7	22,0	147,3	149,3
22,50	296,1	76,0	22,5	148,0	152,0
23,00	297,4	77,3	23,0	148,7	154,7
23,50	298,7	78,7	23,5	149,4	157,3
≥24	l/300	80,0	≥24	l/150	160,0

Эстетико-психологические требования для балок фермы, ригели, прогоны, плиты, настилы
(включая поперечные ребра плит и настилов).

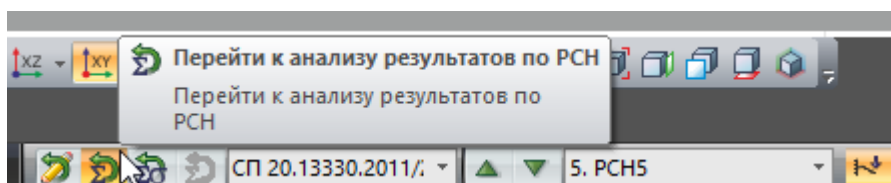
Случай для высоты помещений **более 6м.**

Пролет l, м	Предельные значения	Предельно-допустимый прогиб, мм	Вылет консоли l, м	Предельные значения	Предельно-допустимый прогиб, мм
Без консолей			Консоль		
≤1	l/120	8,3	≤1	l/60	16,6
1,2	126,7	9,5	1,2	63,4	18,9
1,4	131,6	10,6	1,4	65,8	21,3
1,6	135,5	11,8	1,6	67,7	23,6
1,8	138,7	13,0	1,8	69,3	26,0
2,0	141,3	14,2	2,0	70,7	28,3
2,2	143,6	15,3	2,2	71,8	30,6
2,4	145,5	16,5	2,4	72,8	33,0
2,6	147,2	17,7	2,6	73,6	35,3
2,8	148,7	18,8	2,8	74,3	37,7
3,0	l/150	20,0	3,0	l/75	40,0
3,2	154,8	20,7	3,2	77,4	41,3
3,4	159,4	21,3	3,4	79,7	42,7
3,6	163,6	22,0	3,6	81,8	44,0
3,8	167,6	22,7	3,8	83,8	45,3
4,0	171,4	23,3	4,0	85,7	46,7
4,2	175,0	24,0	4,2	87,5	48,0
4,4	178,4	24,7	4,4	89,2	49,3
4,6	181,6	25,3	4,6	90,8	50,7
4,8	184,6	26,0	4,8	92,3	52,0
5,0	187,5	26,7	5,0	93,8	53,3
5,2	190,2	27,3	5,2	95,1	54,7
5,4	192,9	28,0	5,4	96,4	56,0
5,6	195,3	28,7	5,6	97,7	57,3
5,8	197,7	29,3	5,8	98,9	58,7
6,0	l/200	30,0	6,0	l/100	60,0
6,5	204,2	31,8	6,5	102,1	63,7
7,0	207,9	33,7	7,0	104,0	67,3
7,5	211,3	35,5	7,5	105,6	71,0
8,0	214,3	37,3	8,0	107,1	74,7
8,5	217,0	39,2	8,5	108,5	78,3
9,0	219,5	41,0	9,0	109,8	82,0
9,5	221,8	42,8	9,5	110,9	85,7
10,0	223,9	44,7	10,0	111,9	89,3
10,5	225,8	46,5	10,5	112,9	93,0
11,0	227,6	48,3	11,0	113,8	96,7
11,5	229,2	50,2	11,5	114,6	100,3
12,0	230,8	52,0	12,0	115,4	104,0
12,5	232,2	53,8	12,5	116,1	107,7
13,0	233,5	55,7	13,0	116,8	111,3
13,5	234,8	57,5	13,5	117,4	115,0
14,0	236,0	59,3	14,0	118,0	118,7
14,5	237,1	61,2	14,5	118,5	122,3
15,0	238,1	63,0	15,0	119,0	126,0
15,5	239,1	64,8	15,5	119,5	129,7
16,0	240,0	66,7	16,0	120,0	133,3
16,5	240,9	68,5	16,5	120,4	137,0
17,0	241,7	70,3	17,0	120,9	140,7
17,5	242,5	72,2	17,5	121,2	144,3
18,0	243,2	74,0	18,0	121,6	148,0
18,5	244,0	75,8	18,5	122,0	151,7
19,0	244,6	77,7	19,0	122,3	155,3
19,5	245,3	79,5	19,5	122,6	159,0
20,0	245,9	81,3	20,0	123,0	162,7
20,5	246,5	83,2	20,5	123,2	166,3
21,0	247,1	85,0	21,0	123,5	170,0
21,5	247,6	86,8	21,5	123,8	173,7

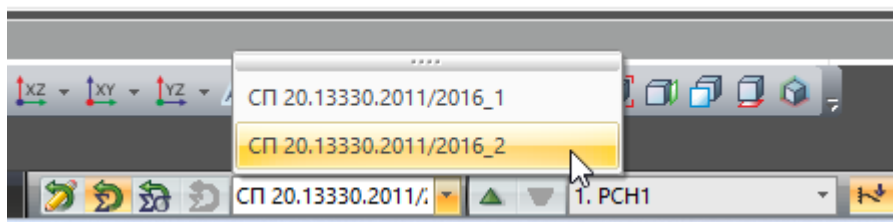
22,0	248,1	88,7	22,0	124,1	177,3
22,5	248,6	90,5	22,5	124,3	181,0
23,0	249,1	92,3	23,0	124,5	184,7
23,5	249,6	94,2	23,5	124,8	188,3
24,0	1/250	96,0	24,0	1/125	192,0
24,5	252,6	97,0	24,5	126,3	194,0
25,0	255,1	98,0	25,0	127,6	196,0
25,5	257,6	99,0	25,5	128,8	198,0
26,0	260,0	100,0	26,0	130,0	200,0
26,5	262,4	101,0	26,5	131,2	202,0
27,0	264,7	102,0	27,0	132,4	204,0
27,5	267,0	103,0	27,5	133,5	206,0
28,0	269,2	104,0	28,0	134,6	208,0
28,5	271,4	105,0	28,5	135,7	210,0
29,0	273,6	106,0	29,0	136,8	212,0
29,5	275,7	107,0	29,5	137,9	214,0
30,0	277,8	108,0	30,0	138,9	216,0
30,5	279,8	109,0	30,5	139,9	218,0
31,0	281,8	110,0	31,0	140,9	220,0
31,5	283,8	111,0	31,5	141,9	222,0
32,0	285,7	112,0	32,0	142,9	224,0
32,5	287,6	113,0	32,5	143,8	226,0
33,0	289,5	114,0	33,0	144,7	228,0
33,5	291,3	115,0	33,5	145,7	230,0
34,0	293,1	116,0	34,0	146,6	232,0
34,5	294,9	117,0	34,5	147,4	234,0
35,0	296,6	118,0	35,0	148,3	236,0
35,5	298,3	119,0	35,5	149,2	238,0
≥36	1/300	120,0	≥36	1/150	240,0

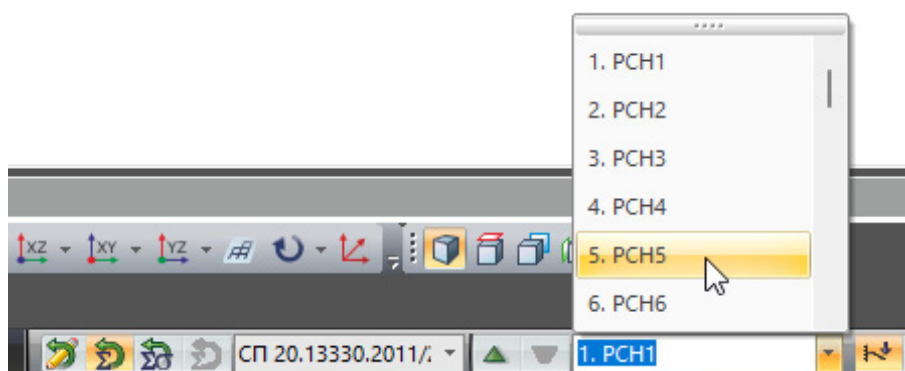
От автора: если значения прогибов по расчету находятся около предельного значения, то очень внимательно нужно отнестись к вопросу возведения (перестановки опалубки). Практически на каждом втором объекте встречаются прогибы и трещины на таких перекрытиях из-за ошибок выполнения строительно-монтажных работ.

В результатах расчета переходим к анализу результатов по РСН.

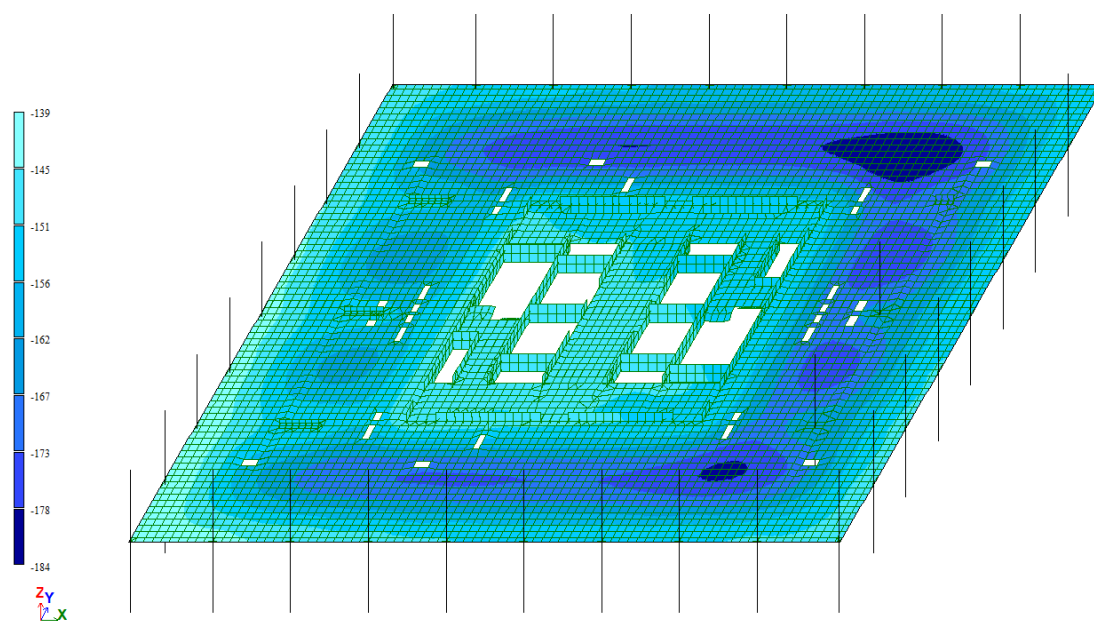
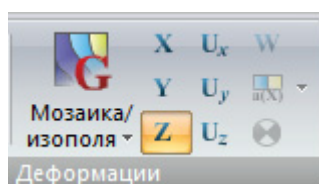


Переходим в результаты Таблицы РСН №2. Выбираем РСН №5

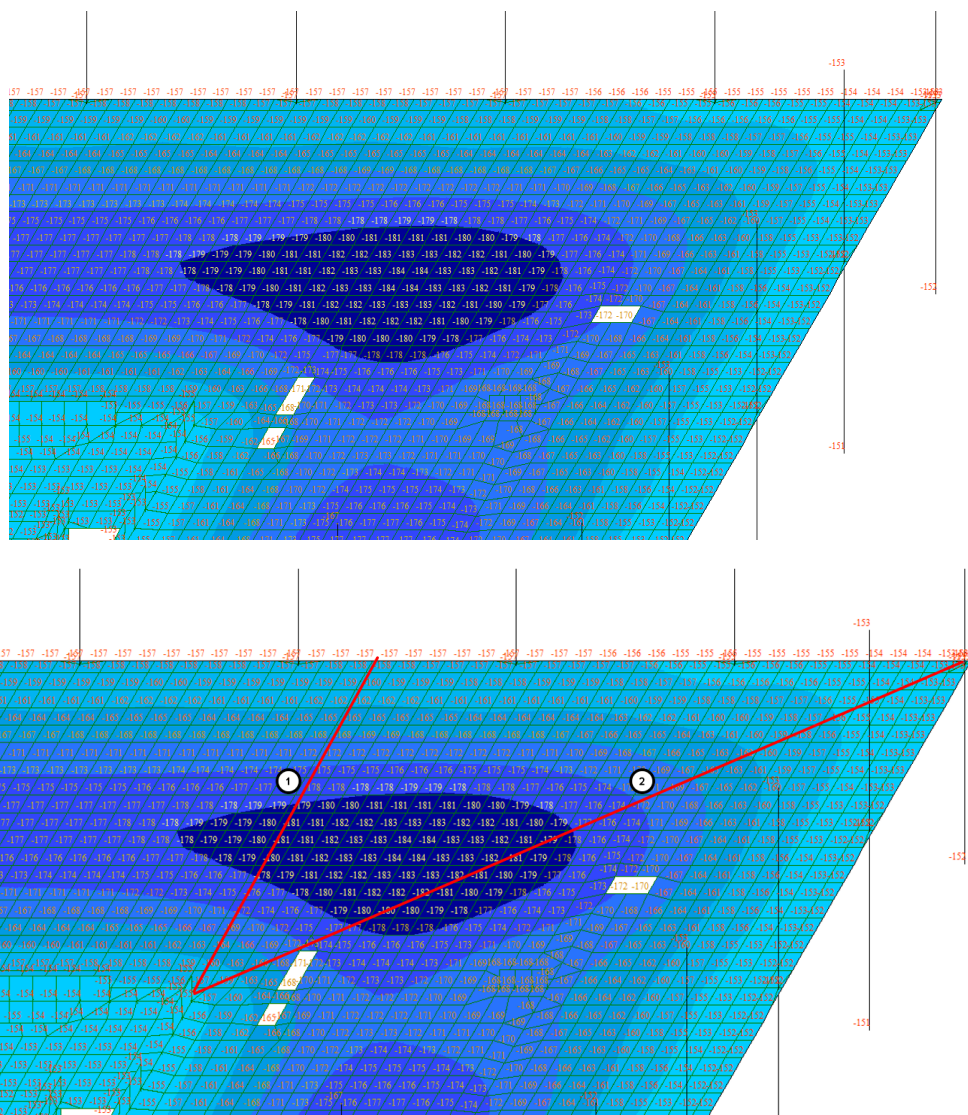




Переходим в перемещения по Z.



Прогибы плиты перекрытия в глобальной системе координат (перемещения по Z). РСН 2.5



Прогиб вычисляется как разница между перемещением в средней части и полусуммой перемещения опор.

$$\text{На участке 1: } 181 - \frac{(155+157)}{2} = 24,5\text{мм}$$

$$\text{На участке 2: } 182 - \frac{(155+154)}{2} = 27,5\text{мм}$$

Параметр	Направление	Длина пролета l	Предельно допустимое значение	Результат расчета	Коэффициент использования
Прогиб типовой плиты перекрытия	1	7,7м	$\frac{l}{219} = 35,1\text{мм}$ (Таблица Д.1. СП 20.)	24,5 мм	24,5/35,1=0,7
Прогиб типовой плиты перекрытия	2	12,25	$\frac{l}{252} = 48,6\text{мм}$ (Таблица Д.1. СП 20.)	27,5 мм	27,5/48,6=0,57

4. Проверка горизонтальных перемещений верха здания

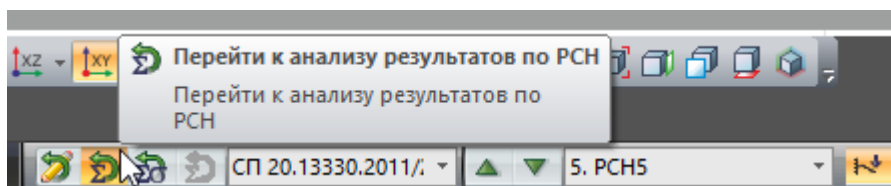
Справочная таблица 3. Предельные перемещения верха здания.

Здания высотой до 100м	Здания высотой более 100м
$h/1000$	$h/500$
П 6.2.10. СП 430.	П. 8.2.4.15 СП 267.
Примечание: h – строительная высота здания, равная расстоянию от верха фундамента до срединной плоскости плиты покрытия).	

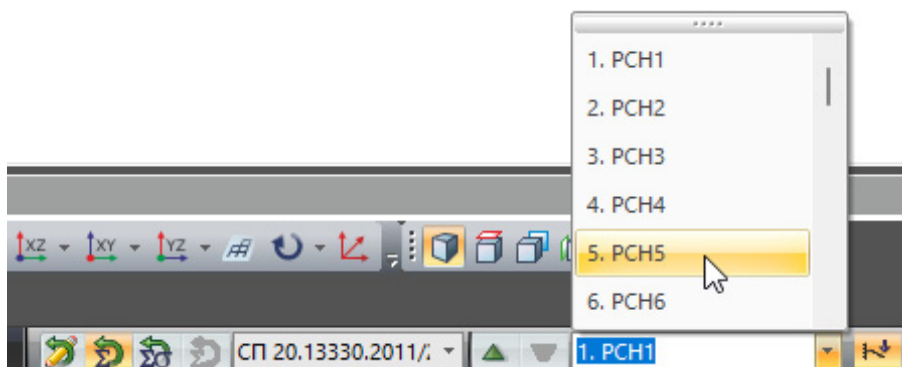
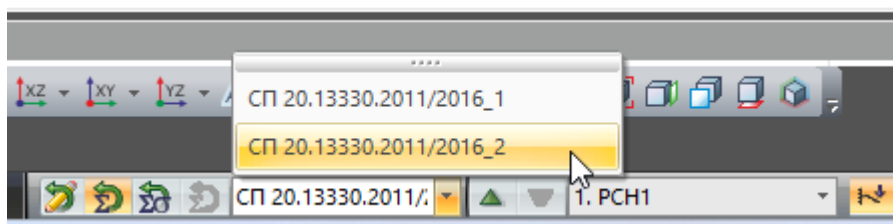
В соответствии с п. 6.2.9., 6.2.10. СП 430 и 8.2.4.15 СП 267 необходимо изменить модуль упругости плит перекрытий на $E = 0,2E_b$ (для случая, когда в плите перекрытия имеют трещины). Ранее для расчетов усилий (армирования) модуль упругости для плит был $E = 0,3E_b$. Для вертикальных элементов модуль упругости остается без изменений $E = 0,6E_b$.

Для расчета прогибов используют нормативные нагрузки. В соответствии с п. Д.1.1. СП 20 учитывается только статическая составляющая ветровой нагрузки. В примере для данных целей созданы РСН 2.1, 2.2, 2.3, 2.4.

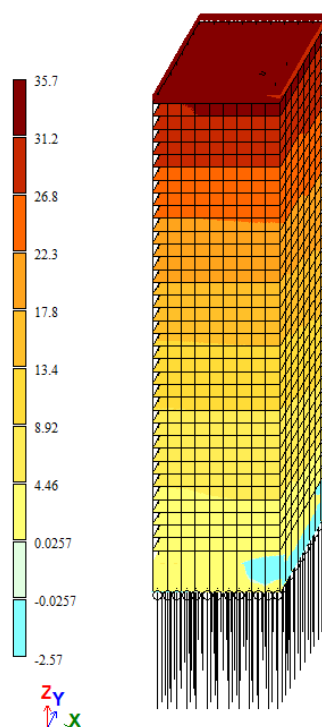
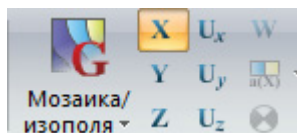
В результатах расчета переходим к анализу результатов по РСН.



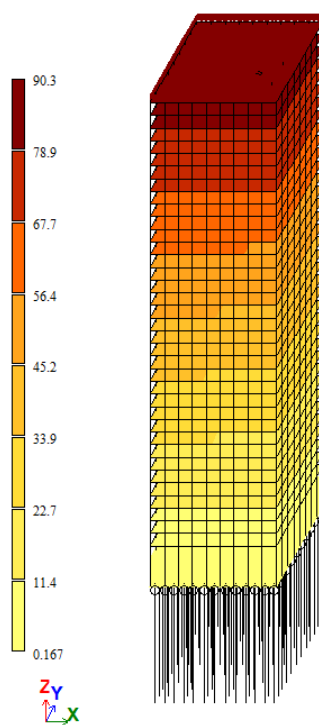
Переходим в результаты Таблицы РСН №2. Просматриваем перемещения по X,Y РСН №5.



Переходим в перемещения по X,Y.



Перемещения по X от РСН 2.3



Перемещения по Y от РСН 2.3

Параметр	РСН	Результат расчета по X,мм	Результат расчета по Y,мм	Перемещение по теореме Пифагора $\sqrt{X^2+Y^2}$	Предельно допустимое значение	Коэффициент использования
Перемещение верха здания	2.1	77,9	34,8	85,0	$\frac{h}{500} = \frac{125900}{500} = 251,8\text{мм}$	0,34
Перемещение верха здания	2.2	12,1	35,6	37,6	251,8мм	0,15
Перемещение верха здания	2.3	35,7	90,3	97,0	251,8мм	0,39
Перемещение верха здания	2.4	36,6	27,5	45,8	251,8мм	0,18

5. Проверка ускорений колебаний перекрытий верхних этажей (динамическая комфортность)

При расчете на динамику от пульсационной составляющей ветровой нагрузки принимаем для всех элементов $E = 0,85E_b$ (значение рекомендовано, но не нормировано).

Для естественного основания увеличивают коэффициент постели в 10 раз.

Задание коэффициентов C1 и C2

Назначить на элементы типа:

- ☐ Стержни
- ☒ Пластины
- ☐ Двухузловые КЭ 53
- ☐ Одноузловые КЭ 54

Односторонняя работа упр. основания

☐ Назначить элементам

Коэффициенты постели

☐ Получить по модели грунта

Pz

Группа 1 - 0 №

Модель грунта

☐ Назначить

☒ n(C1z) 10

☒ n(C2z) 10

Расчет C1, C2

☒ Bc=B

☐ Учет C1y, C2y

n(C1y) 1.

n(C2y) 1.

☒ Изменить в n раз (C=C*n)

☒ Угол зоны грунта

Н ° рад

При свайном основании увеличивают жесткость в 10 раз.

Задание параметров жесткости свай

Вычислить из модели грунта

Исходные данные для вычисления

Модель грунта

☐ Назначить жесткость КЭ 57 (свая)

☒ n(Rx) 10

☒ n(Ry) 10

☒ n(Rz) 10

☒ n(Rux) 10

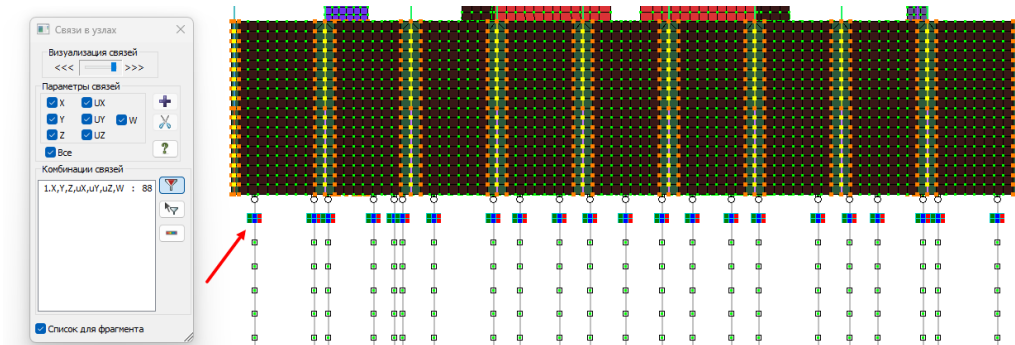
☒ n(Ruy) 10

☒ n(Ruz) 10

Рассчитать жесткость свай

☒ Изменить жесткость КЭ 57 (свая) в n раз (R=R*n)

Допустимо вместо повышения жесткости в 10 раз жестко защемить сваи в уровне верха.

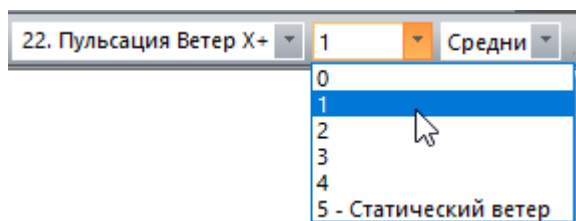


Справочная таблица 4. Предельные ускорения верхнего этажа здания по приложению В.3 СП 20.

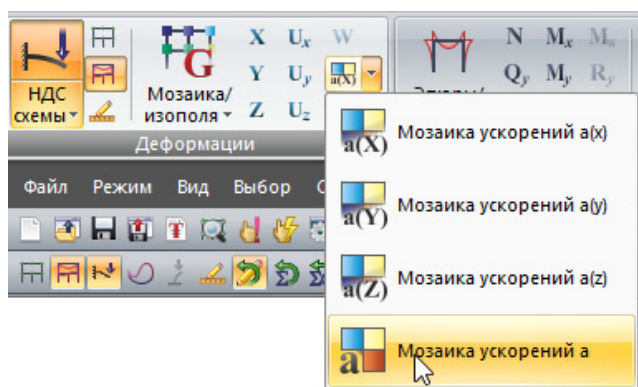
Для жилых зданий	Для общественных, административных и офисных зданий
$a_{c,max} = 0,08 \text{ м/с}^2$	$a_{c,max} = 0,13 \text{ м/с}^2$

Для просмотра ускорений в результатах расчета необходимо:

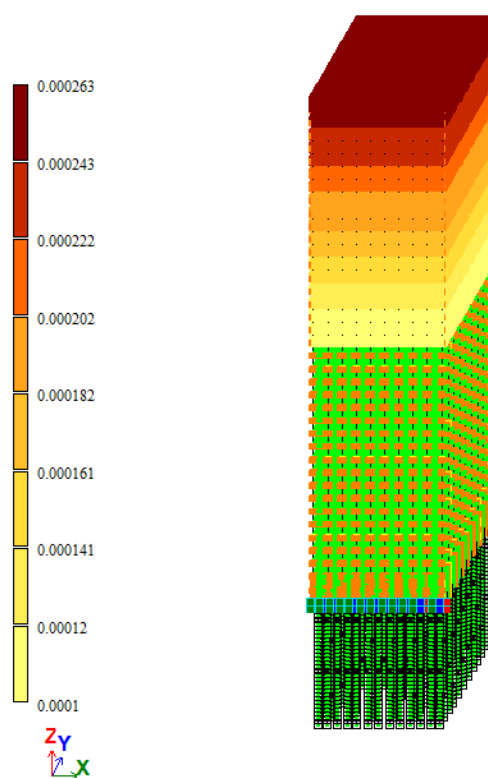
- 1) Выбрать пульсационное нагружение в результатах расчета.
- 2) Выбирать последовательно формы, по которым будет вестись анализ и просматривать ускорения на последнем этаже.



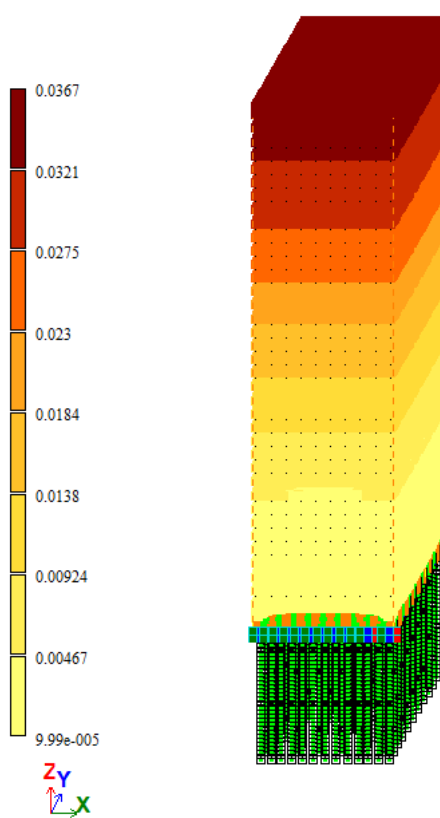
- 3) Просмотр осуществлять через мозаику ускорений



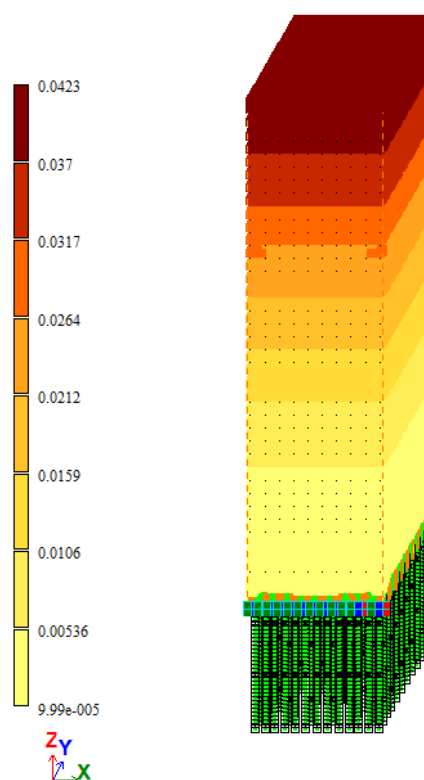
Параметр	Пульсация	Форма колебаний для оценки ускорений	Максимальное ускорение по расчету a_c	Предельно допустимое значение $a_{c,max}$	Коэффициент использования
Ускорение верхнего этажа	X+	1	0,000263	0,08 (приложение В.3. СП 20)	0,46
		2	0,0367		
Ускорение верхнего этажа	X-	1	0,000263	0,08 (приложение В.3. СП 20)	0,46
		2	0,0367		
Ускорение верхнего этажа	Y+	1	0,0423	0,08 (приложение В.3. СП 20)	0,53
		2	0,000262		
Ускорение верхнего этажа	Y-	1	0,0423	0,08 (приложение В.3. СП 20)	0,53
		2	0,000262		



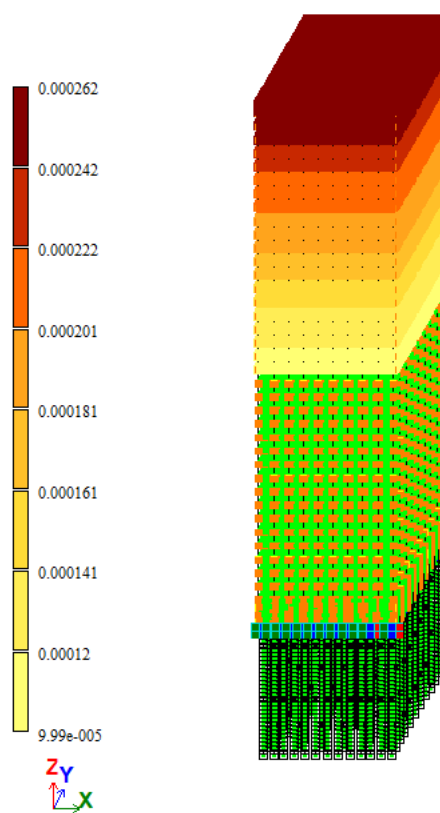
Ускорение. Пульсация X. Форма 1.



Ускорение. Пульсация X. Форма 2.



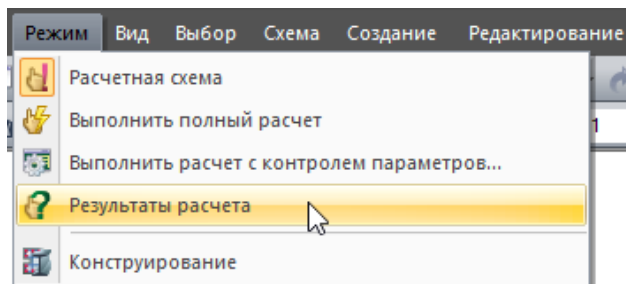
Ускорение. Пульсация Y. Форма 1.



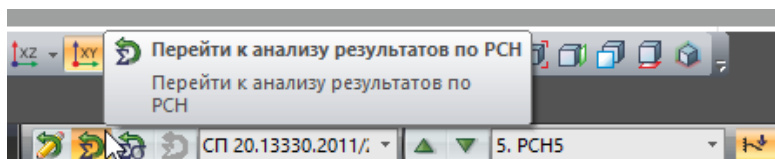
Ускорение. Пульсация Y. Форма 2.

6. Проверка осадки и относительной разности осадок

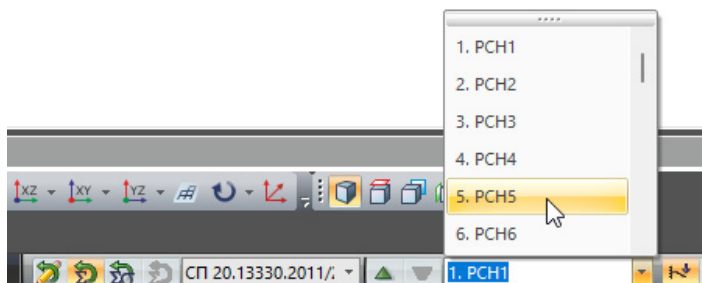
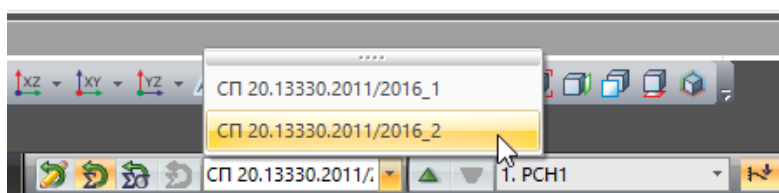
После выполнения расчета для просмотра результатов необходимо перейти в «результаты расчета» .



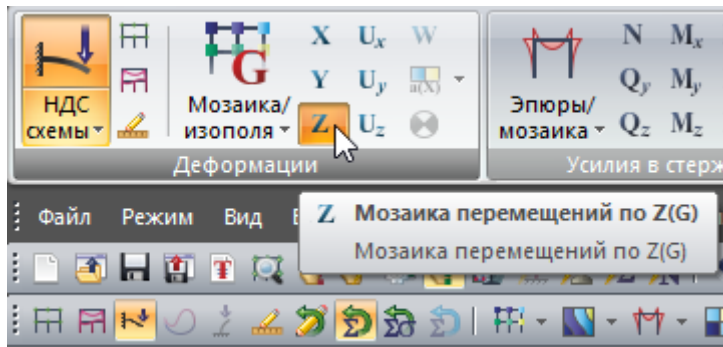
В результатах расчета переходим к анализу результатов по РСН.



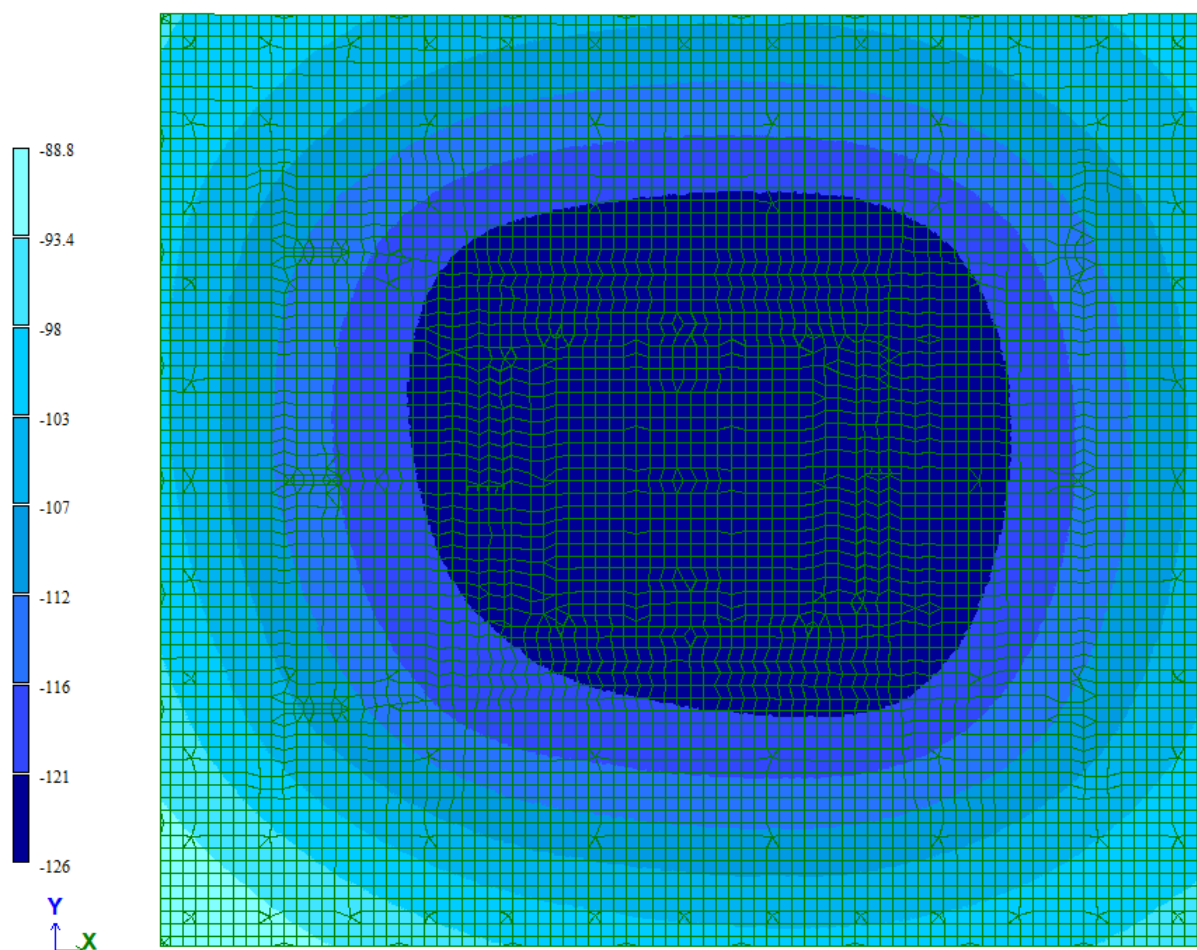
Переходим в результаты Таблицы РСН №2. Выбираем РСН №5.



Выбираем мозаику перемещений по Z.



Осадка.



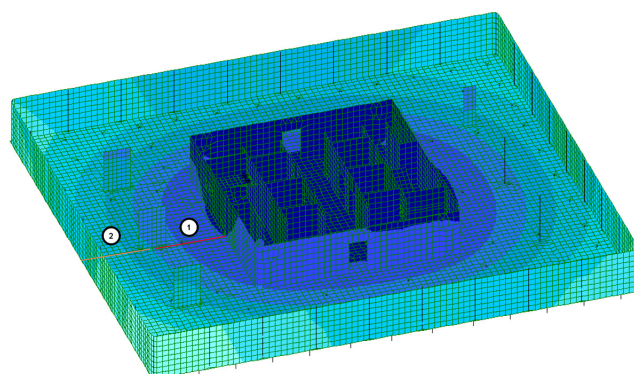
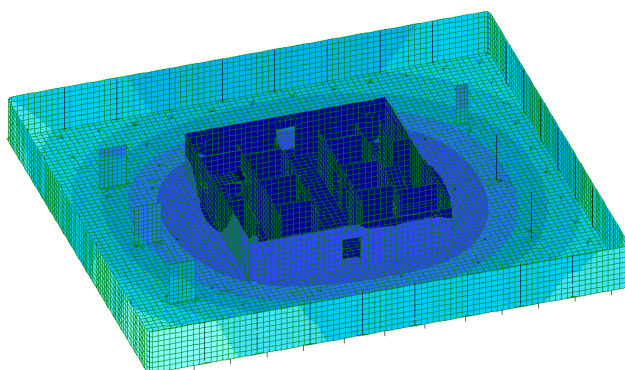
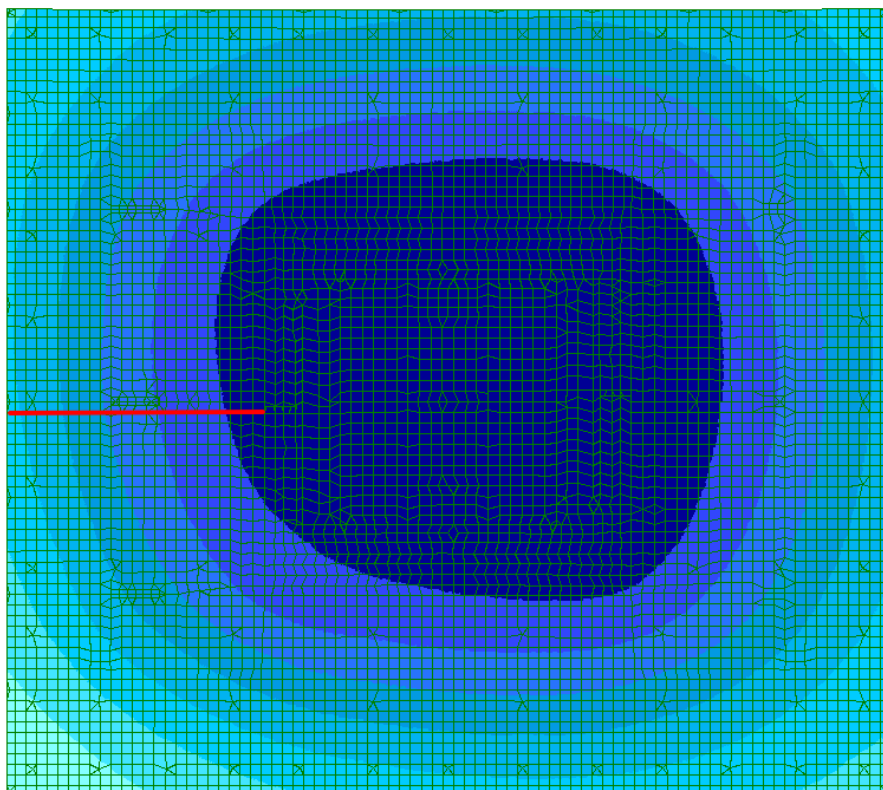
Максимальное значение осадки: 126мм

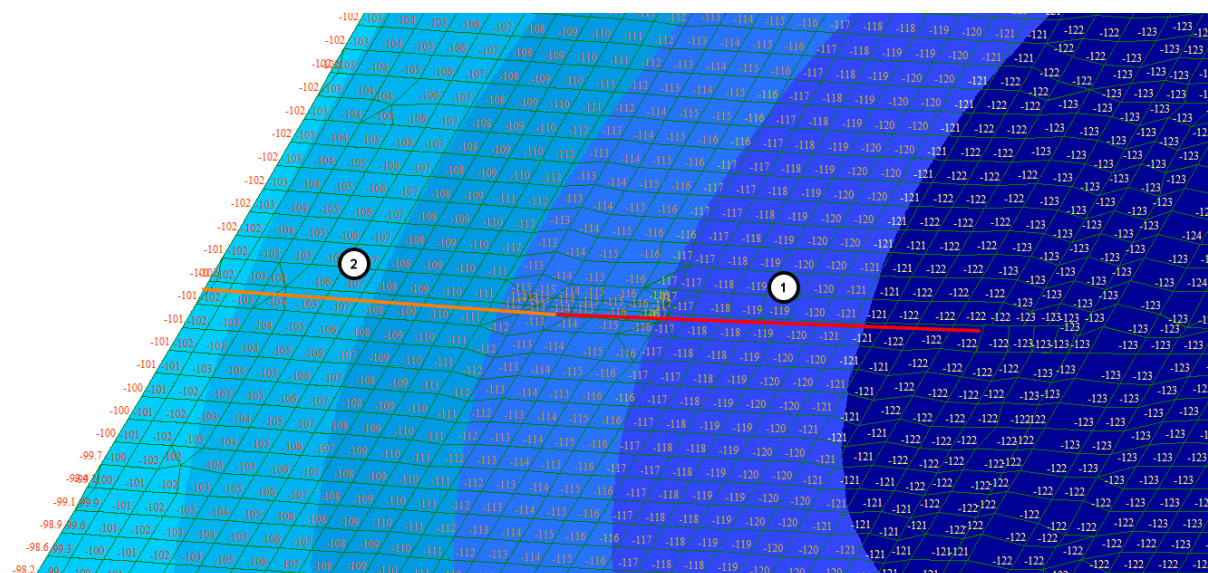
Среднее значение осадки: 104мм

Относительная разность осадок высчитывается вручную по изополям перемещений.

Для этого находим место, где имеет место наибольшее нарастание деформаций (где изополя быстрее всего сменяют цвет).

Наибольшее нарастание имеет место на данном участке.





Определение относительной разности осадок на участке №1.

$$s_1 = 122 \text{ мм}$$

$$s_2 = 114 \text{ мм}$$

$$L = 4850 \text{ мм}$$

$$\frac{\Delta s}{L} = \frac{122 - 114}{4850} = 0,00165$$

Определение относительной разности осадок на участке №2.

$$s_1 = 114 \text{ мм}$$

$$s_2 = 101 \text{ мм}$$

$$L = 4200 \text{ мм}$$

$$\frac{\Delta s}{L} = \frac{114 - 101}{4700} = 0,00276$$

Максимальное значение:

$$\frac{\Delta s}{L} = 0,00276$$

Параметр	Предельно допустимое значение	Результат расчета	Коэффициент использования
Осадка S	15 см (приложение Г СП 22)	Средняя осадка 10,4 см	0,69
Относительная разность осадок $\frac{\Delta s}{L}$	0,003 (приложение Г СП 22)	0,00276	0,92

7. Расчет эквивалентной статической нагрузки от пульсации для дальнейшего конструирования.

Расчет на пульсацию требует довольно много машинного времени, и сам расчет на пульсацию ведется с иными жесткостями основания и жесткостями конструкций. Чтобы исключить пульсационное нагружение его «придавливают» в среднюю составляющую. Добавка происходит на этапе, когда все габариты основных несущих конструкций определены и можно говорить о том, что жесткость здания в целом меняться не будет.

Вычисляют коэффициенты K_w (для каждого направления ветра отдельный коэффициент) равный:

$$K_w = \frac{Sw_p + Sw_m}{Sw_m}$$

Sw_m перемещение верха здания от средней составляющей ветровой нагрузки;

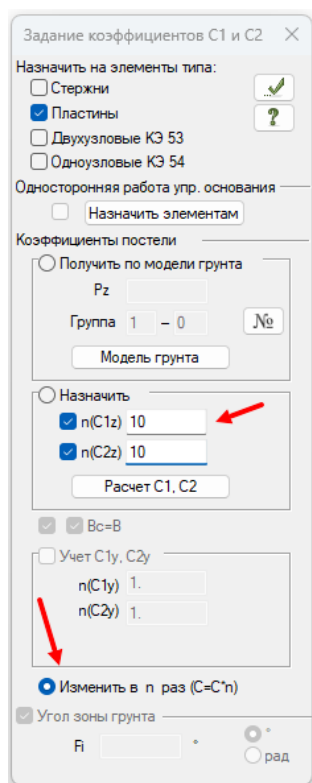
Sw_p перемещение верха здания от пульсационной составляющей ветровой нагрузки.

Sw_m определяется по перемещениям X/Y в Результатах расчета по нагружению .

$Sw_p + Sw_m$ определяется по перемещениям X/Y в Результатах расчета по РСН (в примере РСН 2.7, 2.8) .

При расчете на динамику от пульсационной составляющей ветровой нагрузки принимаем для всех элементов $E = 0,85E_b$ (значение рекомендовано, но не нормировано).

Для естественного основания увеличивают коэффициент постели в 10 раз.



При свайном основании увеличивают жесткость в 10 раз.

Задание параметров жесткости свай

Вычислить из модели грунта

Исходные данные для вычисления

Модель грунта

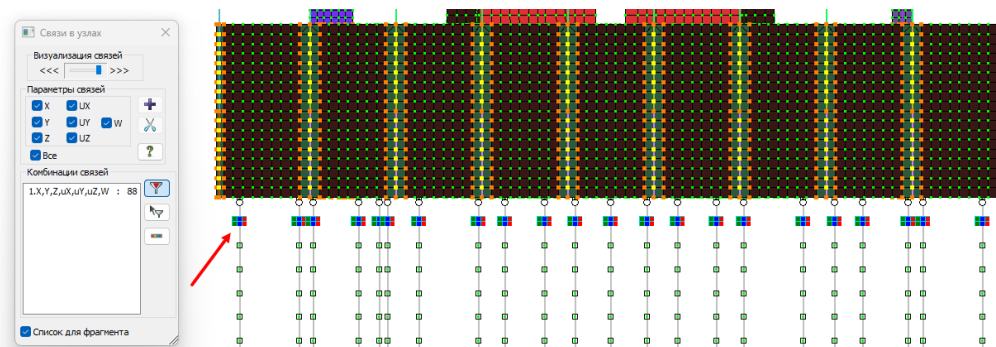
☐ Назначить жесткость КЭ 57 (свая)

☒ n(Rx) 10 ☒ n(Ry) 10 ☒ n(Rz) 10 ☒ n(Rux) 10 ☒ n(Ruy) 10 ☒ n(Ruz) 10

Рассчитать жесткость сваи

☒ Изменить жесткость КЭ57 (свая) в n раз (R=R*n)

Допустимо вместо повышения жесткости в 10 раз жестко защементировать сваи в уровне верха.



Ветер	Sw_m , мм По загрузениям	$Sw_p + Sw_m$, мм По РСН	$K_w = \frac{Sw_p + Sw_m}{Sw_m}$
X+	14,2	23,7	1,67
X-	14,2	23,7	1,67
Y+	19,3	32	1,66
Y-	19,3	32	1,66

8. Проверка форм колебаний здания

При проверке форм принимаем для всех элементов $E = 0,85 \dots 1 E_b$ (значение рекомендовано, но не нормировано).

Для естественного основания увеличивают коэффициент постели в 10 раз.

Задание коэффициентов C1 и C2

Назначить на элементы типа:

- ☐ Стержни
- ☒ Пластины
- ☐ Двухузловые КЭ 53
- ☐ Одноузловые КЭ 54

Односторонняя работа упр. основания

☐ Назначить элементам

Коэффициенты постели

☐ Получить по модели грунта

Pz

Группа 1 - 0

Модель грунта

☐ Назначить

- ☒ n(C1z) 10
- ☒ n(C2z) 10

Расчет C1, C2

☒ Bc=B

☐ Учет C1y, C2y

n(C1y) 1.

n(C2y) 1.

☒ Изменить в n раз (C=C*n)

☒ Угол зоны грунта

Fi °

рад

При свайном основании увеличивают жесткость в 10 раз.

Задание параметров жесткости свай

Вычислить из модели грунта

Исходные данные для вычисления

Модель грунта

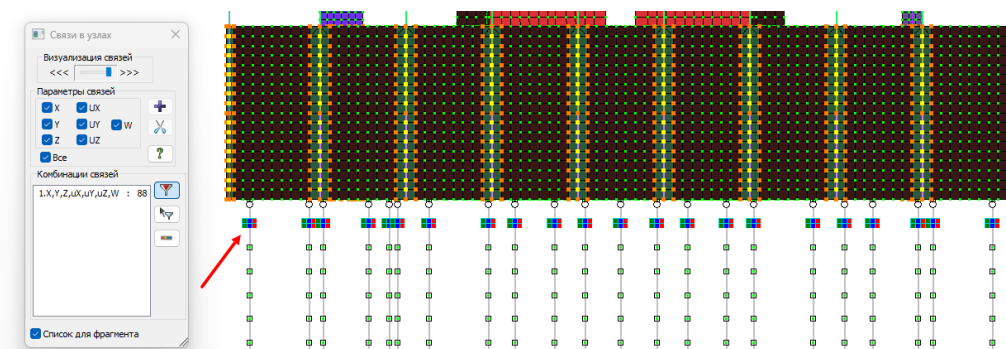
☐ Назначить жесткость КЭ 57 (свая)

- ☒ n(Rx) 10
- ☒ n(Ry) 10
- ☒ n(Rz) 10
- ☒ n(Rux) 10
- ☒ n(Ruy) 10
- ☒ n(Ruz) 10

Рассчитать жесткость свай

☒ Изменить жесткость КЭ57 (свая) в n раз (R=R*n)

Допустимо вместо повышения жесткости в 10 раз жестко защементировать сваи в уровне верха.



Форма колебаний здания показывает на сколько оптимально расставлены вертикальные элементы жесткости.

Идеальным с конструктивной точки зрения считается вариант, когда первые две формы postupательные.

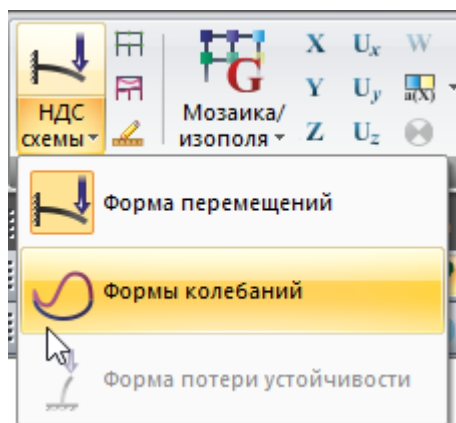
Для зданий, рассчитываемых для сейсмических районов (7 и более баллов), имеется требование (примечание к п.5.3 СП 14.): первая и вторая формы собственных колебаний сооружения не должны являться крутильными относительно вертикальной оси

Для зданий вне сейсмических районов требований нет.

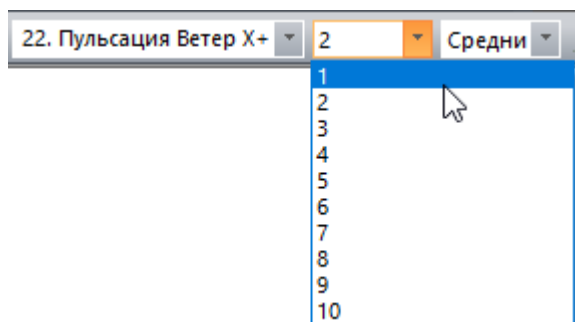
Просмотр форм осуществляется путем выбора динамического нагружения (например, пульсации) в результатах расчета.

22. Пульсация Ветер X+

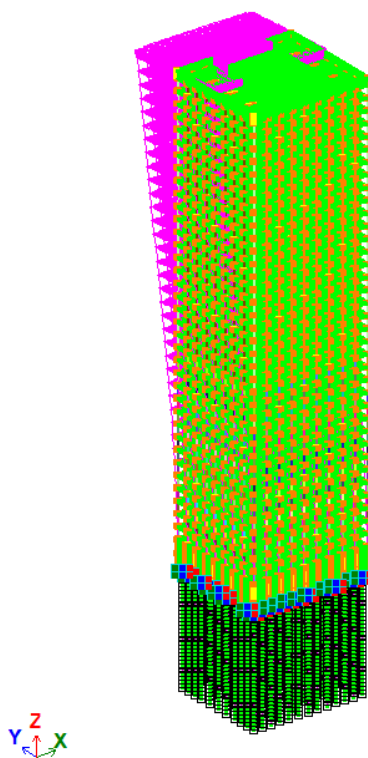
Далее выбираем «Формы колебаний»



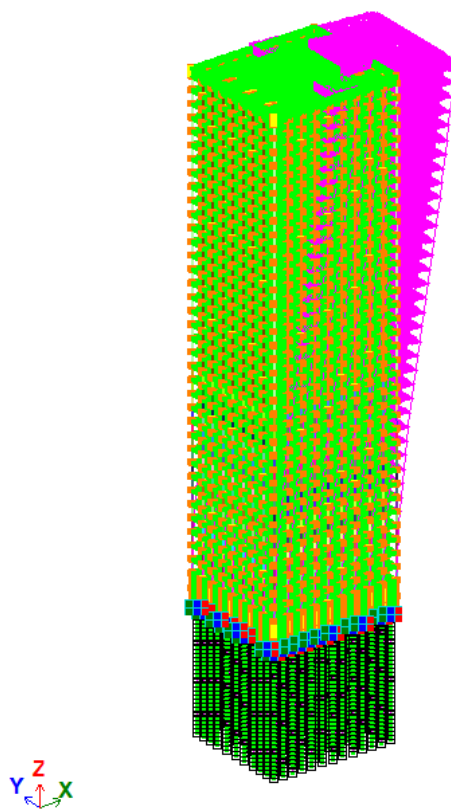
Появится список форм.



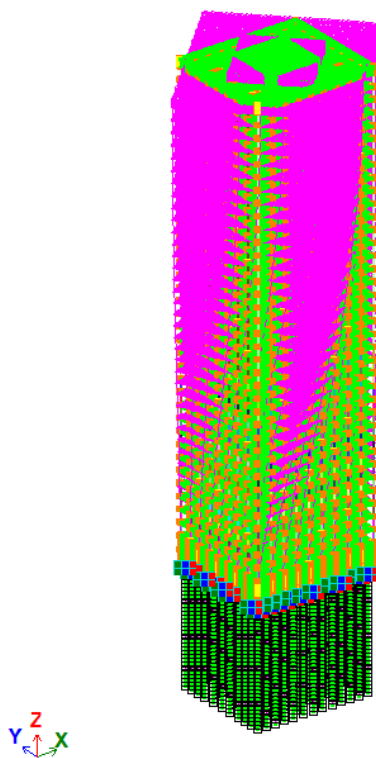
Включаем показ исходной и деформированной схемы: 



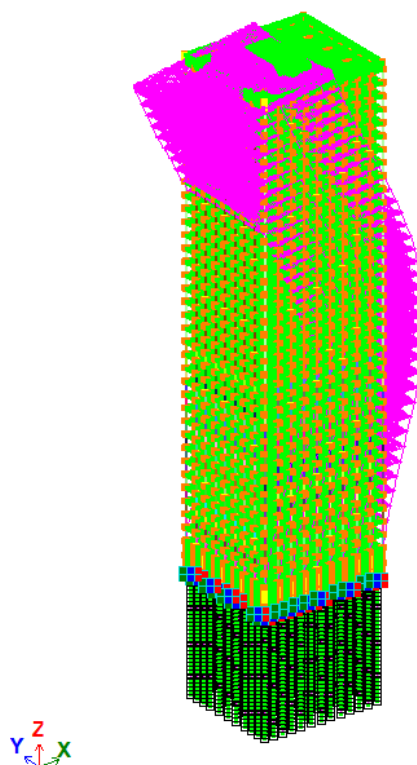
Первая форма колебаний здания. Поступательная.



Вторая форма колебаний здания. Поступательная.



Третья форма колебаний здания. Крутильная.



Четвертая форма колебаний здания.

Частые вопросы:

1. Формы получились крутильные или изгибно-крутильные. Что делать для того, чтобы формы стали поступательными?

Ответ.

Существуют два случая, когда такое происходит.

1 Случай. В здании не хватает жесткости.

Необходимо добавить диафрагмы. Это относится в основном к каркасным зданиям.

2 Случай. Здание низкое (обычно до 4 этажей) и кручение происходит вокруг жесткой части. В этом случае поможет разрезка на отдельные элементы наиболее жестких элементов или расстановка «ответных» симметричных диафрагм.

Библиография

1. Федеральный закон N384-ФЗ Технический регламент о безопасности зданий и сооружений (с изм. на 25.12.2023) : федеральный закон : дата введения 2010-07-01 / Государственная Дума – Изд. официальное. – Собрание законодательства РФ, N1, ст.5, 2010;
2. Федеральный закон N190-ФЗ Градостроительный кодекс Российской Федерации (с изм. на 26.12.2024) : кодекс РФ : дата введения 2004-12-30 / Государственная Дума – Изд. официальное. – Собрание законодательства РФ N1 (ч.I), ст.16, 2005;
3. Федеральный закон N123-ФЗ Технический регламент о требованиях пожарной безопасности (с изм. на 25.12.2023) : федеральный закон : дата введения 2009-05-01 / Государственная Дума – Изд. официальное. – Собрание законодательства РФ, N30, (ч.I), ст.3579, 2008;
4. ГОСТ 27751-2014 Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения (Переиздание, с Изменением N 1) : межгосударственный стандарт : дата введения 2015-07-01 / Росстандарт – Изд. официальное. – Москва: Стандартинформ, 2019;
5. ГОСТ 5264-80 Ручная дуговая сварка. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры (с Изменением N 1, Поправкой) : межгосударственный стандарт : дата введения 1981-07-01 / Госстандарт СССР – Изд. официальное. – Москва: Стандартинформ, 2010;
6. ГОСТ 14098-2014 Соединения сварные арматуры и закладных изделий железобетонных конструкций. Типы, конструкции и размеры (с Изменением N 1, с Поправками) : межгосударственный стандарт : дата введения 2015-07-01 / Росстандарт – Изд. официальное. – Москва: Стандартинформ, 2015;
7. ГОСТ 34028-2016 Прокат арматурный для железобетонных конструкций. Технические условия (с Поправкой) : межгосударственный стандарт : дата введения 2018-01-01 / Росстандарт – Изд. официальное. – Москва: Стандартинформ, 2019;
8. ГОСТ 26633-2015 Бетоны тяжелые и мелкозернистые. Технические условия (с Поправкой, с Изменением N 1) : межгосударственный стандарт : дата введения 2016-09-01 / Росстандарт – Изд. официальное. – Москва: Стандартинформ, 2019;
9. СП 2.13130.2020 Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты (с Изменением N 1) : свод правил : дата введения 2020-09-12 / МЧС России – Изд. официальное. – Москва: Стандартинформ, 2020;
10. СП 14.13330.2018 Строительство в сейсмических районах. Актуализированная редакция СНиП II-7-81* (с Изменениями № 2-4) : свод правил : дата введения 2018-11-25 / Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ – Изд. официальное. – Москва: Стандартинформ, 2018;
11. СП 15.13330.2020 Каменные и армокаменные конструкции СНиП II-2281* (с Изменением N 1) : свод правил : дата введения 2021-07-01 / Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ – Изд. официальное. – Москва: Стандартинформ, 2021;
12. СП 16.13330.2017 "Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-23-81*" (с Поправками, с Изменениями № 1-6) : свод правил : дата введения 2017-08-28 / Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ – Изд. официальное. – Москва: Стандартинформ, 2017;
13. СП 20.13330.2016 Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85* (с Изменениями № 1-6) : свод правил : дата введения 2017-06-04 / Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ – Изд. официальное. – Москва: Стандартинформ, 2018;
14. СП 22.13330.2016 Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83* (с Изменениями N 1, 2, 3, 4, 5) : свод правил : дата введения 2017-07-01 / Министерство

строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ – Изд. официальное. – Москва: Стандартинформ, 2017;

15. СП 24.13330.2011 Свайные фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 2.02.03-85 (с Изменениями N 1, 2, 3) : свод правил : дата введения 2011-05-20 / Минрегион России – Изд. официальное. – Москва: Минрегион России, 2011;

16. СП 26.13330.2012 Фундаменты машин с динамическими нагрузками. Актуализированная редакция СНиП 2.02.05-87 (с Изменением N 1) : свод правил : дата введения 2013-01-01 / Минрегион России – Изд. официальное. – Москва: Минрегион России, 2012;

17. СП 28.13330.2017 “Защита строительных конструкций от коррозии. Актуализированная редакция СНиП 2.03.11-85” (с Изменениями N 1-4) : свод правил : дата введения 2017-08-28 / Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ – Изд. официальное. – Москва: Стандартинформ, 2017;

18. СП 35.13330.2011 Мосты и трубы. Актуализированная редакция СНиП 2.05.03-84* (с Изменениями № 1-5 : свод правил : дата введения 2011-05-20 / Минрегион России – Изд. официальное. – Москва: ОАО “ЦПП”, 2011;

19. СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003 (с Изменениями N 1, 2) : свод правил : дата введения 2013-07-01 / Минрегион России – Изд. официальное. – Москва: Минрегион России, 2012;

20. СП 63.13330.2018 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. СНиП 52-01-2003 (с Изменениями N 1, 2) : свод правил : дата введения 2019-06-20 / Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ – Изд. официальное. – Москва: Стандартинформ, 2019;

21. СП 70.13330.2012 Несущие и ограждающие конструкции. Актуализированная редакция СНиП 3.03.01-87 (с Изменениями № 1, 3-7) : свод правил : дата введения 2013-07-01 / Минрегион России – Изд. официальное. – Москва: Госстрой, ФАУ “ФЦС”, 2013;

22. СП 72.13330.2016 Защита строительных конструкций и сооружений от коррозии. СНиП 3.04.03-85 (с Изменением N 1) : свод правил : дата введения 2017-06-17 / Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ – Изд. официальное. – Москва: Стандартинформ, 2017;

23. СП 88.13330.2014 Защитные сооружения гражданской обороны. Актуализированная редакция СНиП II-11-77* (с Изменениями N 1, 2, 3) : свод правил : дата введения 2014-06-01 / Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ – Изд. официальное. – Москва: Минстрой России, 2014;

24. СП 116.13330.2012 Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 22-02-2003 (с Изменениями N 1, 2) : свод правил : дата введения 2013-01-01 / Минрегион России – Изд. официальное. – Минрегион России, 2012;

25. СП 131.13330.2020 Строительная климатология СНиП 23-01-99* (с Изменениями N 1, 2) : свод правил : дата введения 2021-06-25 / Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ – Изд. официальное. – Москва: Стандартинформ, 2021;

26. СП 250.1325800.2016 Здания и сооружения. Защита от подземных вод (с Изменением N 1) : свод правил : дата введения 2016-09-01 / Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ – Изд. официальное. – Москва: Минстрой России, 2016;

27. СП 266.1325800.2016 Конструкции сталежелезобетонные. Правила проектирования (с Изменениями N1, 2, 3, 4, с Поправками) : свод правил : дата введения 2017-07-01 / Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ – Изд. официальное. – Москва: Стандартинформ, 2017;

28. СП 267.1325800.2016 Здания и комплексы высотные. Правила проектирования (с Изменениями № 1, 2) : свод правил : дата введения 2017-07-01 / Минстрой России – Изд. официальное. – Москва: Стандартинформ, 2017;

29. СП 296.1325800.2017 Здания и сооружения. Особые воздействия (с Изменениями N 1, 2) : свод правил : дата введения 2018-02-04 / Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ – Изд. официальное. – Москва: Стандартинформ, 2017;

30. СП 337.1325800.2017 Конструкции железобетонные сборно-монолитные. Правила проектирования : свод правил : дата введения 2018-06-14 / Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ – Изд. официальное. – Москва: Стандартинформ, 2018;

31. СП 381.1325800.2018 Сооружения подпорные. Правила проектирования (с Изменением № 1) : свод правил : дата введения 2019-01-24 / Минстрой России – Изд. официальное. – Москва: Стандартинформ, 2018;

32. СП 385.1325800.2018 Защита зданий и сооружений от прогрессирующего обрушения. Правила проектирования. Основные положения (с Изменениями N 1–4) : свод правил : дата введения 2019-01-06 / Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ – Изд. официальное. – Москва: Стандартинформ, 2018;

33. СП 430.1325800.2018 Монолитные конструктивные системы. Правила проектирования (с Изменением N1) : свод правил : дата введения 2019-06-26 / Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ – Изд. официальное. – Москва: Стандартинформ, 2019;

34. СП 435.1325800.2018 Конструкции бетонные и железобетонные монолитные. Правила производства и приемки работ : свод правил : дата введения 2019-05-27 / Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ – Изд. официальное. – Москва: Стандартинформ, 2019;

35. СП 468.1325800.2019 Бетонные и железобетонные конструкции. Правила обеспечения огнестойкости и огнесохранности (с Изменением N 1) : свод правил : дата введения 2020-06-11 / Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ – Изд. официальное. – Москва: Стандартинформ, 2020;

36. СП 499.1325800.2021 Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от карстово-суффозионных процессов. Правила проектирования : свод правил : дата введения 2021-09-03 / Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ – Изд. официальное. – Москва: Стандартинформ, 2021.