

С.В. Шокот

СПРАВОЧНИК КОНСТРУКТОРА

с примерами и разъяснениями

РАСЧЕТ И КОНСТРУИРОВАНИЕ МОНОЛИТНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ НЕСУЩИХ СИСТЕМ

ЖИЛЫЕ И АДМИНИСТРАТИВНЫЕ ЗДАНИЯ

в несейсмических районах

и районах без вечномерзлых грунтов

ЧАСТЬ 13

РАСЧЕТ КОНСТРУКЦИЙ С УЧЕТОМ НЕЛИНЕЙНОСТИ

ISBN 978-5-6054301-3-1

© С.В. Шокот, 2026

Москва
Издатель С.В. Шокот
2026

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 несейсмических районах и районах без вечномерзлых грунтов: [в 15 частях] : справочник / С.В. Шокот – Москва: Издатель С.В. Шокот, 2026. – URL: https://дом-жбк.рф/Части-справочника/. – Загл. с титул. экрана. – Текст : электронный.

ISBN 978-5-6054300-0-1

Ч.13.: Расчет конструкций с учетом нелинейности. –2026 – Текст : электронный.

ISBN 978-5-6054301-3-1 (ч.13)

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, 2026

Издание публикуется в авторской редакции

Техническая обработка и подготовка материалов С.В. Шокота

Для создания электронного издания использовано:

Microsoft Word 2010, ПО Adobe Acrobat

Дата размещения первой редакции на сайте: 18.05.2025.

Издатель С.В. Шокот.

E-mail: 12345slava54321@mail.ru; https://дом-жбк.рф/.

Справочник конструктора с примерами и разъяснениями. Расчет и конструирование монолитных железобетонных несущих систем. Жилые и административные здания в несейсмических районах и районах без вечномерзлых грунтов: [в 15 частях] : справочник / С.В. Шокот – Москва: Издатель С.В. Шокот, 2026. – URL: https://дом-жбк.рф/Части-справочника/. - Загл. с титул. экрана. — Текст : электронный.

ISBN 978-5-6054300-0-1

Дата выпуска первой редакции: 18.05.2025.

Ч.1.: Компоновка конструктивной системы. –2026 – Текст : электронный.

ISBN 978-5-6054300-1-8 (ч.1)

Ч.2.: Построение геометрии расчетной модели и назначение жесткостей элементов. –2026 – Текст : электронный.

ISBN 978-5-6054300-2-5 (ч.2)

Ч.3.: Сбор и приложение нагрузок. Рсу и Рсн. учет этапности возведения. –2026 – Текст : электронный.

ISBN 978-5-6054300-3-2 (ч.3)

Ч.4.: Назначение параметров для подбора сечений. –2026 – Текст : электронный.

ISBN 978-5-6054300-4-9 (ч.4)

Ч.5.: Основание здания. Плитный фундамент. Свайный фундамент. –2026 – Текст : электронный.

ISBN 978-5-6054300-5-6 (ч.5)

Ч.6.: Расчеты и проверки конструкций на начальном этапе. –2026 – Текст : электронный.

ISBN 978-5-6054300-6-3 (ч.6)

Ч.7.: Детальный расчет и конструирование плит. –2026 – Текст : электронный.

ISBN 978-5-6054300-7-0 (ч.7)

Ч.8.: Детальный расчет и конструирование колонн и пилонов. –2026 – Текст : электронный.

ISBN 978-5-6054300-8-7 (ч.8)

Ч.9.: Детальный расчет и конструирование стен. –2026 – Текст : электронный.

ISBN 978-5-6054300-9-4 (ч.9)

Ч.10.: Детальный расчет и конструирование фундаментных плит и ростверков. –2026 – Текст : электронный.

ISBN 978-5-6054301-0-0 (ч.10)

Ч.11.: Детальный расчет и конструирование свай. –2026 – Текст : электронный.

ISBN 978-5-6054301-1-7 (ч.11)

Ч.12.: Детальный расчет и конструирование лестниц и лестничных площадок. -2026 – Текст : электронный.

ISBN 978-5-6054301-2-4 (ч.12)

Ч.13.: Расчет конструкций с учетом нелинейности. –2026 – Текст : электронный.

ISBN 978-5-6054301-3-1 (ч.13)

Ч.14.:Расчет конструкций на прогрессирующее обрушение. –2026 – Текст : электронный.

ISBN 978-5-6054301-6-2 (ч.14)

Ч.15.:Расчет огнестойкости конструкций. –2026 – Текст : электронный.

ISBN 978-5-6054301-7-9 (ч.15)

Содержание

		Стр.
	Термины и определения	6
1.	Нормирование. Необходимость расчета нелинейной постановке.	7
2.	Виды нелинейности	9
3.	Первая итерация. Линейный расчет с учетом нелинейности поведения материалов, за счет ввода коэффициентов к линейному модулю упругости/деформаций	10
3.1.	Особенности расчета железобетона по 1 и 2 группе предельных состояний	10
3.2.	Изополя требуемого армирования	12
3.3.	Проверка фактического армирования. ТЗА	20
4.	Расчет с учетом генетической нелинейности (монтаж)	56
4.1.	Порядок формирования загружений	56
4.2.	Сравнение результатов расчета с учетом монтажа и без учета монтажа	64
5.	Вторая итерация. Нелинейный расчет.	67
5.1.	Диаграммы деформирования	67
5.2.	Особенности расчета железобетона по 1 и 2 группе предельных состояний с учетом физической нелинейности	74
5.3.	Порядок и варианты расчеты	76
5.4.	Результаты расчета	99
5.4.1.	Случай без разрушенных элементов	99
5.4.2.	Случай с разрушенными элементами	104
	Библиография	108
	Приложение А. Расчетные диаграммы деформирования бетона для конструкций высотой более 1,5м (колонны, пилоны, толстые фундаментные плиты)	111
	Приложение Б. Расчетные диаграммы деформирования бетона для конструкций высотой менее 1,5м (плиты перекрытия, балки, лестничные площадки)	118
	Приложение В. Нормативные диаграммы деформирования бетона для конструкций высотой более 1,5м (колонны, пилоны, толстые фундаментные плиты)	125
	Приложение Г. Нормативные диаграммы деформирования бетона для конструкций высотой менее 1,5м (плиты перекрытия, балки, лестничные площадки)	132
	Приложение Д. Расчетные диаграммы деформирования арматуры	139
	Приложение Е. Нормативные диаграммы деформирования арматуры	141

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. Нормирование. Необходимость расчета нелинейной постановке.

Согласно пункту 4. статье 16 ФЗ 384:

Расчетные модели (в том числе расчетные схемы, основные предпосылки расчета) строительных конструкций и основания должны отражать действительные условия работы здания или сооружения, отвечающие рассматриваемой расчетной ситуации. При этом должны быть учтены:

1) факторы, определяющие напряженно-деформированное состояние;

2) особенности взаимодействия элементов строительных конструкций между собой и с основанием;

3) пространственная работа строительных конструкций;

4) геометрическая и физическая нелинейность;

5) **пластические и реологические свойства материалов** и грунтов;

6) **возможность образования трещин**;

7) возможные отклонения геометрических параметров от их номинальных значений.

ФЗ 384 требует учесть данные факторы, но не говорит как это сделать. Документ, который дает указания о том как следует выполнять данный расчет является СП 430.

Согласно П.6.27...6.2.10 СП 430:

6.2.7 **На первой стадии расчета** для оценки усилий в элементах монолитной конструктивной системы допускается принимать линейные жесткости элементов, имея в виду, что распределение усилий в элементах монолитной конструктивной системы зависит не от значения, а, в основном, от соотношения жесткостей этих элементов. Для более точной оценки распределения усилий в элементах конструктивной системы рекомендуется на данной стадии расчета принимать приближенные значения нелинейных жесткостей с учетом условных понижающих коэффициентов (6.2.5). При этом необходимо учитывать существенное снижение жесткостей в изгибаемых плитных элементах (в результате возможного образования трещин) по сравнению с внецентренно сжатыми элементами.

В первом приближении рекомендуется принимать значения понижающих коэффициентов равными:

0,6 – для вертикальных сжатых несущих элементов;
0,3 – для несущих горизонтальных элементов.

По найденным усилиям определяют **армирование элементов** конструктивной системы, которое учитывают при определении жесткостей элементов согласно СП 63.13330, применяемых для уточнения усилий **на последующих стадиях расчета**.

6.2.9 Горизонтальные перемещения верха конструктивной системы определяют при действии нагрузок, соответствующих расчетной ситуации по предельным состояниям второй группы (постоянные, длительные и кратковременные вертикальные и горизонтальные нагрузки с коэффициентом надежности по нагрузке, равным 1,0). Расчет выполняют по деформированной схеме, принимая нелинейные пониженные значения жесткостей элементов конструктивной системы (6.2.5), т.к. горизонтальные перемещения напрямую зависят от жесткостных свойств элементов.

В первом приближении значения условных понижающих коэффициентов допускается принимать равными:

0,6 – для вертикальных несущих элементов;

0,2 – для горизонтальных несущих элементов при наличии трещин;

0,3 – для горизонтальных несущих элементов при отсутствии трещин.

6.2.10 Прогибы плит перекрытий и покрытий определяют при действии нагрузок, соответствующих расчетной ситуации по предельным состояниям второй группы, с коэффициентом надежности по нагрузке, равным 1,0. На первой стадии расчета допускается принимать нелинейные пониженные значения жесткостей элементов конструктивной системы согласно 6.2.9 с учетом работы горизонтальных несущих конструкций при наличии трещин, т.к. вертикальные перемещения плит напрямую зависят от их жесткостных свойств.

Иными словами (от автора):

1. Есть первое приближение, которое делается с коэффициентами к начальному модулю E_b ,определенному по таблице 6.11 СП 63. Расчет линейный. Учет того, что требует ФЗ 384 есть, но он примерный, выполненный с помощью коэффициентов, которые получены и приведены в СП исходя из многократных расчетов аналогичных конструкций. Для стадии П этого для большинства гражданских зданий достаточно.

2. После разработки документации с армированием каждой конструкции нормы требуют рассчитывать в нелинейной постановке и учитывать данное армирование. Безусловно данные расчеты должны, как правило, выполнятся для стадии Р (однако в большинстве случаев данное требование игнорируется).

2. Виды нелинейности

Справочная таблица 1. Виды нелинейности

№ п/п	Вид расчета с учетом нелинейности	Основные цели расчета	Недостатки	Преимущества
1	**Линейный расчет с** учетом нелинейности поведения материалов, за счет ввода коэффициентов к линейному модулю упругости/деформаций (см. таблицу ниже)	Используется для всех расчетов в первой итерации (в грубой постановке) по 1 и 2 группе предельных состояний.	Не в полной мере учитывает перераспределение усилий	- Быстрые расчеты, которые дают примерные данные для подбора сечений Для большинства гражданских объектов высотой до 100м данного расчета достаточно.
2	**Монтаж (генетическая нелинейность)** нелинейный расчет с учетом нелинейности поведения материалов, за счет ввода коэффициентов к линейным жесткостям	Используется для более корректных расчетов в первой итерации, чем в п.1. Учитывает изменение НДС с учетом этапности возведения здания.	Не в полной мере учитывает перераспределение усилий, но они распределяются более корректно, чем в п.1.	- Расчеты, которые дают довольно хорошие данные для подбора сечений - Корректно перераспределяются усилия от относительной разницы осадок и сжимаемости конструкций. Для большинства гражданских объектов высотой до 200м данного расчета достаточно.
3	**Геометрическая нелинейность** с учетом нелинейности поведения материалов, за счет ввода коэффициентов к линейному модулю упругости/деформаций (см. таблицу ниже) **Примечание: обычно совмещают с монтажом**	Используется для гибких сооружений. (Обычно для высотных зданий при высоте более 200м) Учитывает «накопления» отклонения от вертикали горизонтального перемещения здания и для более корректного определения усилий в вертикальных элементах.	- Невозможность автоматического учета пульсации ветра. Пульсацию нужно приводить к статической составляющей. - Без одновременного использования монтажа может давать некорректные перемещения и усилия.	Более корректно, чем в п.1. определяются усилия в вертикальных элементах и их изменение при нарастании деформации (при крене).
4	**Физическая нелинейность** **Примечание: обычно совмещают с монтажом**	Используется для корректного перераспределения усилий между вертикальными и горизонтальными элементами, за счет учета фактически назначенного армирования, трещин и ползучести. Также используется для подтверждения возможности перераспределения армирования внутри отдельной конструкции: -с опоры в пролет и обратно; -на соседние конечные элементы	- Невозможность автоматического учета пульсации ветра. Пульсацию нужно приводить к статической составляющей. -Очень большая трудоемкость. - Без одновременного использования монтажа может давать некорректные перемещения и усилия.	Позволяет полностью учесть перераспределение усилий за счет фактических свойств материалов.
5	**Все нелинейности в одном расчете**	Получение НДС, полностью соответствующего нормативным документам.	-Очень большая трудоемкость. На здание, приведенное в справочнике потребуется около 2х месяцев.	Результат данного расчета неоспорим.

3. Первая итерация. Линейный расчет с учетом нелинейности поведения материалов, за счет ввода коэффициентов к линейному модулю упругости/деформаций

3.1. Особенности расчета железобетона по 1 и 2 группе предельных состояний

В первой итерации делается линейный расчет. Линейный расчет – упругий расчет. В упругом расчете модуль упругости **E** принимается единым для всей конструкции, т.е. жесткость **будет одинакова** в каждой точке.

В **не**линейном же расчете (рассмотрен в следующей главе) идет перерасчет жесткости на каждом шаге(нагружении) схемы. Т.е. жесткость в каждой точке **будет меняться** в зависимости от степени нагружения, от деформационных свойств арматуры и бетона и от того на сколько армирована сама конструкция.

Чтобы приблизить результаты расчета в линейной постановке к результатам в нелинейной постановке есть система коэффициентов (**0,2, 0,3, 0,6, 0,85, 1**), которые вводят в зависимости от расчетной ситуации. В правильном подходе должно быть несколько расчетных схем. Каждая расчетная схема позволит с определенной долей точности и запаса определить тот или иной расчетный параметр (усилия/перемещения и тд.).

Справочная таблица 2. Коэффициенты к модулю упругости/деформаций

Конструкции	*Определение усилий в элементах и подбора армирования.* ***Основная расчетная схема.***	*Определение прогибов и перемещений при нормальной эксплуатации здания:* *-Прогибы плит перекрытия и покрытия;* *- Перемещение верха здания*	*Определение осадок здания*	*Определению динамических реакций при пульсации ветровой нагрузки*	*Расчет на сейсмические воздействия*
Вертикальные (колонны, стены)	$E = 0,6E_b$ *(п. 6.2.7 СП 430)*	$E = 0,6E_b$ *(п. 6.2.9., 6.2.10. СП 430)*	***р.з.а.*** $E = 0,6E_b$	***р.з.а.*** $E = 0,85E_b$	***р.з.а.*** $E = 1\,E_b$
Горизонтальные (плиты перекрытия, покрытия, балки)	$E = 0,3E_b$ *(п. 6.2.7 СП 430)*	$E = 0,2E_b$ – *для конструкций с трещинами* $E = 0,3E_b$ – *для конструкций без трещин (в монолитных конструкциях встречаются редко, поэтому данное значение не используется) (п. 6.2.9., 6.2.10. СП 430).*	***р.з.а.*** $E = 0,3E_b$	***р.з.а.*** $E = 0,85E_b$	***р.з.а.*** $E = 1\,E_b$
Фундаментные плиты	***р.з.а.*** $E = 0,3 \dots 0,6E_b$	***р.з.а.*** $E = 0,3 \dots 0,6E_b$	***р.з.а.*** $E = 0,3 \dots 0,6E_b$	***р.з.а.*** $E = 0,85E_b$	***р.з.а.*** $E = 1\,E_b$
	См. примечание №2	*См. примечание №2*	*См. примечание №2*	*См. примечание №3*	*См. примечание №4*

Примечание:
1. E_b *– начальный модуль упругости, определенный по таблице 6.11 СП 63.*
2. Данные коэффициенты ***(0,2; 0,3; 0,6)*** *получены путем расчета большого количества конструкций с учетом факторов ползучести и трещинообразования. Данные коэффициенты являются очень осредненными. Для вертикальных конструкций, как правило, наблюдается меньшее количество трещин, поэтому коэффициент выше.*
3. Данный коэффициент ***(0,85)*** *напрямую в нормах не отражен. Принимается исходя из формулы 8.146 СП 63. как для сплошного бетонного сечения (не железобетонного!) при кратковременном воздействии. Такой подход к расчету дает некоторый запас в определении динамической реакции.*
4. Данный коэффициент в нормах никак не отражен. Такой подход к расчету дает некоторый запас в определении динамической реакции. Данный коэффициент в 99% случаев прописывают в НТС.

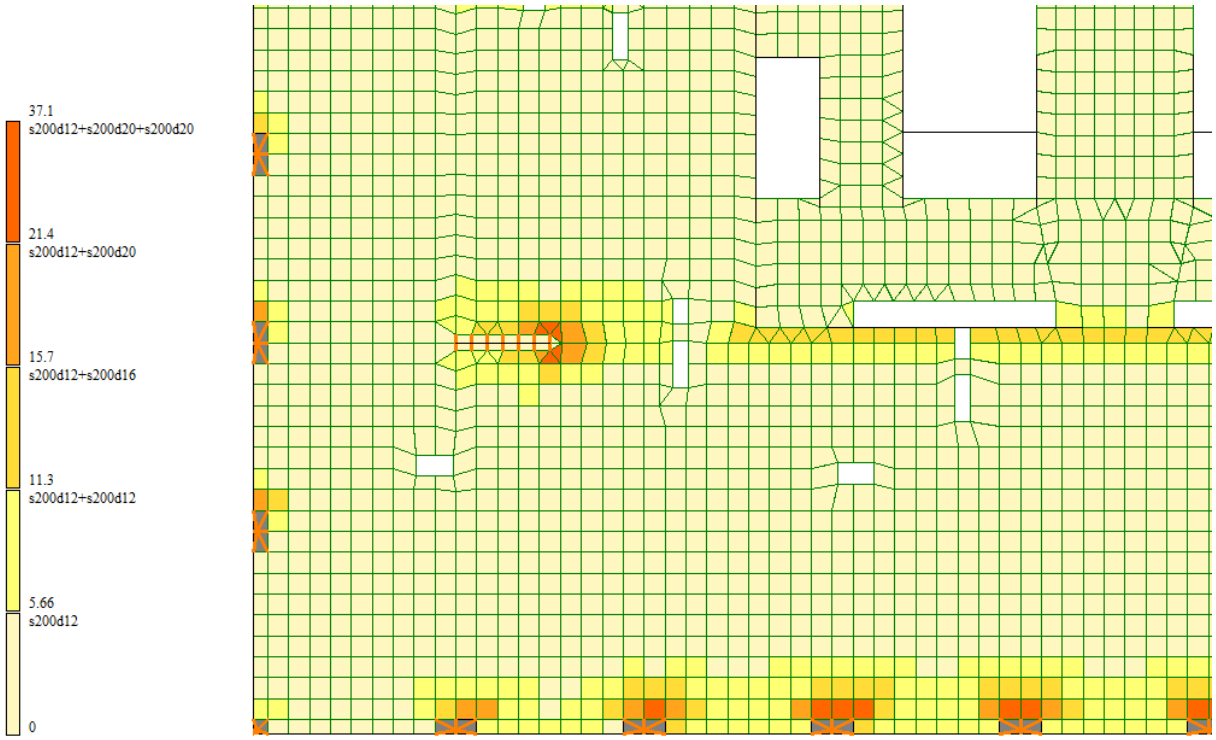
Подробнее проверки в линейной постановке показаны в Части №6.

3.2. Изополя требуемого армирования

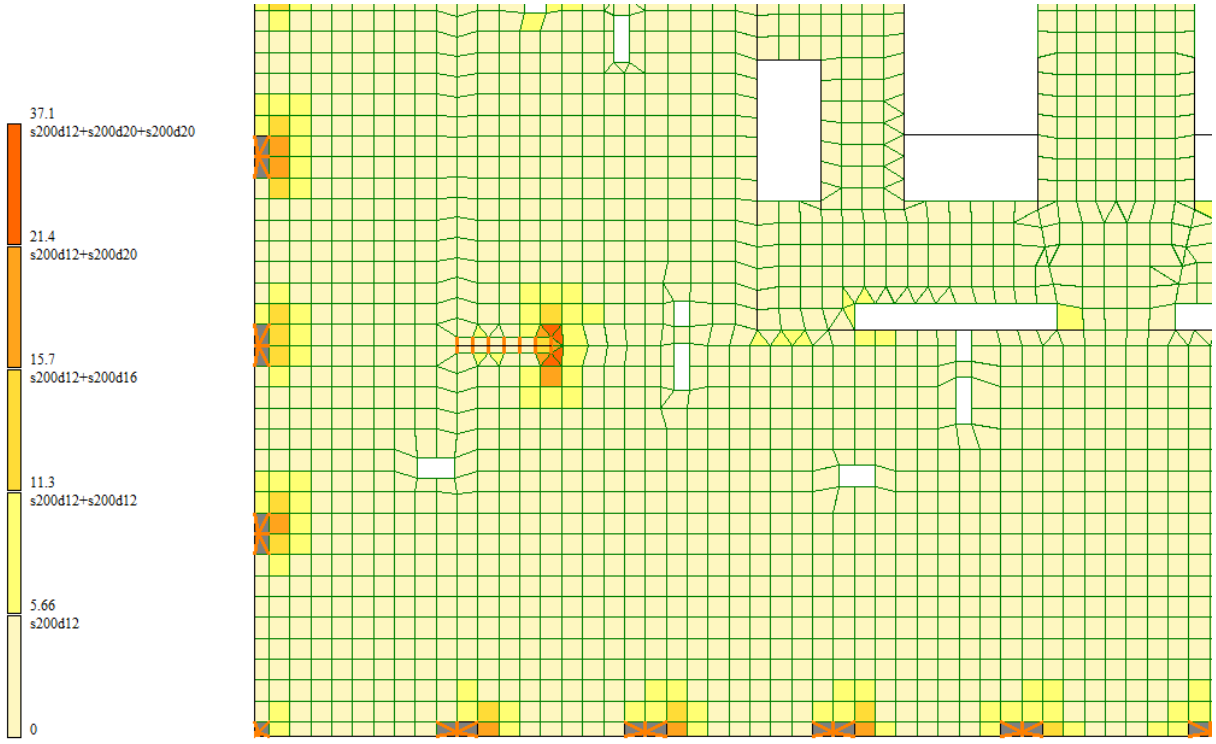
Программа рассчитывает изополя **требуемого** армирования. **Требуемое** армирование – это такое армирование, которое минимально возможно для обеспечения прочности и трещиностойкости. Далее конструктор, используя упрощения, осреднения и прочие интерпретации устанавливает **фактическое** армирование и выполняет чертежи.

Для того чтобы более детально рассмотреть расстановку армирования далее будет рассматриваться только фрагмент перекрытия.

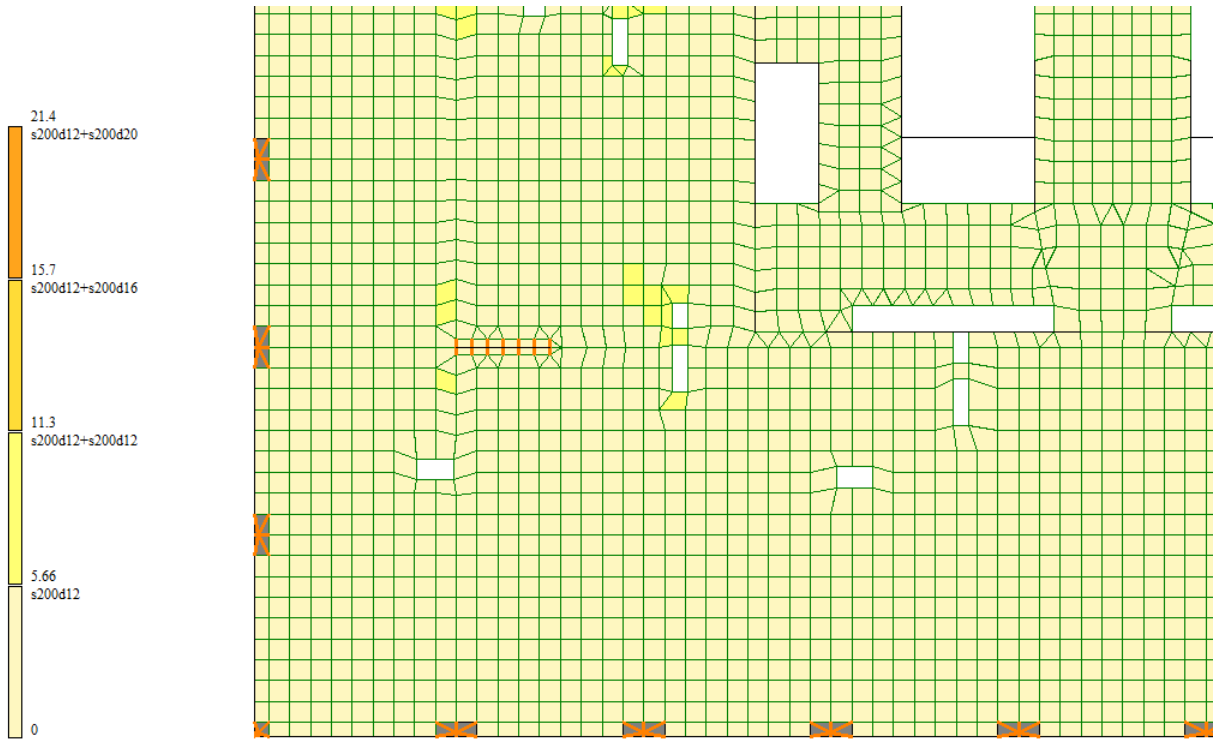
Результаты подбора требуемого продольного армирования в плите



Требуемое верхнее армирование по X



Требуемое верхнее армирование по Y

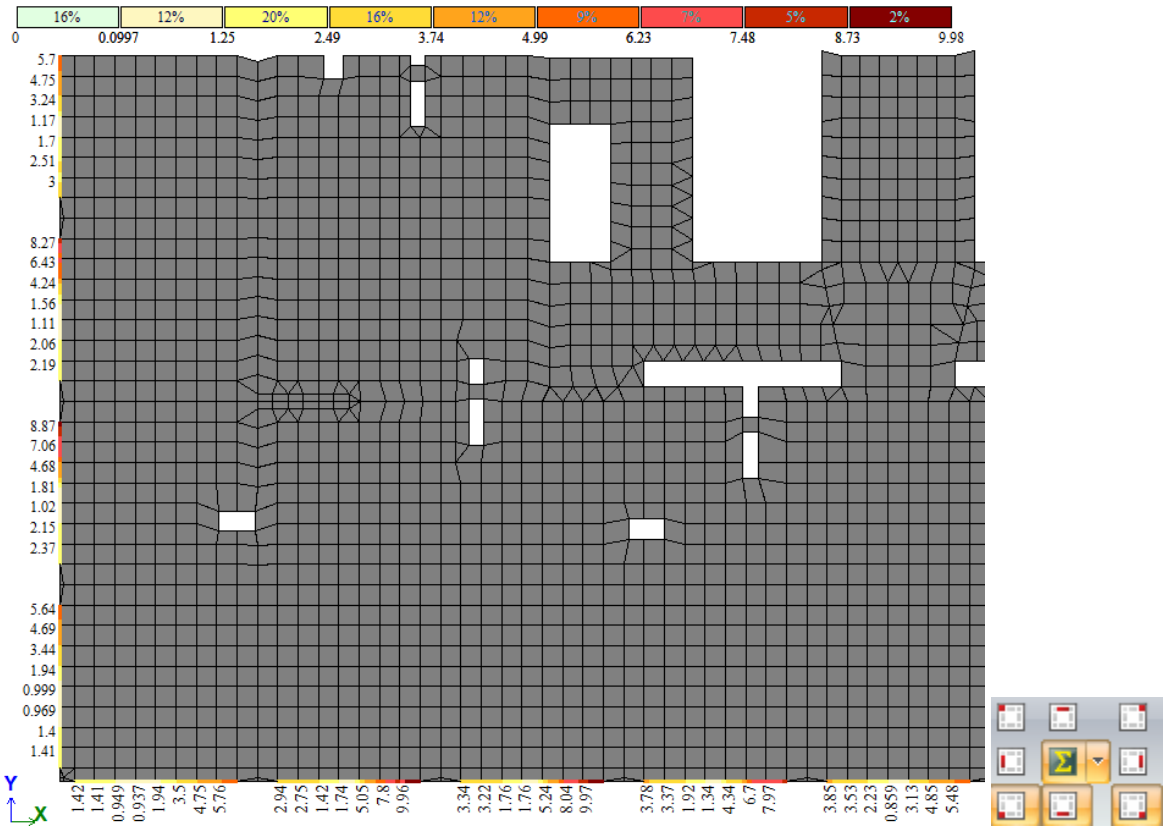


Требуемое нижнее армирование по X

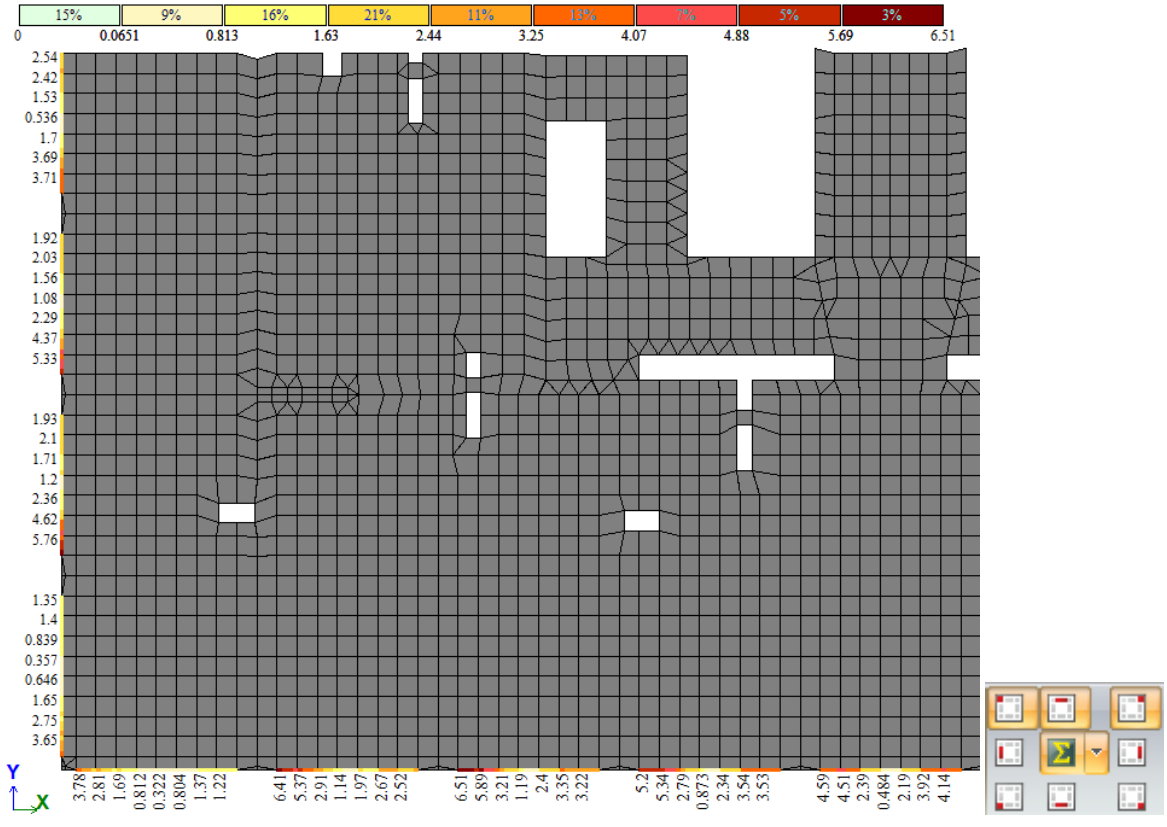


Требуемое нижнее армирование по Y

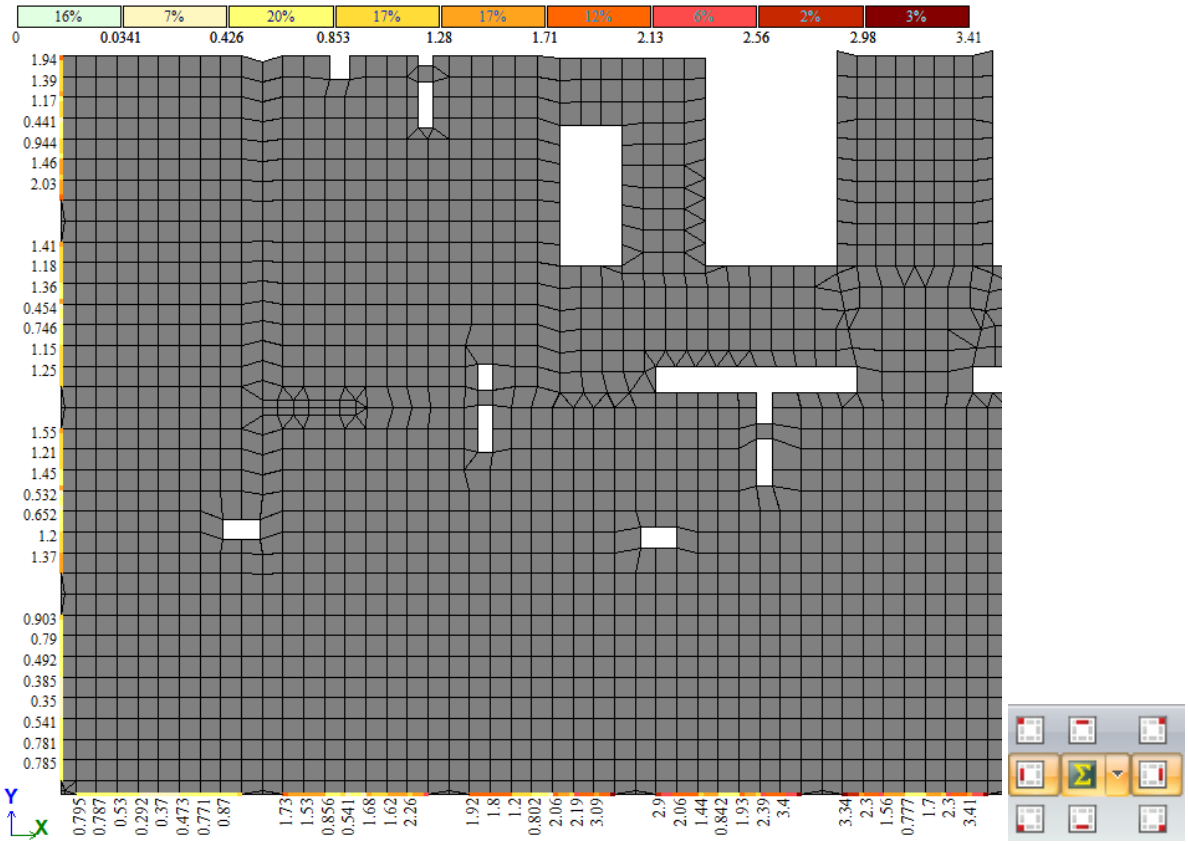
Результаты подбора требуемого армирования в балке



Требуемое нижнее армирование



Требуемое верхнее армирование



Требуемое боковое армирование (не поперечное, а именно боковое продольное)

Иногда программа устанавливает продольное боковое армирование (как показано выше) даже несмотря на галочку «устанавливать боковую арматуру в полке». Это связано с тем, что балка (в особенности контурная) изгибается всегда в двух плоскостях и рабочей арматурой может являться не только верхняя и нижняя, а еще и боковая.

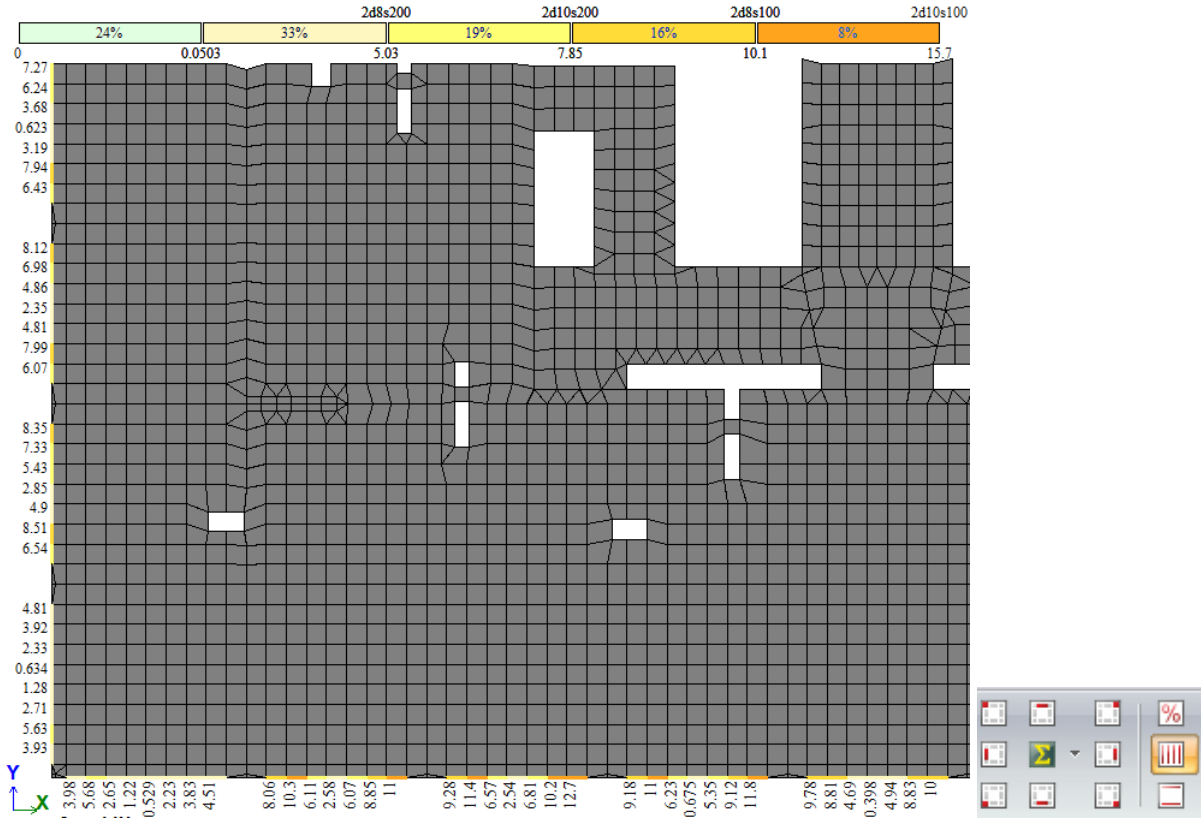
Где располагать боковую арматуру?

Есть два способа расположения:

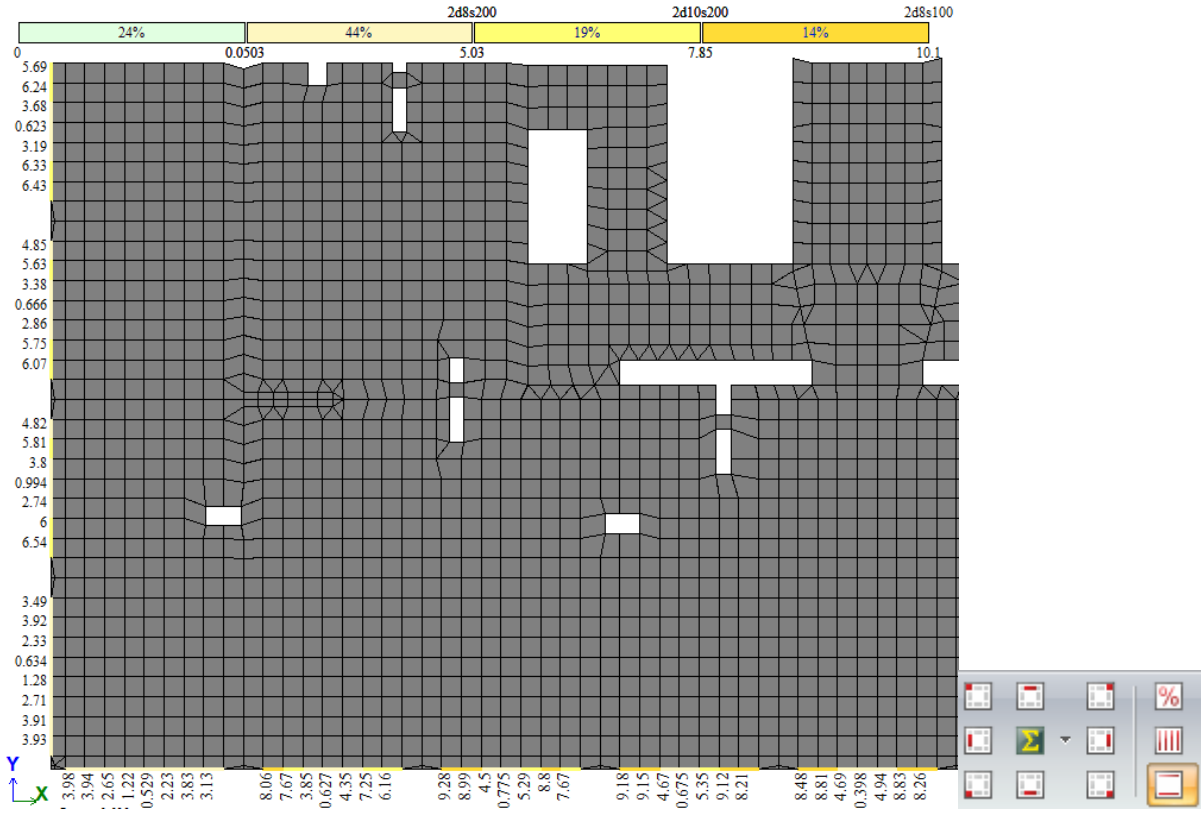
1 Способ. Если расстояние между стержнями верхний и нижней грани менее 400мм и менее чем 1,5 ширины балки (требования исходя из конструктивных особенностей предельного максимального расстояния между стержнями).

Боковая арматура вручную распределяется между нижним и верхним армированием. Если действовать в запас, то к и к низу и к верху прибавляется максимальное значение требуемой боковой арматуры.

2 Способ. Располагать боковое армирование так как требует расчет. Т.е. располагать ее на боковой грани равномерно.

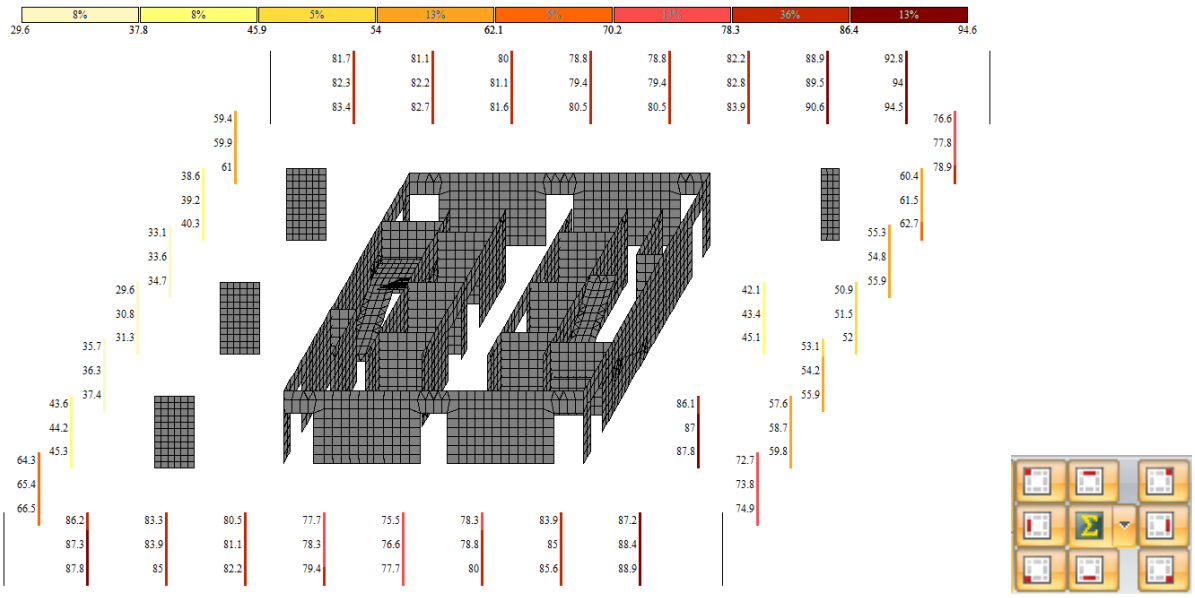


Требуемое поперечное армирование по вертикали

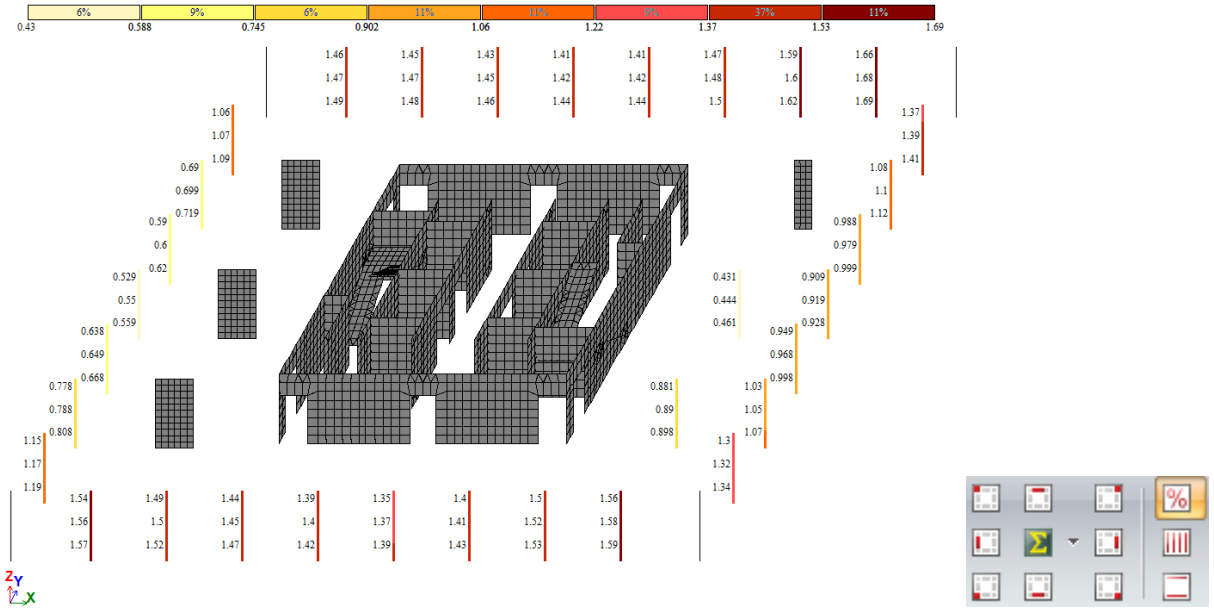


Требуемое поперечное армирование по горизонтали

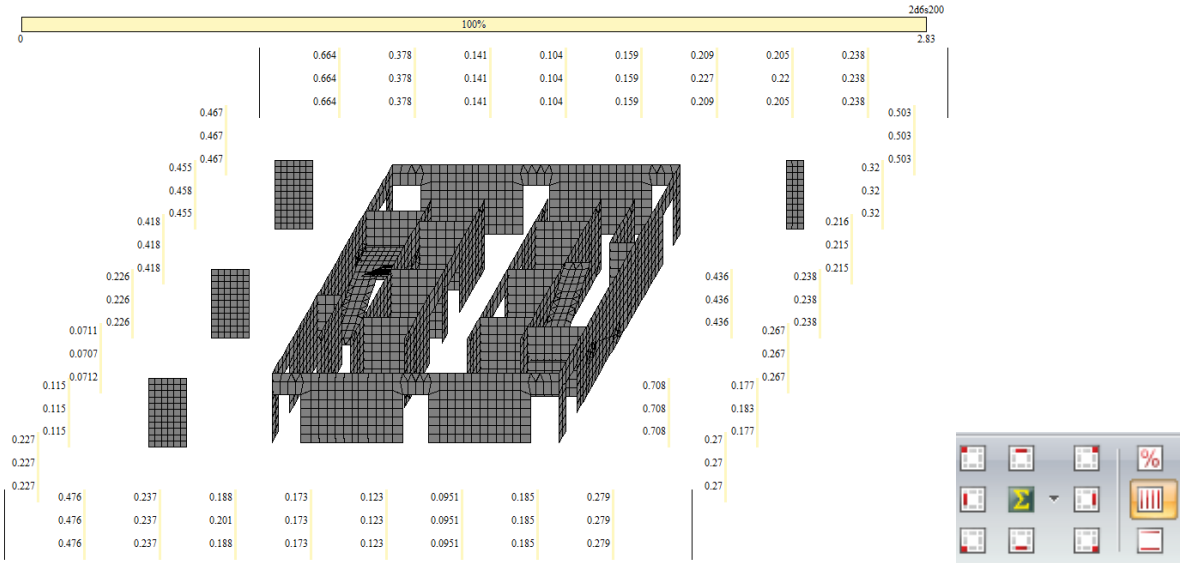
Результаты подбора требуемого армирования в колоннах/пилонах



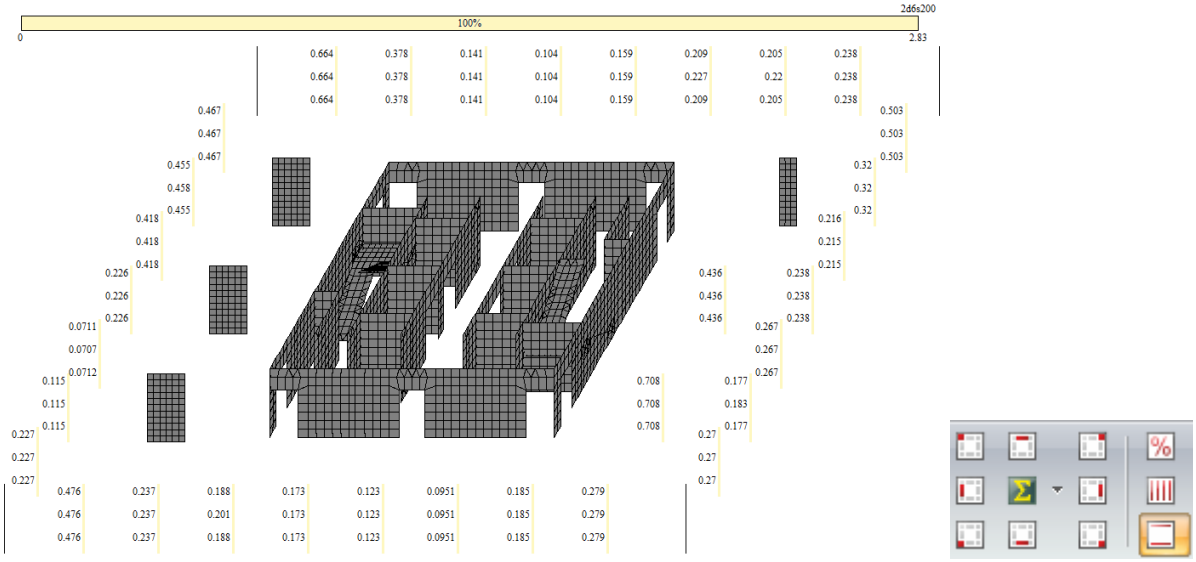
Требуемое продольное армирование, см²/пог. м



Требуемый процент армирования



Требуемое поперечное армирование. Сторона 1.



Требуемое поперечное армирование. Сторона 2.

В определении поперечного армирования важно понимать, что даже если на изополях в колоннах не требуется поперечное армирование, то это не значит что его не нужно ставить вовсе. Армирование ставится в этом случае по конструктивным требованиям исходя из необходимости обеспечения устойчивости сжатой арматуры от выпучивания.

3.3. Проверка фактического армирования. ТЗА.

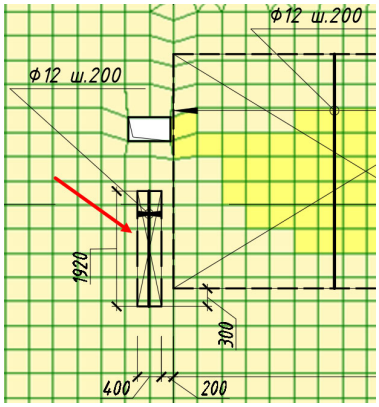
Пластинчатые элементы.

Плиты

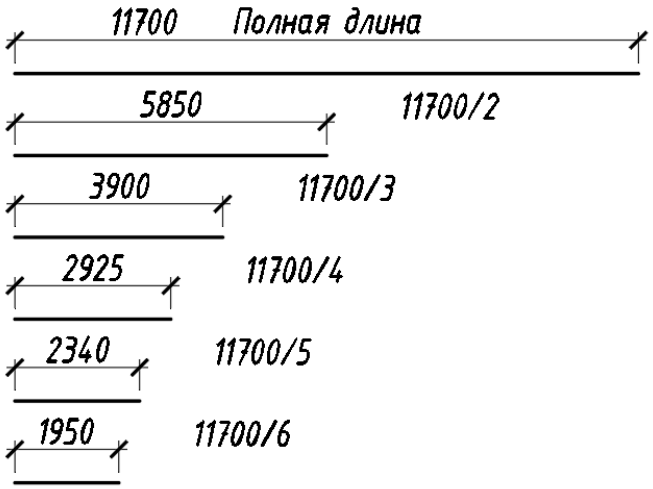
Принципы раскладки армирования в плитах перекрытия:

1. Выделяются элементы и этажи, у которых абсолютно одинаковые габариты, а армирование очень близко по зонам и диаметрам. На них делается «огибающая» раскладка, т.е. берутся наихудшие зоны и по ним делается единый чертеж. Это делается для того, чтобы минимизировать количество чертежей и ускорить процесс их выпуска. Понятно, что иногда, армирование будет несколько больше, чем его требуется на некоторых зонах. Часто, например, можно увидеть армирование плиты перекрытия типового этажа.

Пример зоны, где по изополю одного перекрытия участок не требуется, а армирование установлено по изополю другого перекрытия.



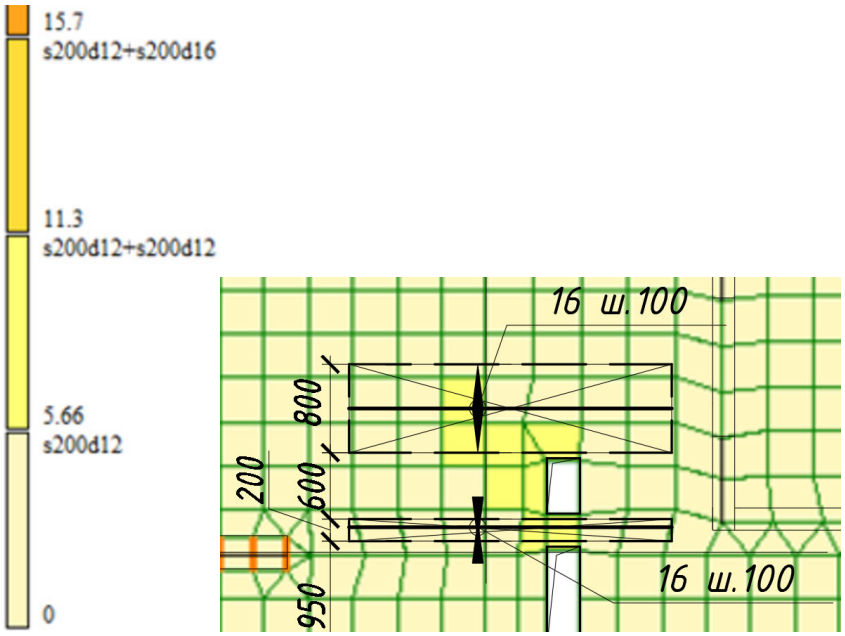
2. Длина стержней. Рекомендовано принимать длину стержней путем деления стандартного хлыста 11,7м на равные части. Понятно, что это не всегда получится сделать. Например, если стержня 3900 не хватает и требуется, поставить чуть длиннее условно 4200, то лучше поставить 4200, чем 5850. Длинный обрезок пойдет в другое место или может быть разделен на иные части.



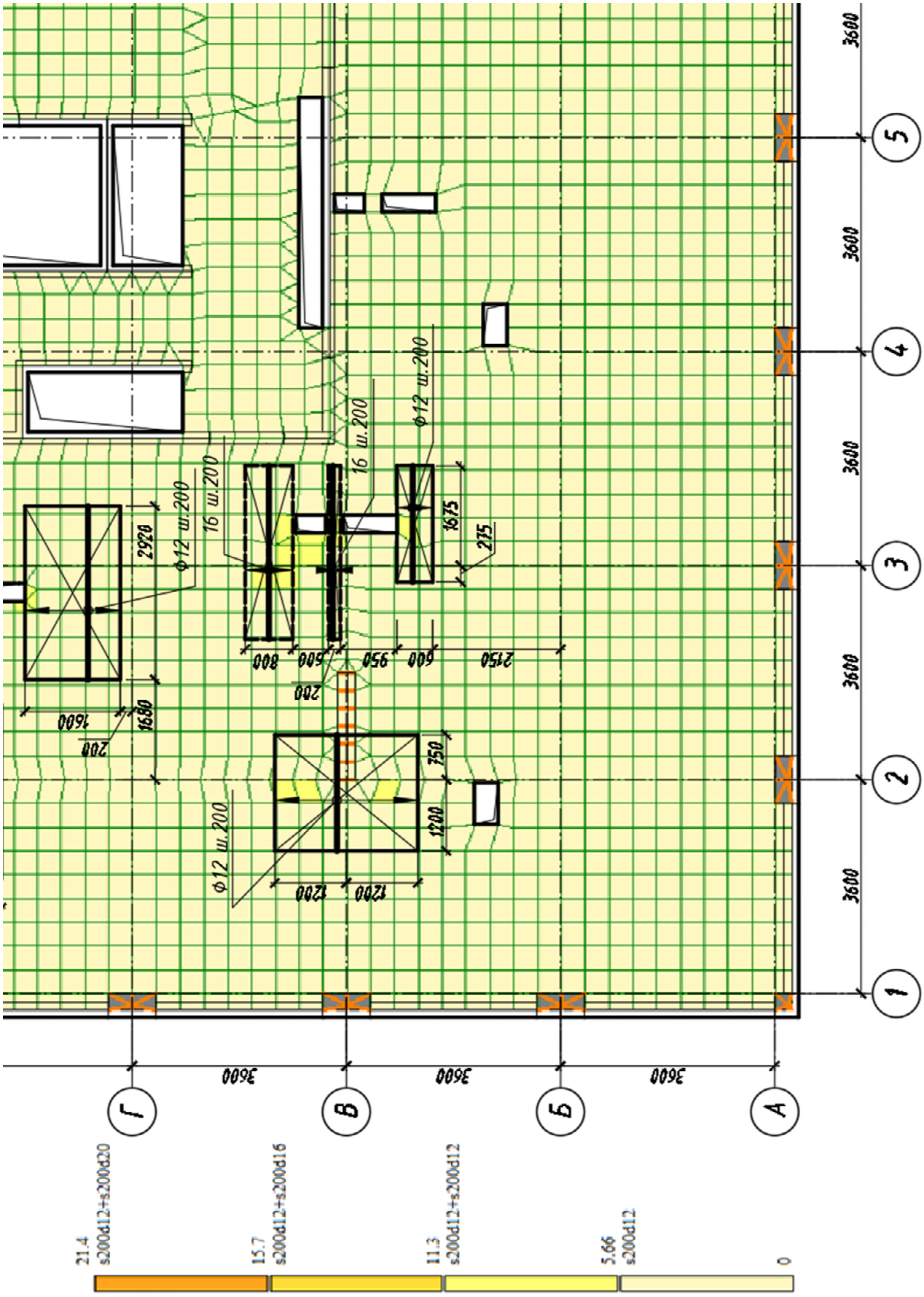
3. Рекомендации автора(не нормы).

3.1. На отверстиях 300…500мм дополнительное армирование смещается влево и вправо от отверстия. Это связано с тем, что передача усилия с одного сечения на другое через само отверстие происходить не может.

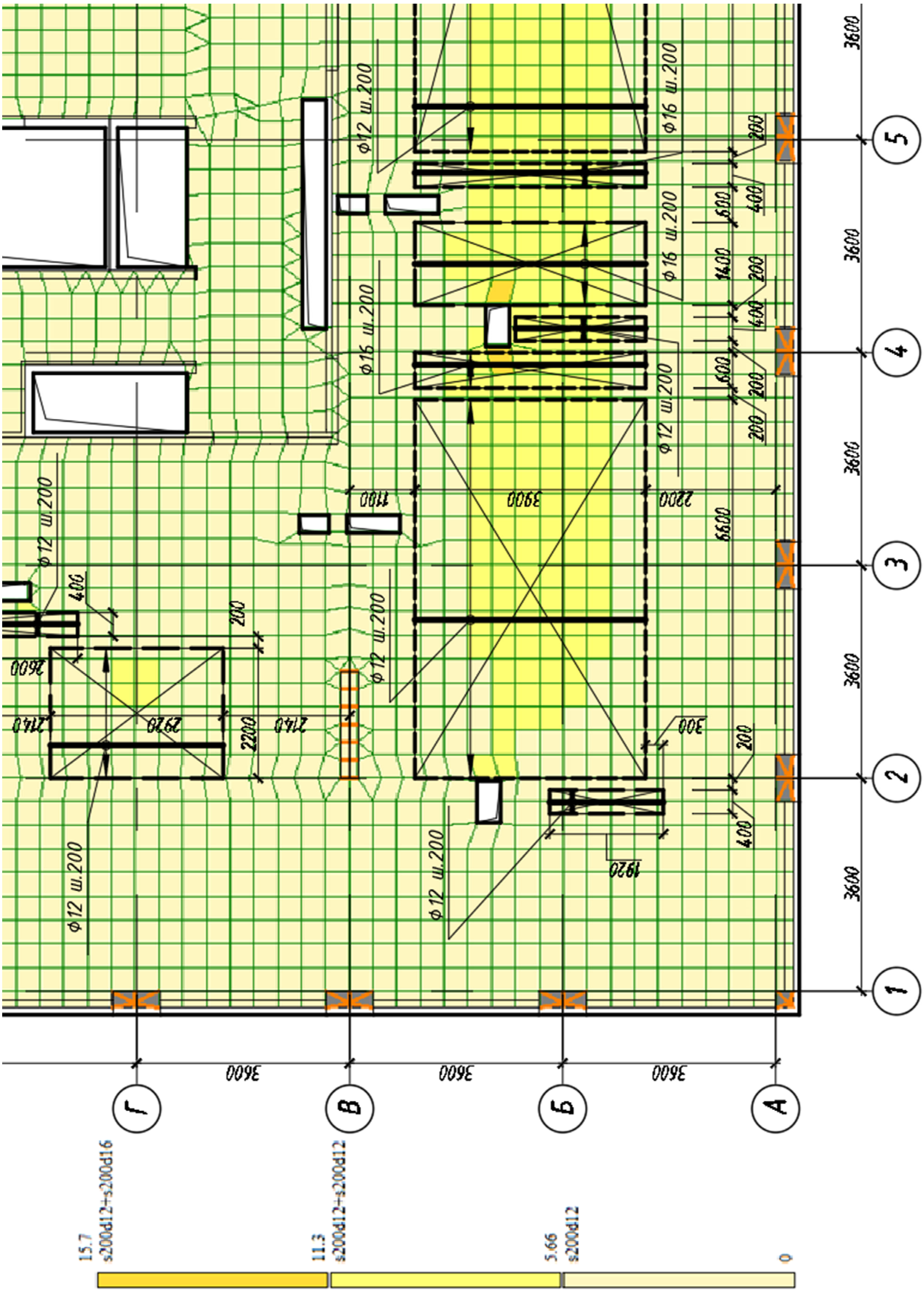
Пример.



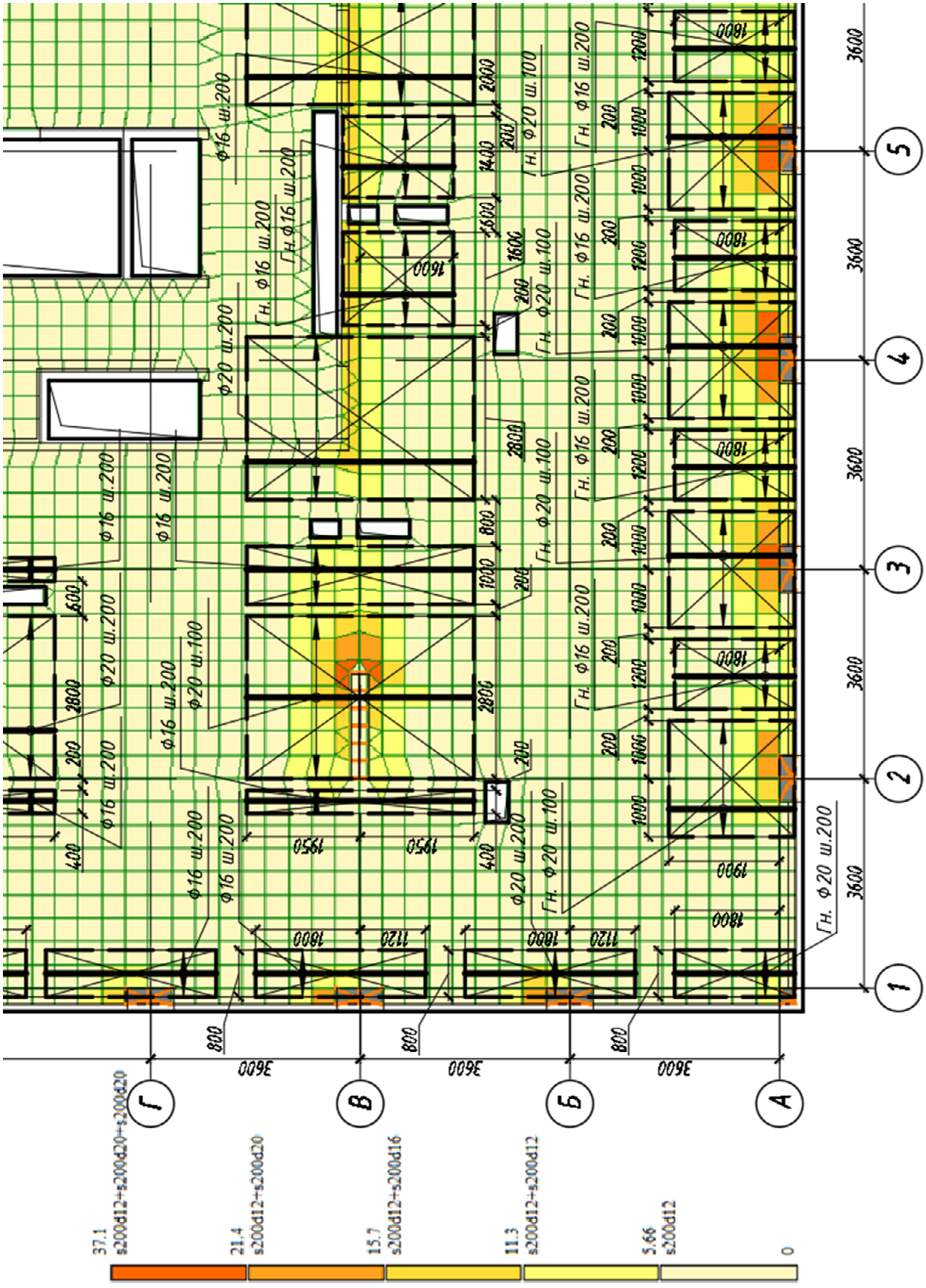
3.2. На отверстиях более 500мм дополнительное армирование рекомендовано увеличить и слева и справа конструктивно.



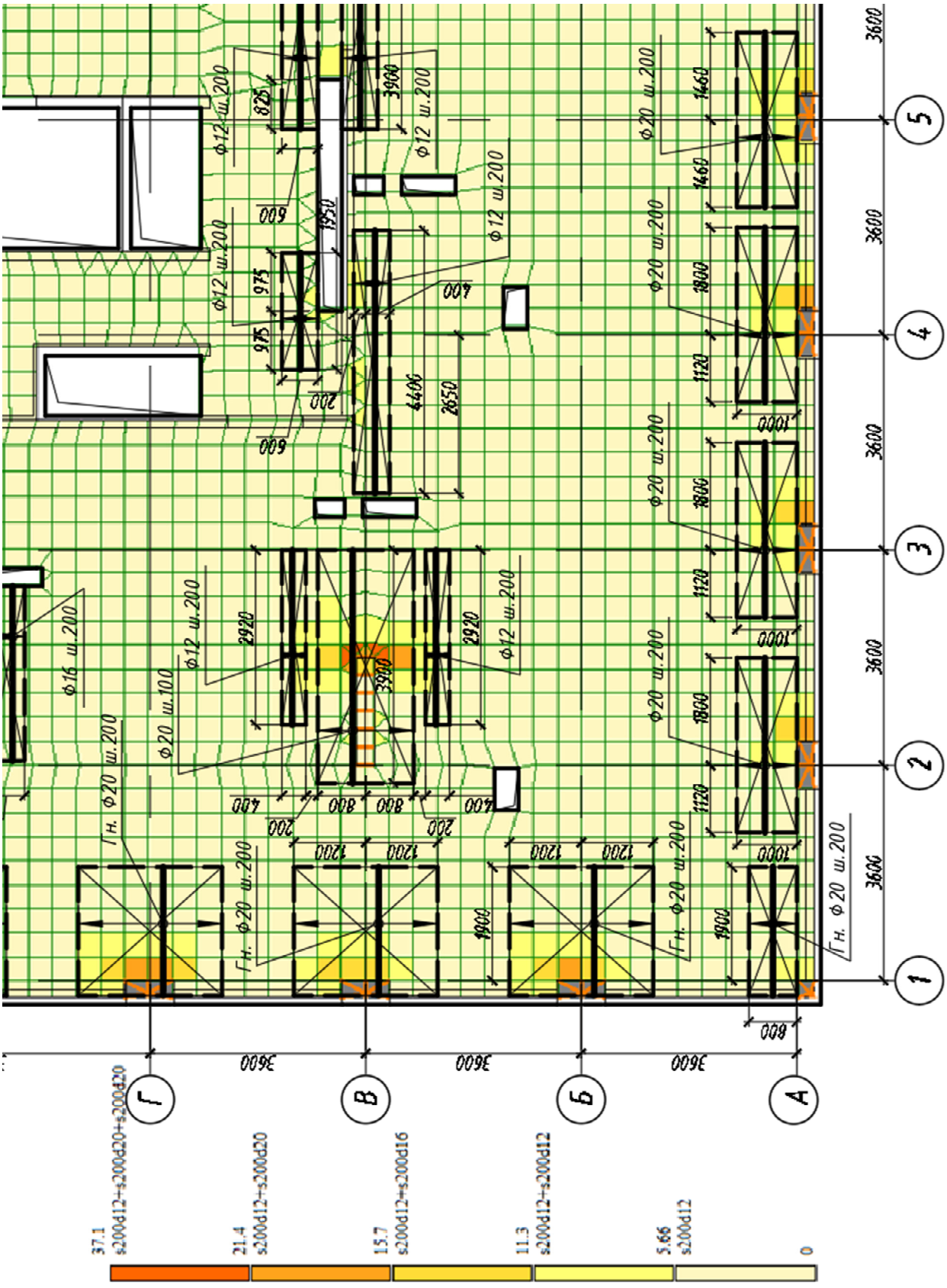
Фактическое армирование с наложением изополя одного из перекрытий. Нижнее по X.



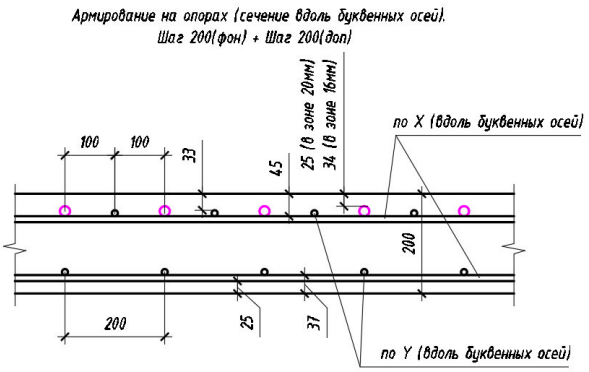
Фактическое армирование с наложением изополя одного из перекрытий. Нижнее по Y.

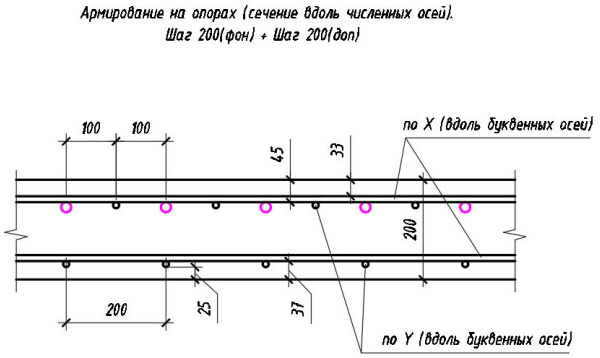


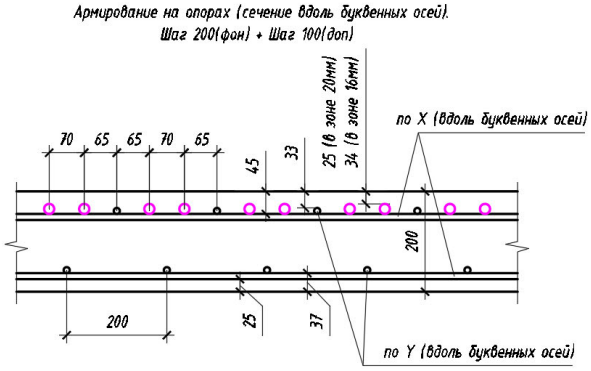
Фактическое армирование с наложением изополя одного из перекрытий. Верхнее по Y.

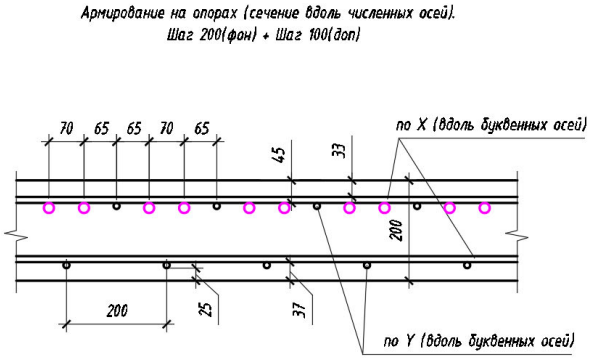


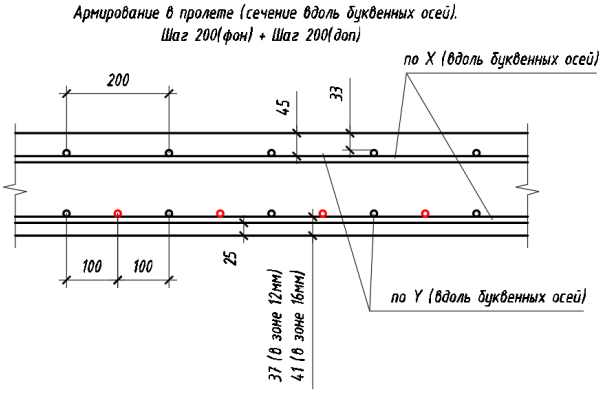
Фактическое армирование с наложением изополя одного из перекрытий. Верхнее по X.

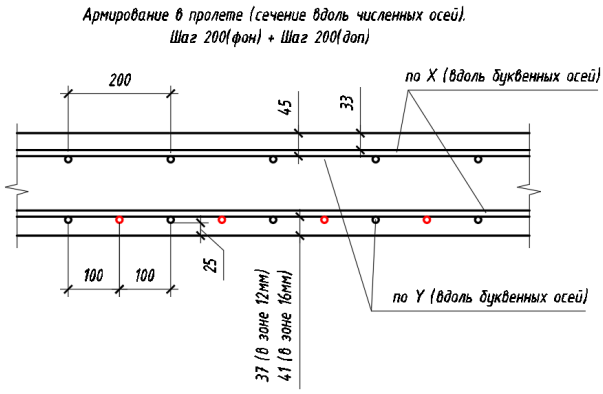












Пояснения для зон где ставится 2 стержня дополнительного армирования между фоновыми стержнями:

В программе задается шаг фоновой арматуры 200мм и шаг дополнительной 100мм. Шаг 100мм является осреднением, поскольку реально арматура располагается с шагом 130 и 70, т.е. в среднем (130+70)/2=100

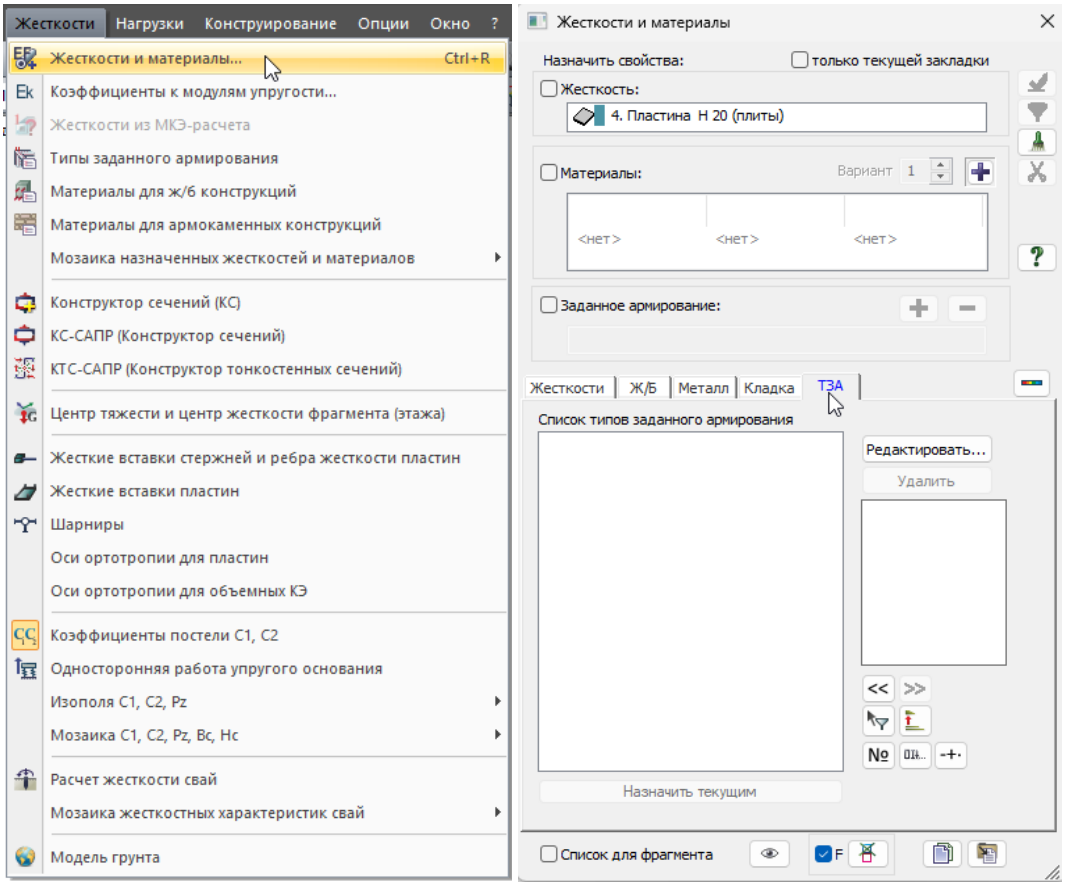
ТЗА – типы заданного армирования. Данный инструмент позволяет расставить фактическое армирование.

Алгоритм назначения и расчета.

1. ТЗА

Переходим в «Жесткости и материалы»  .

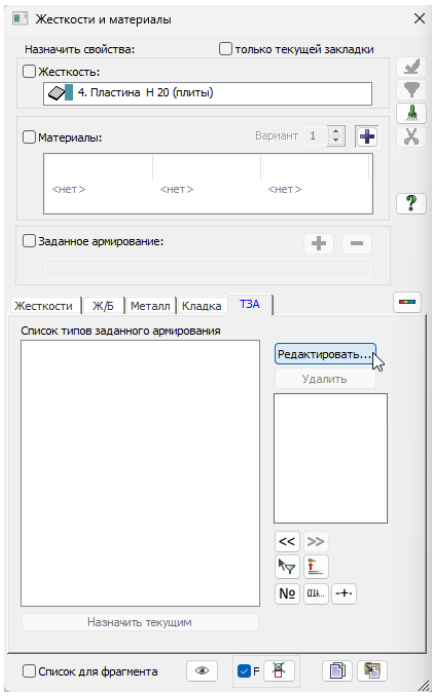
Выбираем вкладку ТЗА.



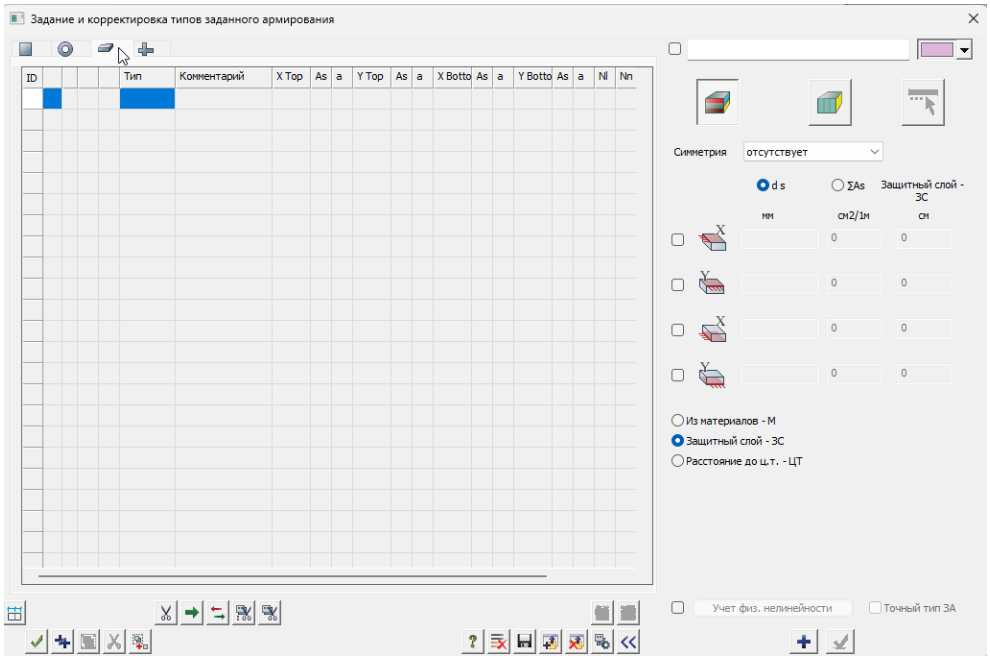
2. Задание армирования на пластины.

Перед заданием необходимо сделать первичный чертеж с расстановкой армирования по изополям (чертежи для плиты справочника приведены выше).

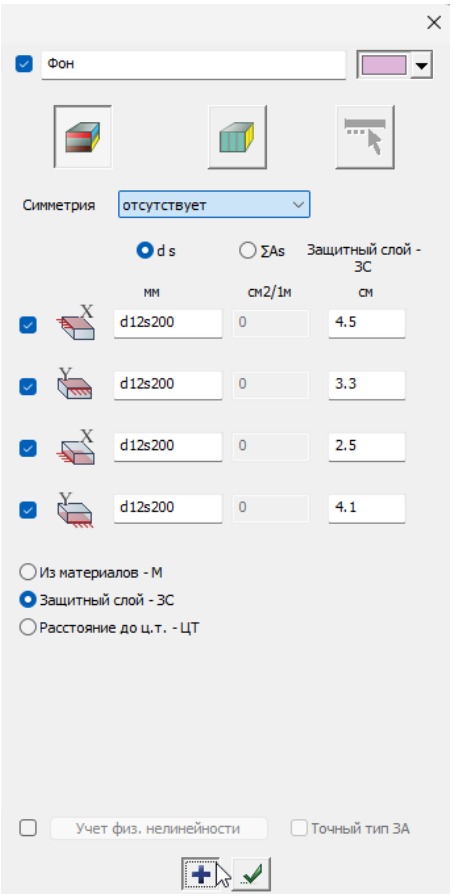
Нажимаем кнопку «Редактировать».



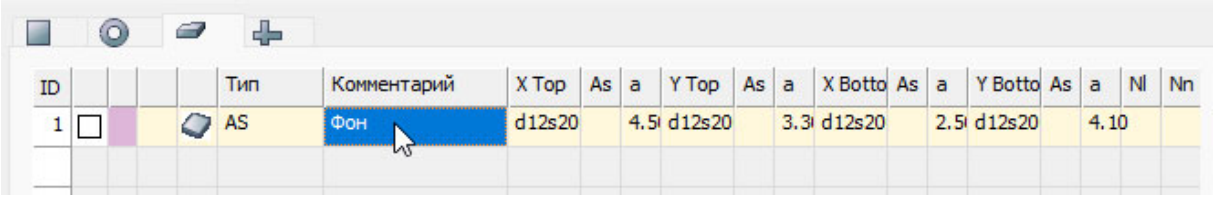
Выбираем «Плиту».



3. Задаем параметры фонового армирования:

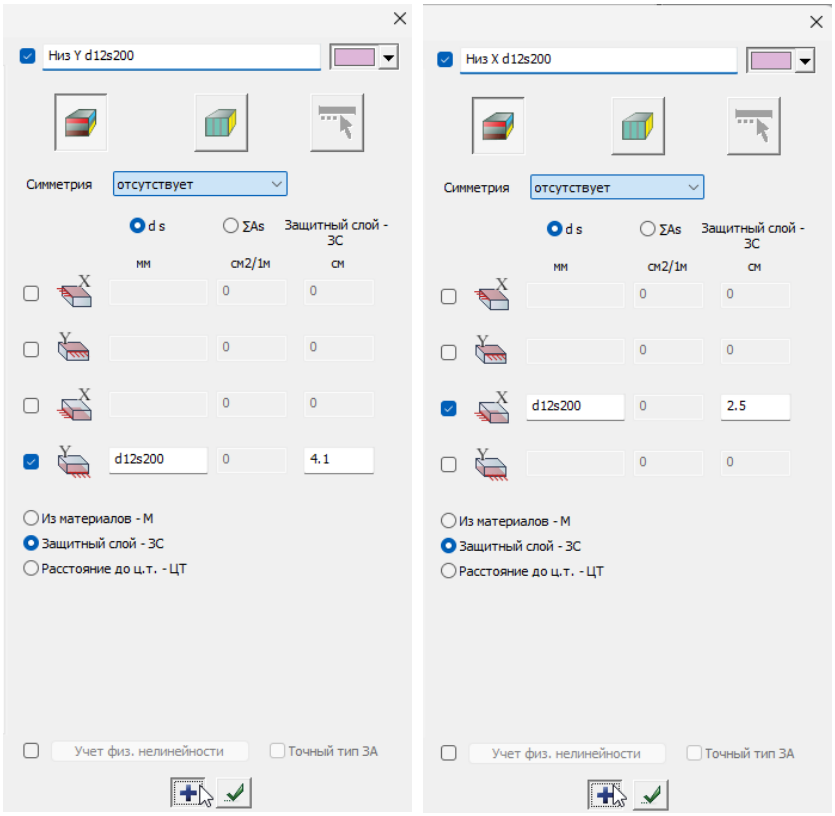


В появившемся окне прописываем комментарий «Фон» к фоновому армированию, чтобы разлечить его потом при назначении на элементы.

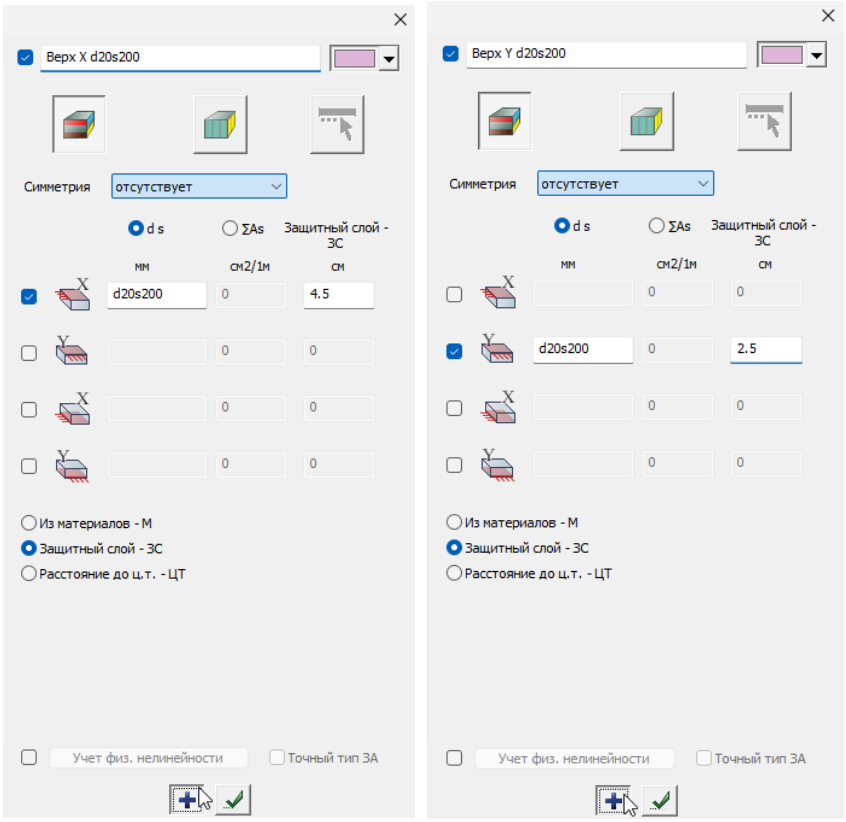


4. Задаем участки дополнительного армирования

Пример задания дополнительного нижнего армирования.

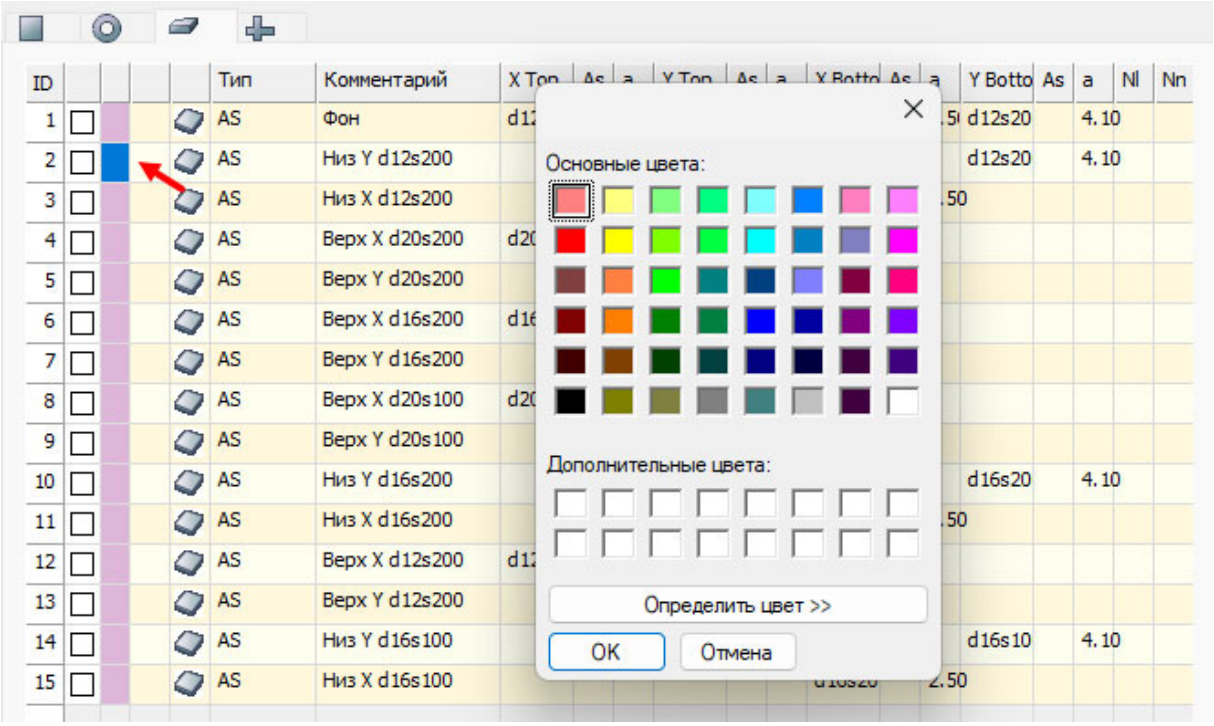


Пример задания дополнительного верхнего армирования.



5. Цвета ТЗА

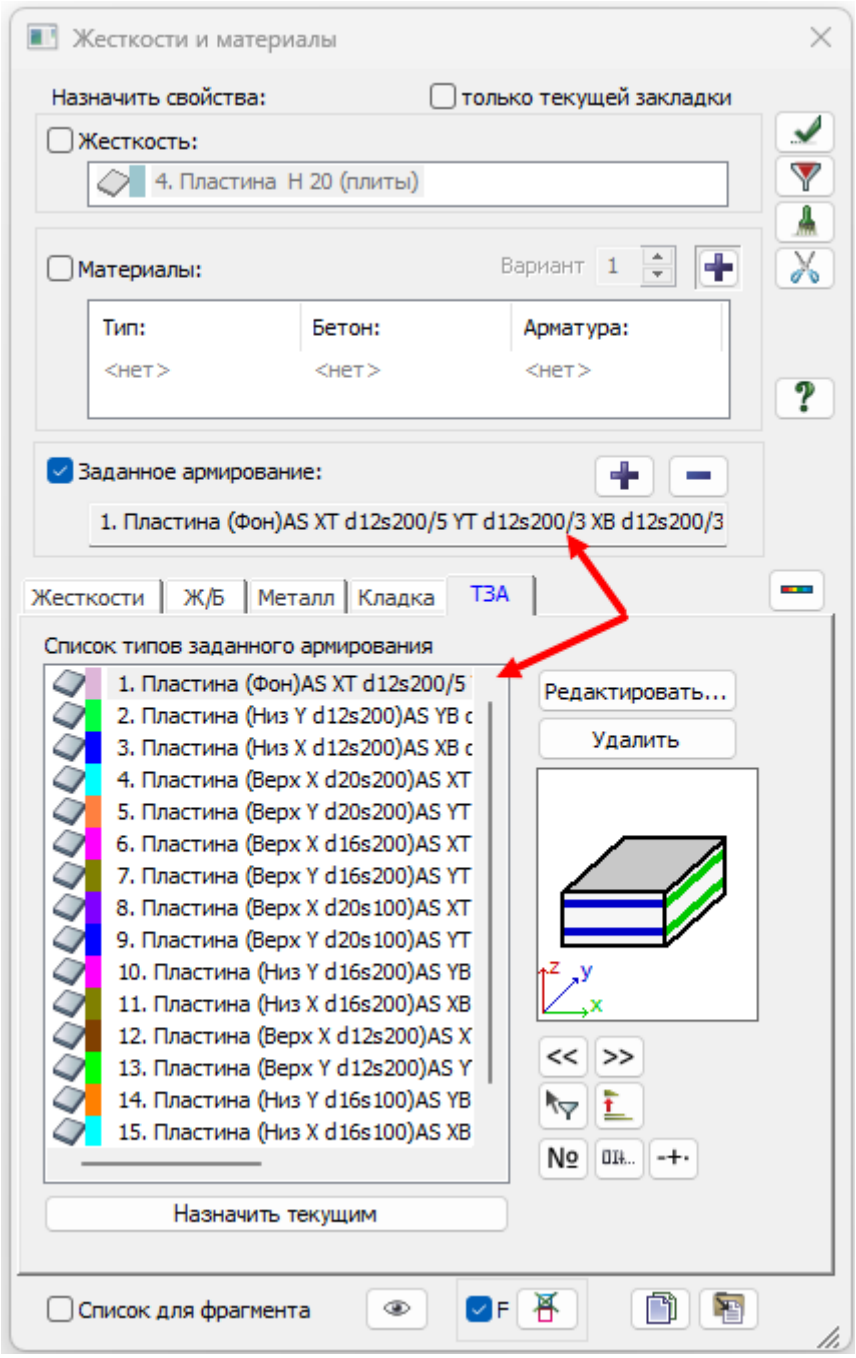
После создания всех типов заданного армирования весьма желательно изменить из цвета на различные. Вызов окна изменения цвета через двойной клик ЛКМ.



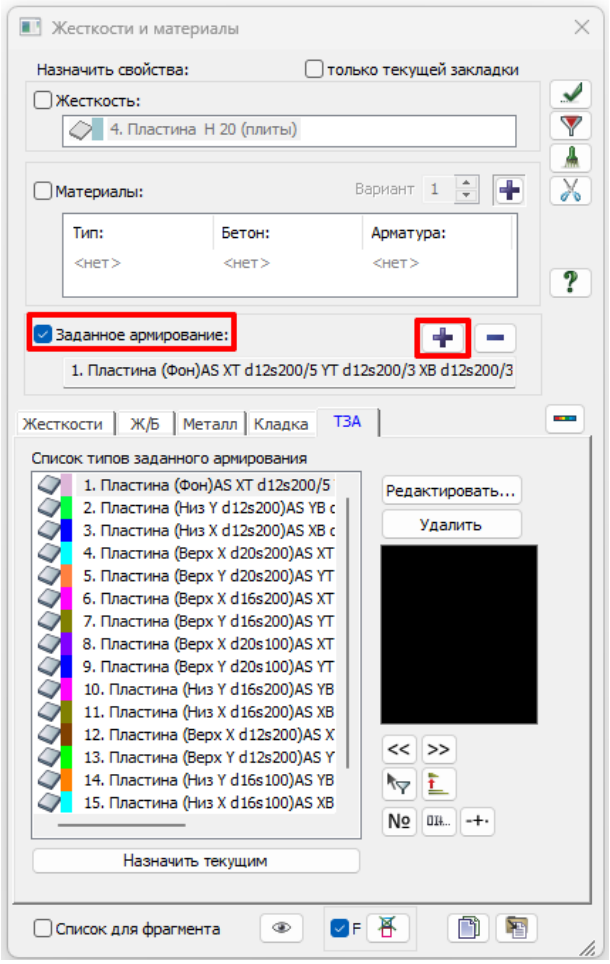
6. Назначаем ТЗА на конструкции.

Выбираем нужный ТЗА. Начинаем назначение с фонового армирования.

При этом важно, чтобы галочки на материалах и на жесткости не были включены.

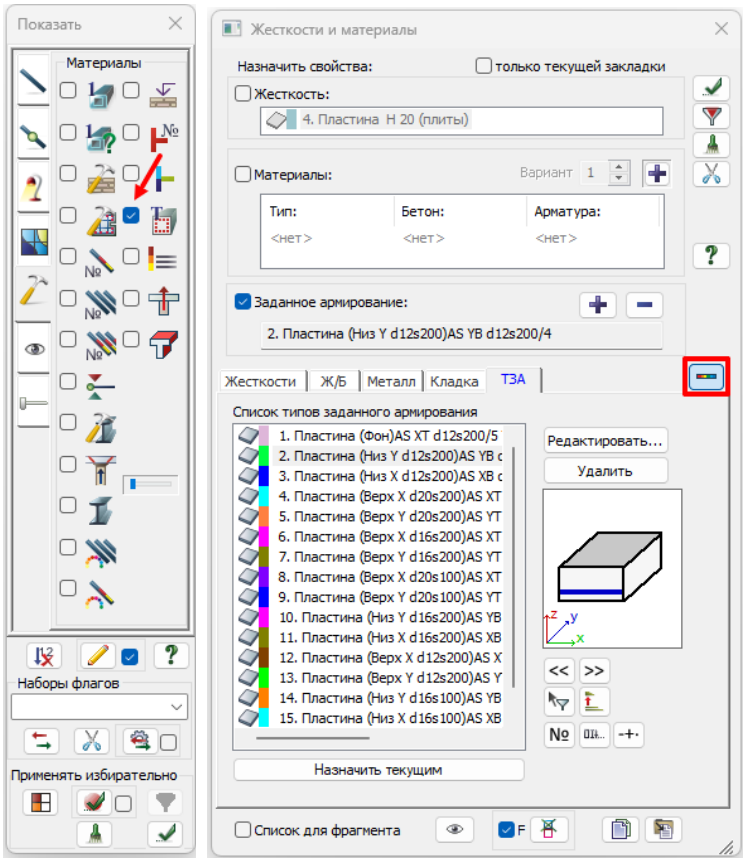

Жесткости и материалы
Назначить свойства:
только текущей закладки
Жесткость:
4. Пластина H 20 (плиты)
Материалы:
Вариант 1
Тип:
Бетон:
Арматура:
<нет>
<нет>
<нет>
Заданное армирование:
1. Пластина (Фон)AS XT d12s200/5 YT d12s200/3 XB d12s200/3
Жесткости
Ж/Б
Металл
Кладка
ТЗА
Список типов заданного армирования
1. Пластина (Фон)AS XT d12s200/5
2. Пластина (Низ Y d12s200)AS YB c
3. Пластина (Низ X d12s200)AS XB c
4. Пластина (Верх X d20s200)AS XT
5. Пластина (Верх Y d20s200)AS YT
6. Пластина (Верх X d16s200)AS XT
7. Пластина (Верх Y d16s200)AS YT
8. Пластина (Верх X d20s100)AS XT
9. Пластина (Верх Y d20s100)AS YT
10. Пластина (Низ Y d16s200)AS YB
11. Пластина (Низ X d16s200)AS XB
12. Пластина (Верх X d12s200)AS X
13. Пластина (Верх Y d12s200)AS Y
14. Пластина (Низ Y d16s100)AS YB
15. Пластина (Низ X d16s100)AS XB
Редактировать...
Удалить
Назначить текущим
Список для фрагмента
F

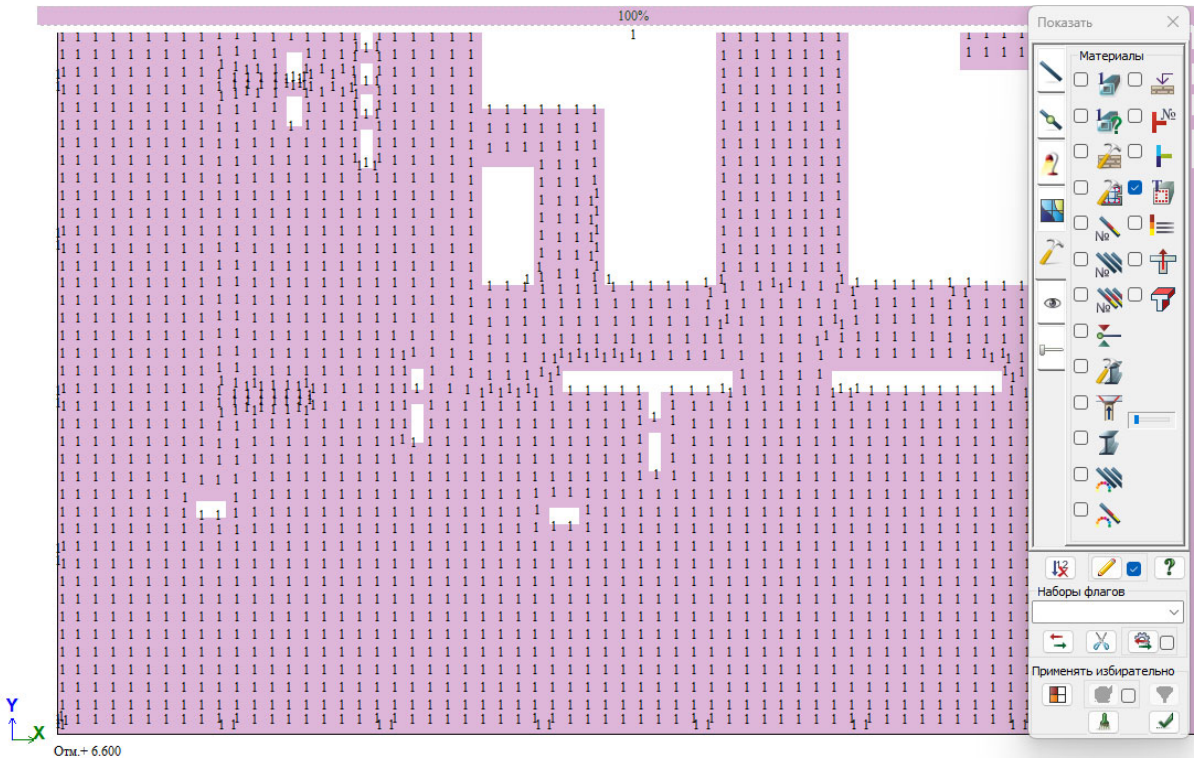
Назначаем фоновое армирование на всю плиту перекрытия. Для этого выделяем ее элементы  и нажимаем плюс  .



Чтобы просмотреть назначение необходимо во флагах рисования  включить отображение номеров  .

Чтобы ТЗА дополнительно отображались цветом необходимо включить палитру  .

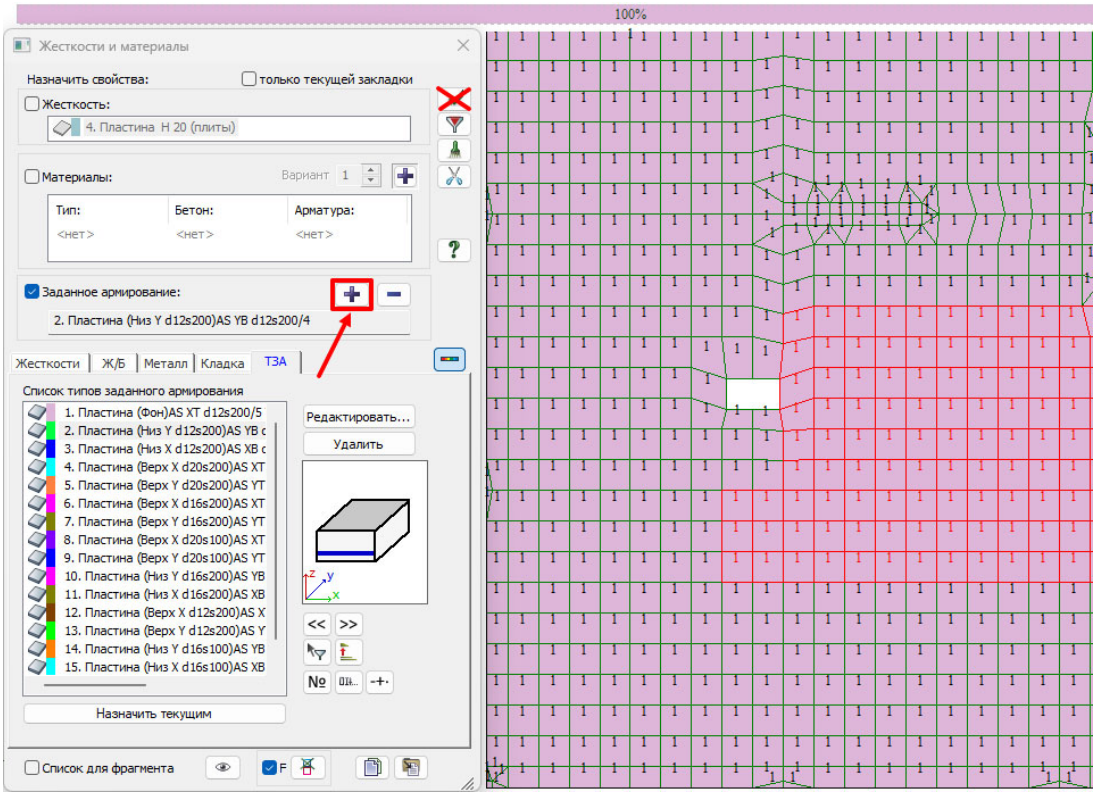

Показать
Материалы
Наборы флагов
Применять избирательно
Жесткости и материалы
Назначить свойства:
только текущей закладки
Жесткость:
4. Пластина H 20 (плиты)
Материалы:
Вариант 1
Тип:
Бетон:
Арматура:
<нет>
Заданное армирование:
2. Пластина (Низ Y d12s200)AS YB d12s200/4
Жесткости
Ж/Б
Металл
Кладка
ТЗА
Список типов заданного армирования
1. Пластина (Фон)AS XT d12s200/5
2. Пластина (Низ Y d12s200)AS YB c
3. Пластина (Низ X d12s200)AS XB c
4. Пластина (Верх X d20s200)AS XT
5. Пластина (Верх Y d20s200)AS YT
6. Пластина (Верх X d16s200)AS XT
7. Пластина (Верх Y d16s200)AS YT
8. Пластина (Верх X d20s100)AS XT
9. Пластина (Верх Y d20s100)AS YT
10. Пластина (Низ Y d16s200)AS YB
11. Пластина (Низ X d16s200)AS XB
12. Пластина (Верх X d12s200)AS X
13. Пластина (Верх Y d12s200)AS Y
14. Пластина (Низ Y d16s100)AS YB
15. Пластина (Низ X d16s100)AS XB
Редактировать...
Удалить
Назначить текущим
Список для фрагмента

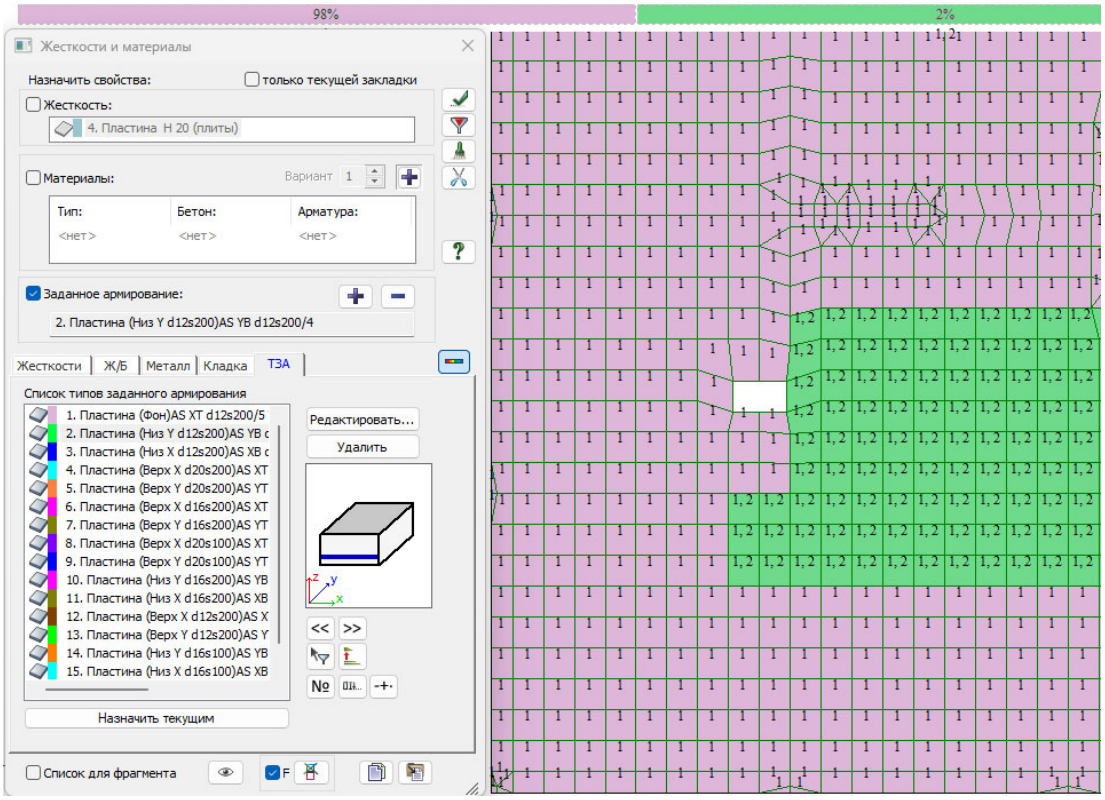

100%
Показать
Материалы
Наборы флагов
Применять избирательно
Отм.+ 6.600

Чтобы задавать дополнительное армирование необходимо и нажимаем плюс 

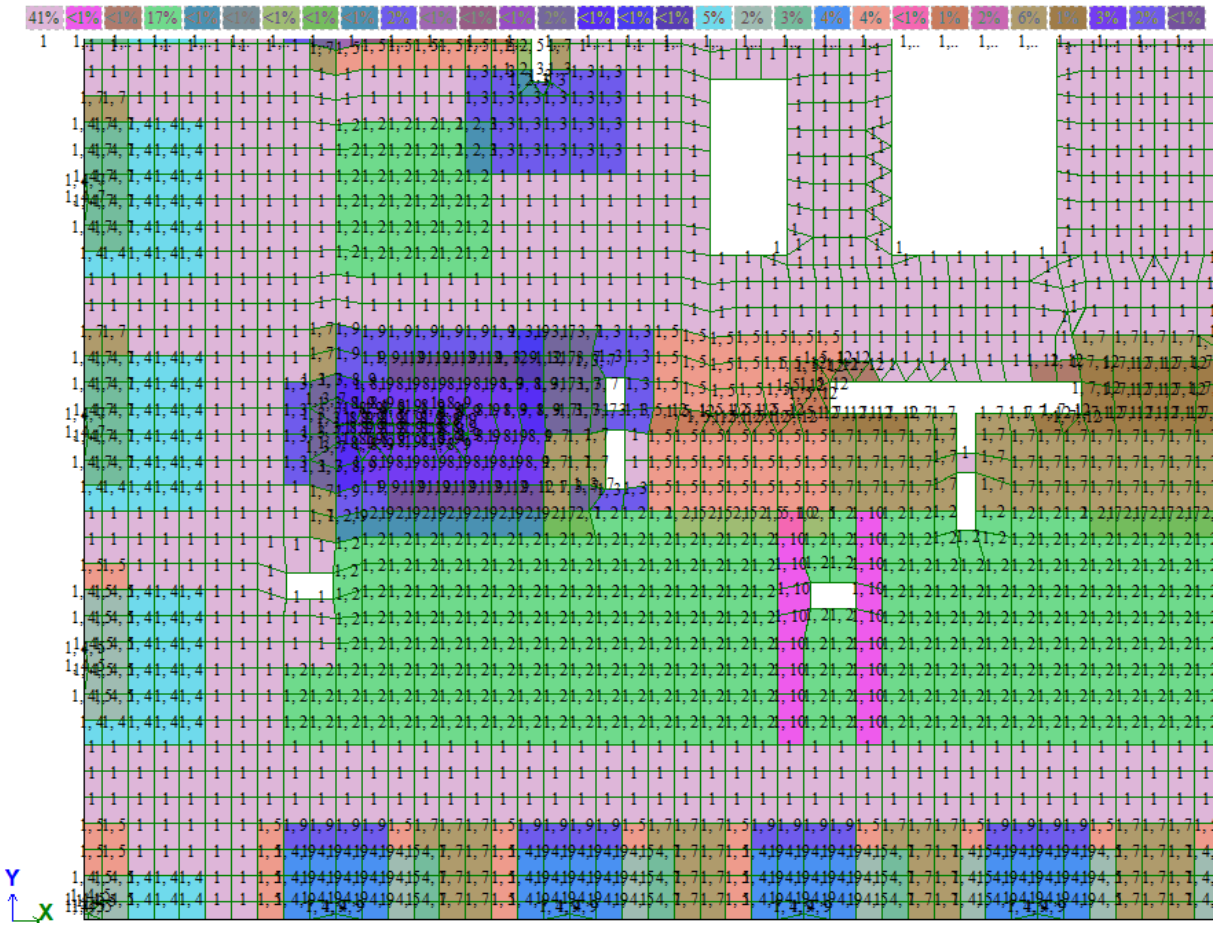
Если нажать галочку, то фоновое армирование будет удалено, а вместо него останется только дополнительное, что неверно.

При правильном назначении номера ТЗА будут обозначаться через запятую.

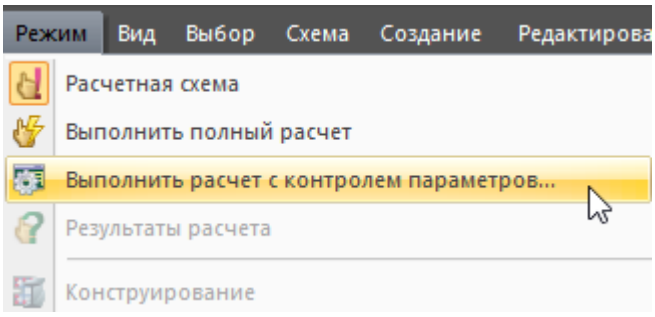




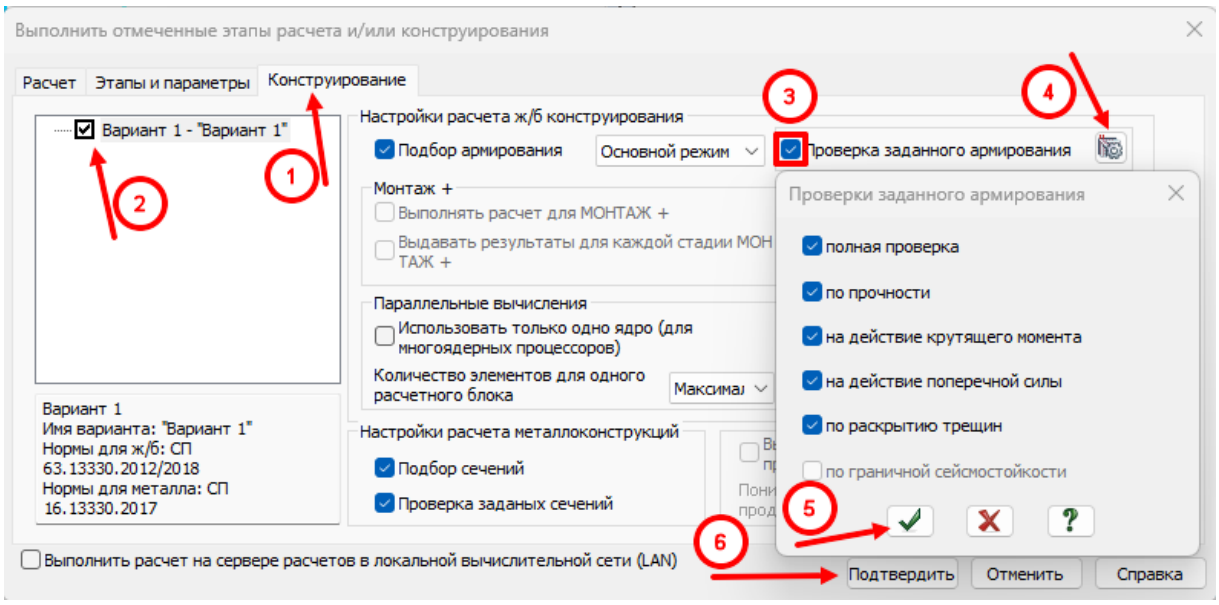
Итог задания всех зон армирования:



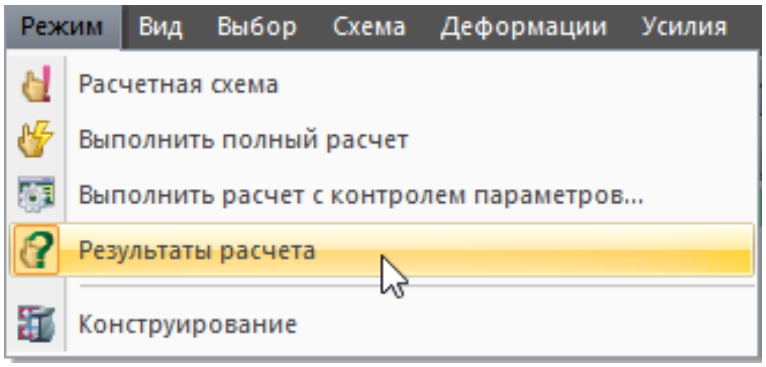
7. После задания всех участков армирования запускаем на расчет.



Для проверки заданного армирования необходимо во вкладке «Конструирование» необходимо нажать галочку напротив «Варианта №1….2» и «Проверка заданного армирования». Далее выполнить настройку проверок  и применить  .

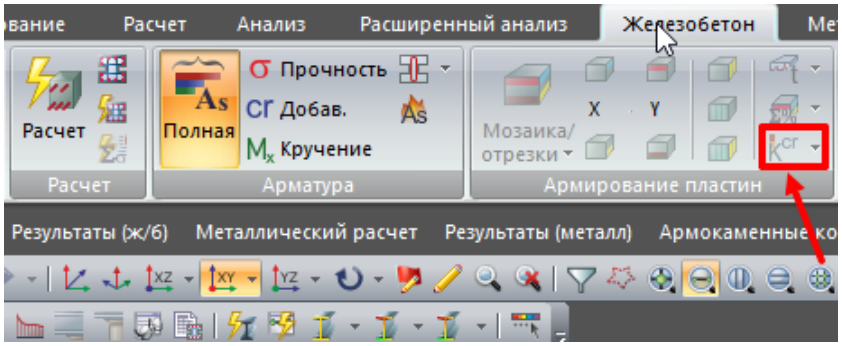


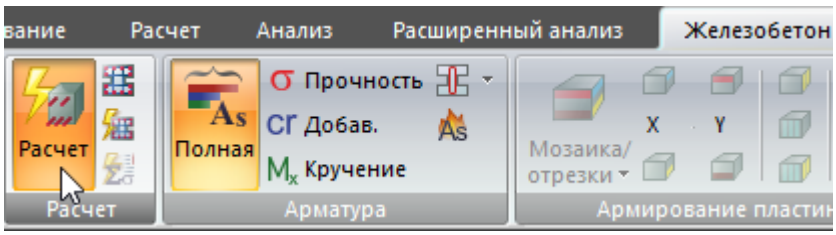
8. Результаты расчета.

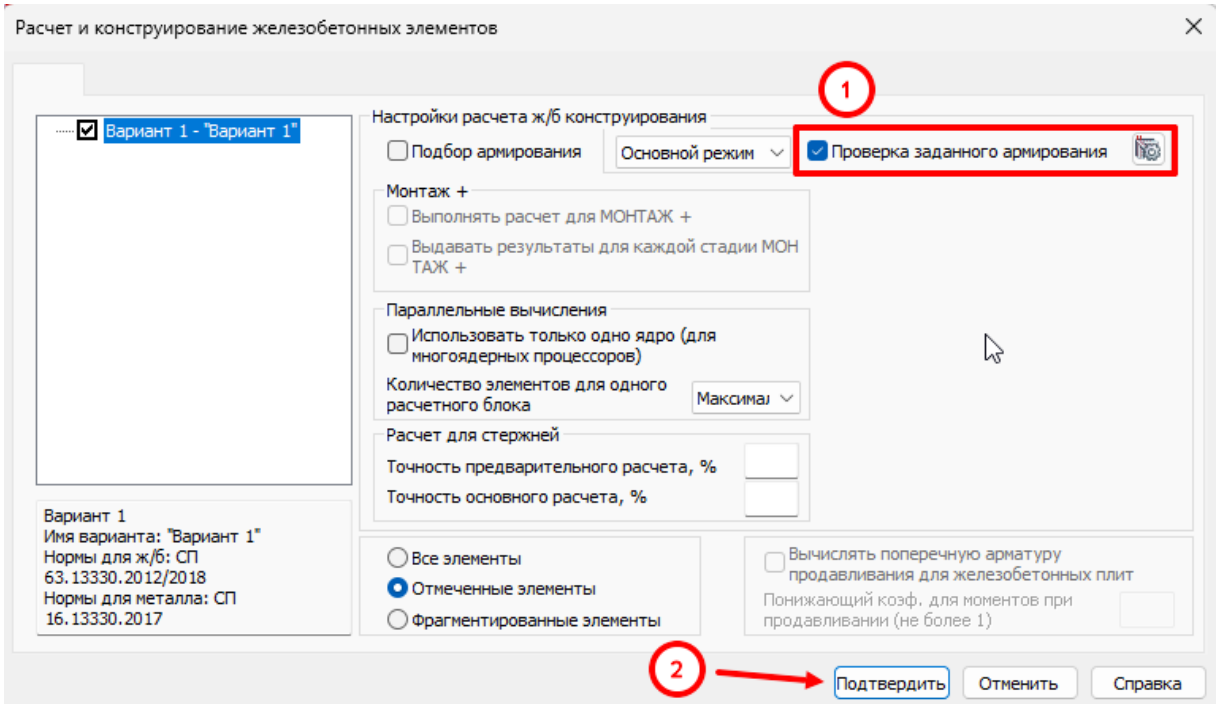


Должна быть активна клавиша коэффициенты запаса армирования  . Если этого не произошло, то переходим в расчет армирования 

и выполняем расчет.

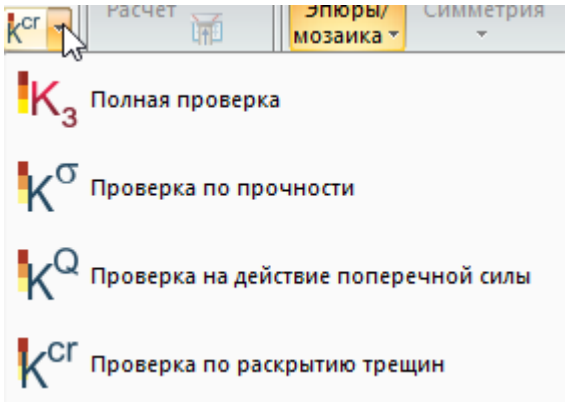






Для просмотра необходимо развернуть вкладку  .

Коэффициенты в шкале – это коэффициенты запаса армирования. Если коэффициент меньше 1, значит армирования в КЭ не хватает и шкала окрашивается в красный и желтый.



Поскольку проверка на продавливание/ на действие поперечной силы  выполняется вручную, поэтому результаты будут некорректны, даже если задать поперечное армирование. Это связано с тем, что поперечное армирование требует ручного осреднения на несколько КЭ.



Рисунок. Результаты расчета по поперечной силе K_Q. Требуются ручные проверки продавливания, поскольку коэффициент меньше 1.

Полная проверка для плит K_3 не просматривается, поскольку в нее включаются результаты по поперечному армированию.

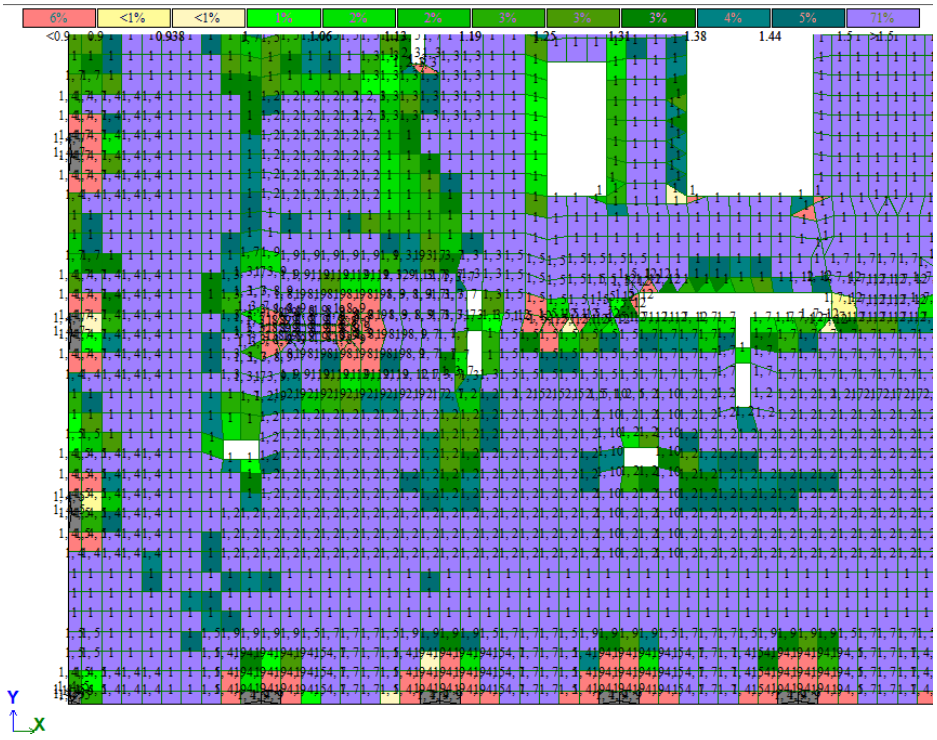


Рисунок. Результаты K_3. Прочность не обеспечена из-за результатов расчета по поперечной силе.

Для плиты просматривают результаты по прочности K^{σ} и трещиностойкости K^{cr}. Если коэффициент запаса больше 1 (картинка «зеленая и фиолетовая»), то делается вывод о достаточности продольного армирования. Если армирования не достаточно, то можно провести физически нелинейный расчет для оценки возможности перераспределения усилий или увеличить армирование.

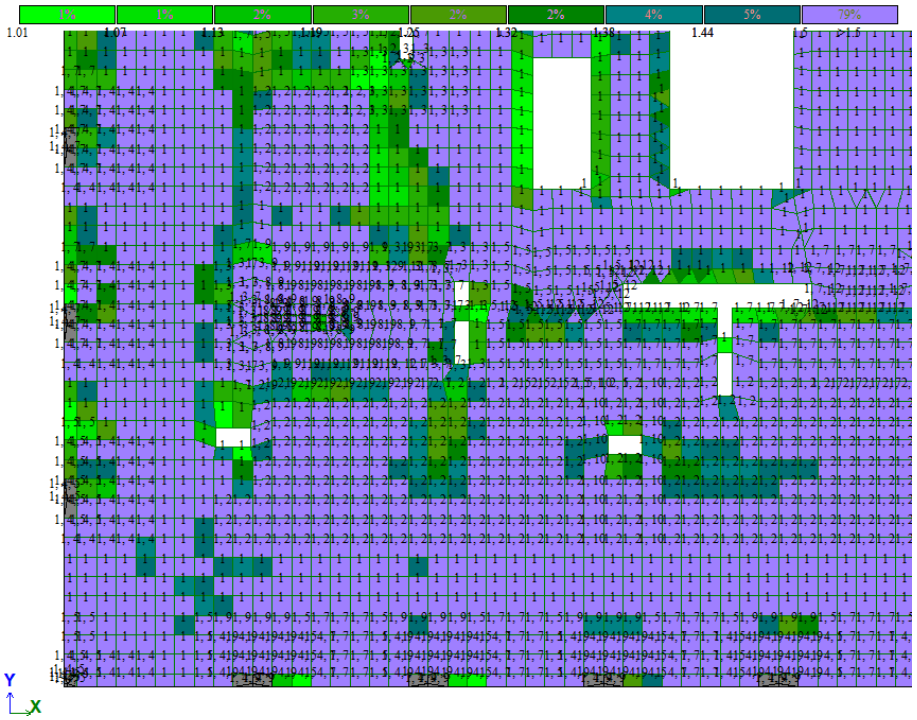


Рисунок. Результаты по прочности (проверка продольного армирования) K^{σ}

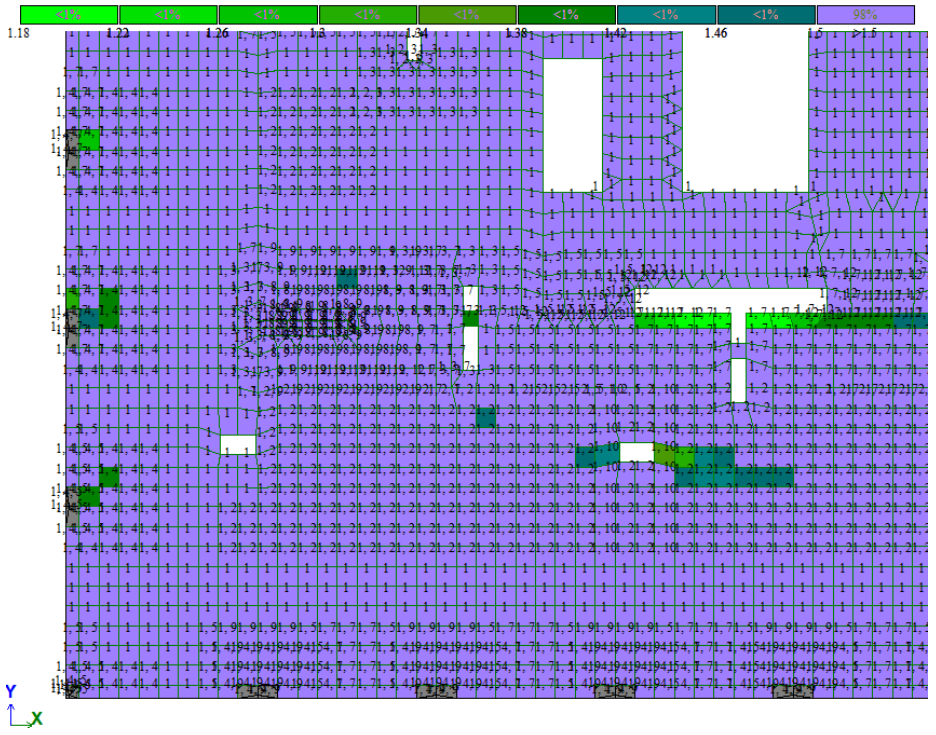


Рисунок. Результаты по трещиностойкости (проверка продольного армирования) K^{cr}

Стержневые элементы.

Колонны/пилоны.

Балки.

Принципы раскладки армирования:

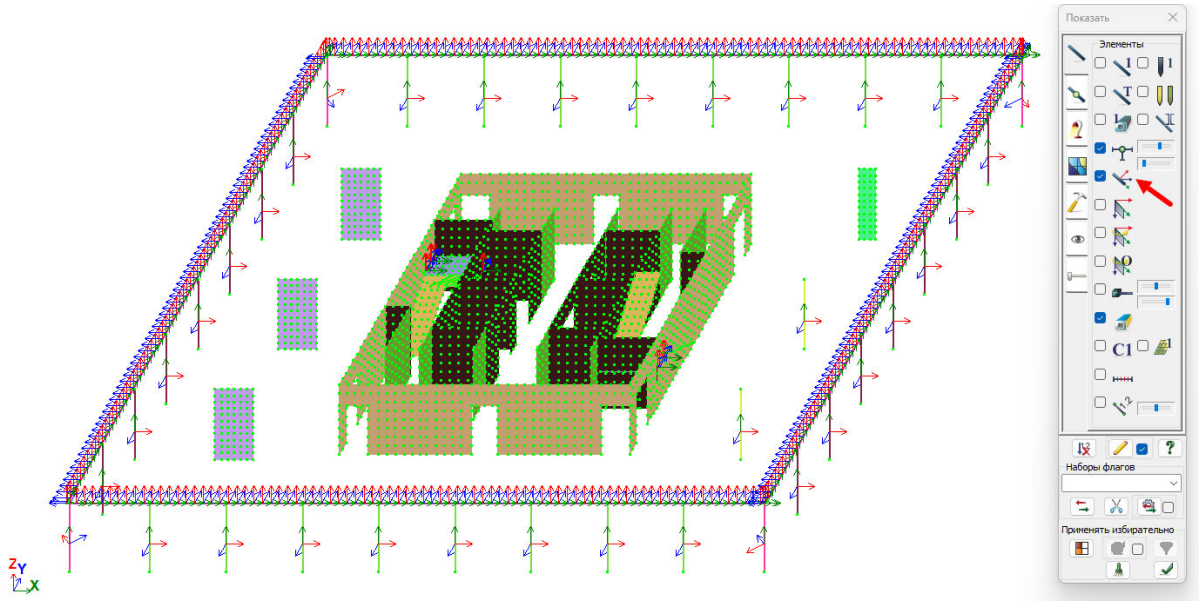
На одном или нескольких этажах выделяются колонны/пилоны/балки, у которых абсолютно одинаковые габариты, а армирование очень близко по проценту (разница до 0,5-1%). Данные элементы армируются одинаково. Это делается для того, чтобы минимизировать количество чертежей и ускорить процесс их выпуска.

ТЗА – типы заданного армирования. Данный инструмент позволяет расставить фактическое армирование.

Алгоритм назначения и расчета.

1. Ориентация осей

Включаем видимость местных осей стержней во флагах рисования  .



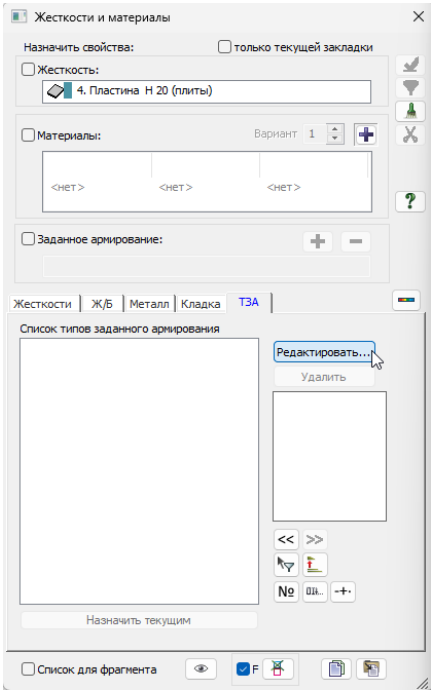
2. ТЗА

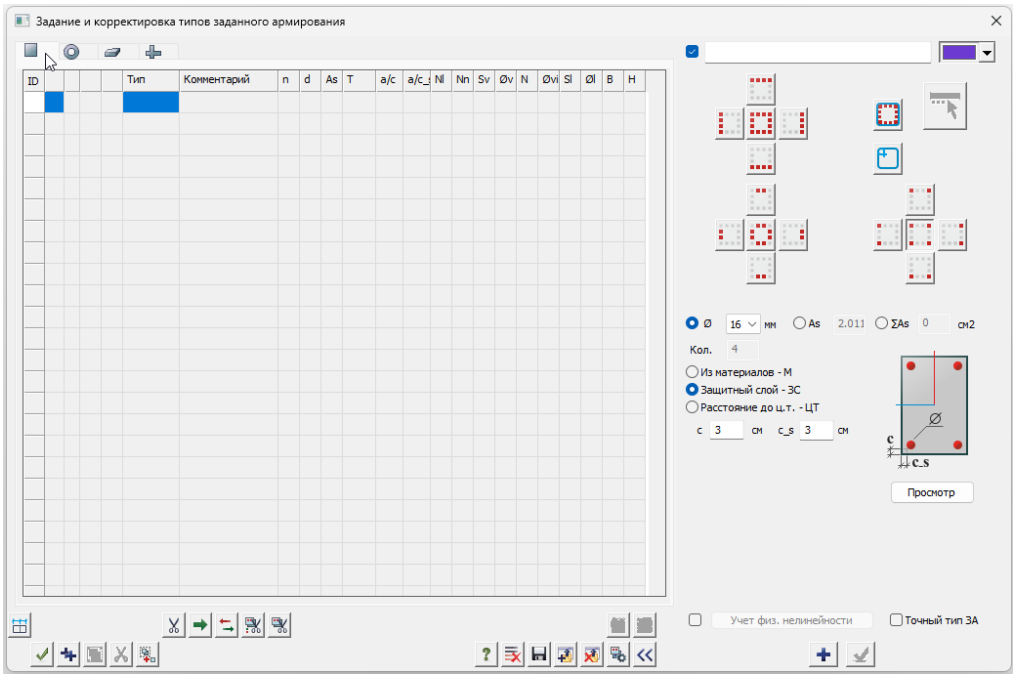
Переходим в «Жесткости и материалы»  .

Выбираем вкладку ТЗА.

3. Задание армирования на стержни.

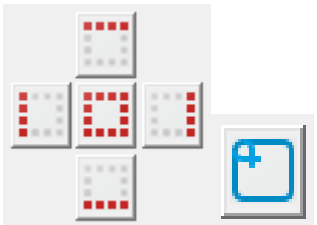
Перед заданием необходимо сделать первичный чертеж с расстановкой армирования по изополям (чертежи для колонны и балки выбранного этажа приведены выше).





4. Колонны.

Для задания армирования понадобятся вот эти кнопки:



Программа расставляет армирование равномерно, а фактически оно может быть расставлено с разным шагом. Небольшая разница в фактических и расчетных расстояниях на результат расчета практически не влиет.

В появившемся окне прописываем комментарий, чтобы разлечить потом при назначении на элементы:

«Колонны 1 тип. 3.300. Верх. Z.»

«Колонны 1 тип. 3.300. Низ. Z.»,

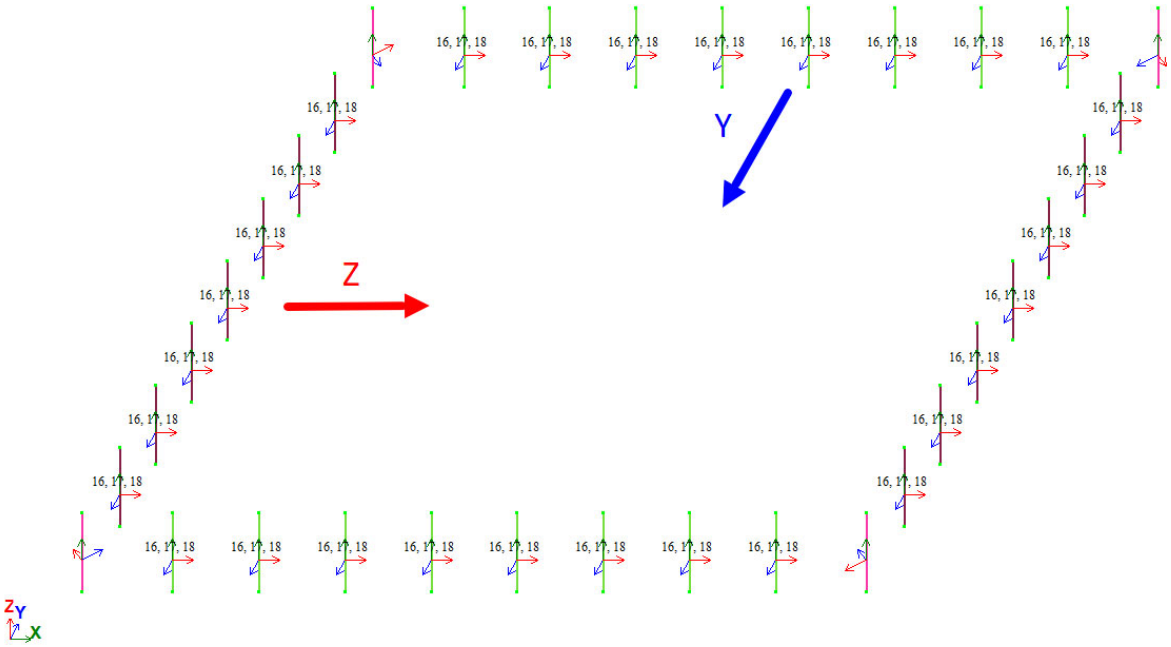
«Колонны 1 тип. 3.300. Поперечная. Z.»

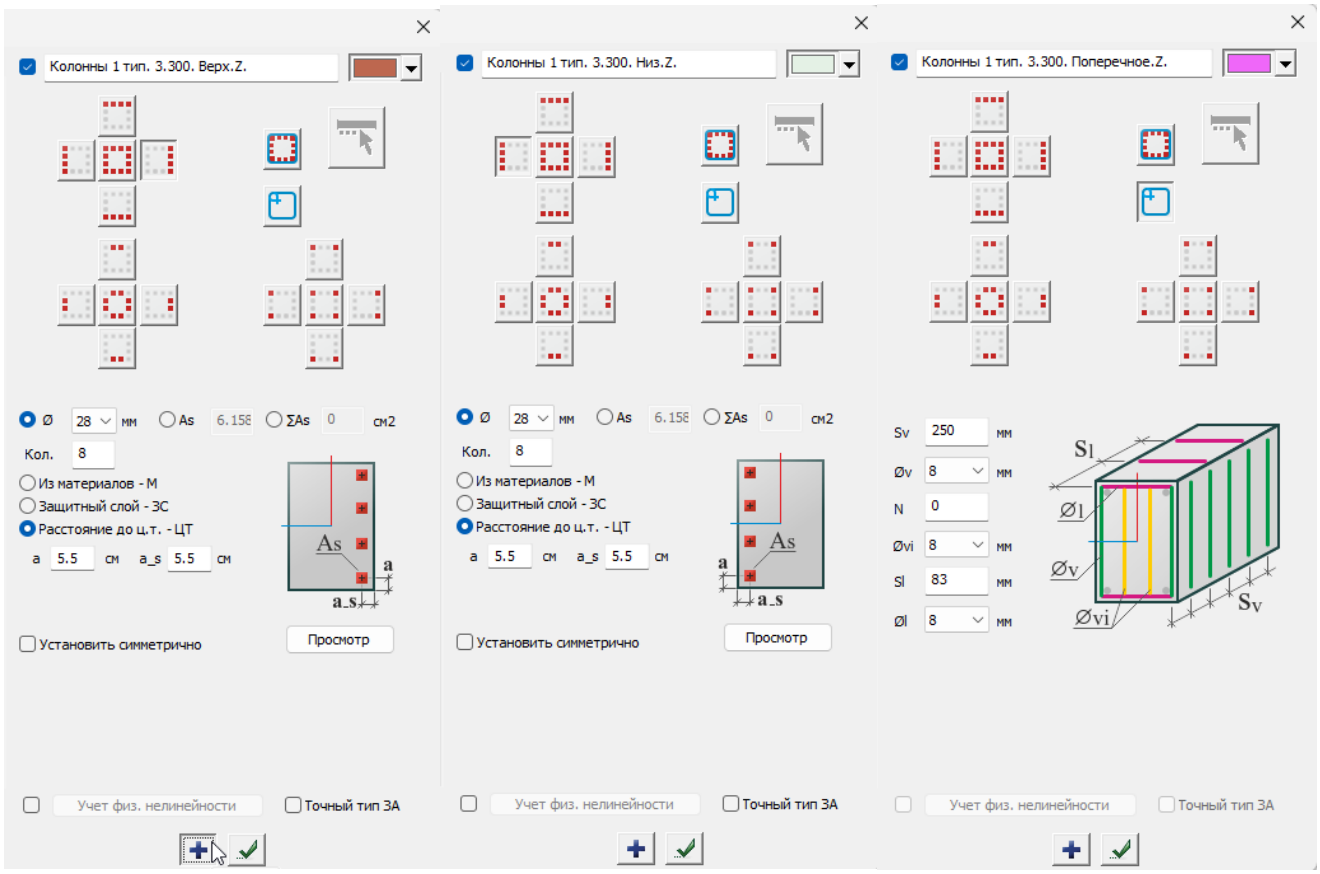
«Колонны 1 тип. 3.300. Верх. Y.»

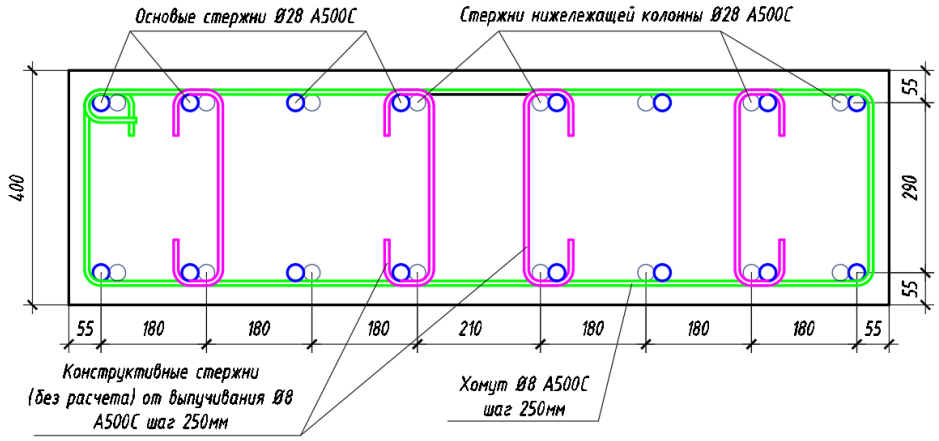
«Колонны 1 тип. 3.300. Низ. Y.»,

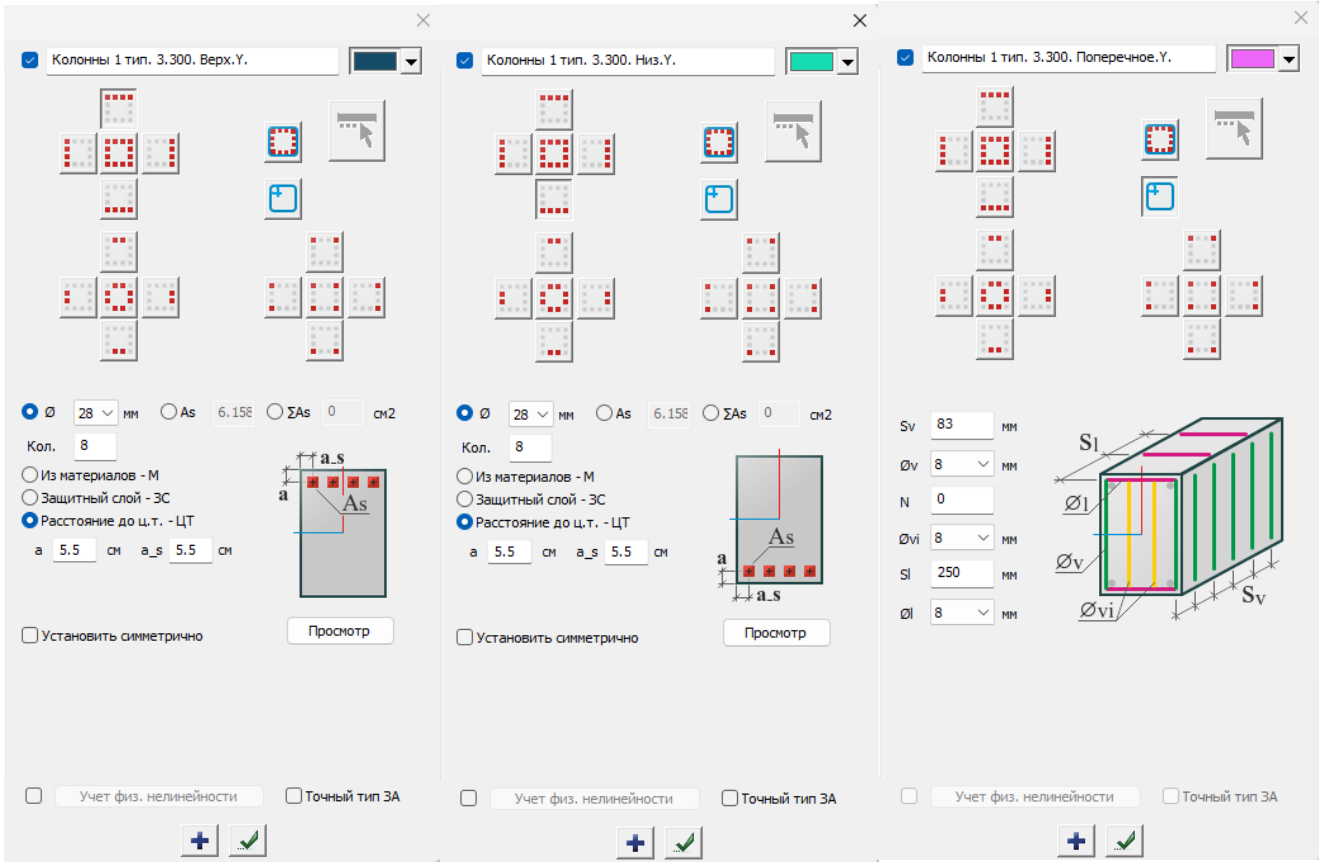
«Колонны 1 тип. 3.300. Поперечная. Y.»

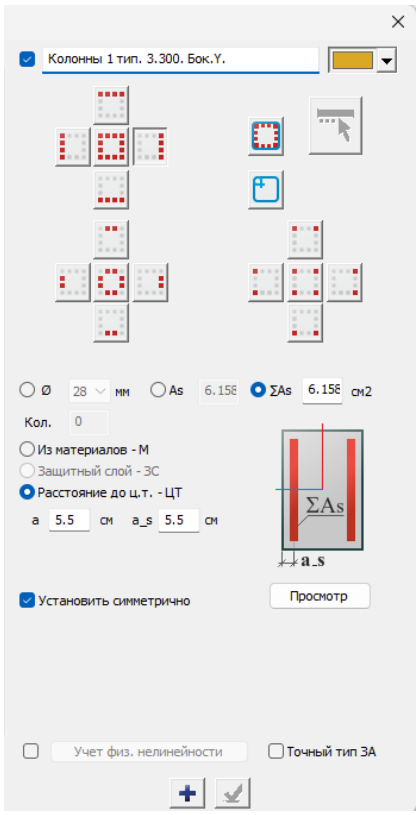
Разница обусловлена ориентацией местных осей Y и Z.

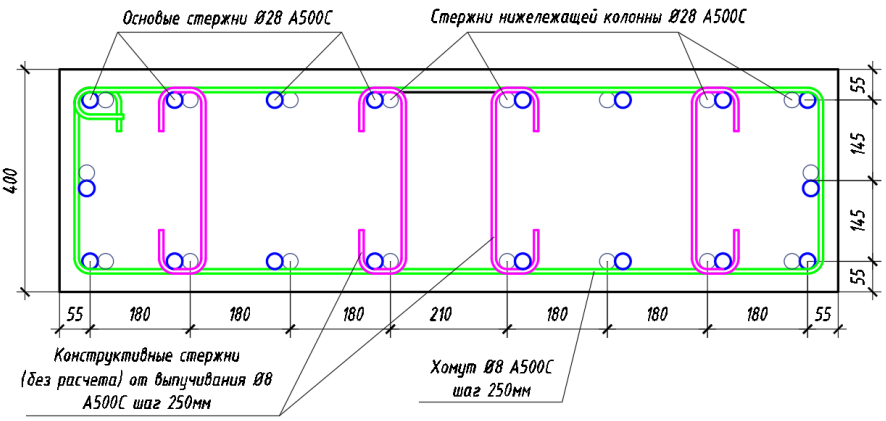



Колонны 1 тип. 3.300. Верх.Z.
Колонны 1 тип. 3.300. Низ.Z.
Колонны 1 тип. 3.300. Поперечное.Z.
Ø
28
мм
As
ΣAs
см2
Кол.
8
Из материалов - М
Защитный слой - ЗС
Расстояние до ц.т. - ЦТ
a
5.5
см
a_s
Установить симметрично
Просмотр
Sv
250
Øv
N
0
Øvi
Sl
83
Øl
Учет физ. нелинейности
Точный тип 3А


Основные стержни Ø28 А500С
Стержни нижележащей колонны Ø28 А500С
400
55
290
55
55
180
180
180
210
180
180
180
55
Конструктивные стержни (без расчета) от выпучивания Ø8 А500С шаг 250мм
Хомут Ø8 А500С шаг 250мм

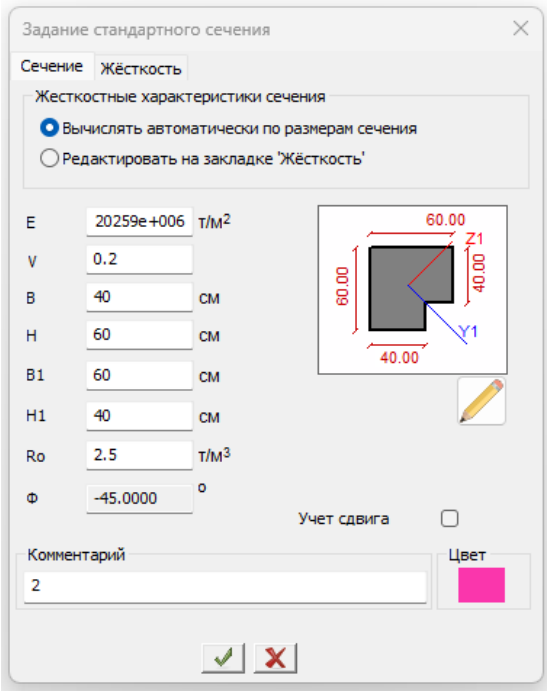

Колонны 1 тип. 3.300. Верх.Y.
Ø 28 мм As 6.158 ΣAs 0 см2
Кол. 8
Из материалов - М
Защитный слой - ЗС
Расстояние до ц.т. - ЦТ
a 5.5 см a_s 5.5 см
Установить симметрично
Просмотр
Учет физ. нелинейности
Точный тип ЗА
Колонны 1 тип. 3.300. Низ.Y.
Ø 28 мм As 6.158 ΣAs 0 см2
Кол. 8
Из материалов - М
Защитный слой - ЗС
Расстояние до ц.т. - ЦТ
a 5.5 см a_s 5.5 см
Установить симметрично
Просмотр
Учет физ. нелинейности
Точный тип ЗА
Колонны 1 тип. 3.300. Поперечное.Y.
Sv 83 мм
Øv 8 мм
N 0
Øvi 8 мм
Sl 250 мм
Øl 8 мм
Sl
Øl
Øv
Øvi
Sv
Учет физ. нелинейности
Точный тип ЗА


Колонны 1 тип. 3.300. Бок.Y.
Ø 28 мм As 6.158 ΣAs 6.158 см2
Кол. 0
Из материалов - М
Защитный слой - ЗС
Расстояние до ц.т. - ЦТ
a 5.5 см a_s 5.5 см
Установить симметрично
Просмотр
Учет физ. нелинейности
Точный тип ЗА


Основные стержни Ø28 А500С
Стержни нижележащей колонны Ø28 А500С
400
55
145
145
55
55 180 180 180 210 180 180 180 55
Конструктивные стержни (без расчета) от выпучивания Ø8 А500С шаг 250мм
Хомут Ø8 А500С шаг 250мм

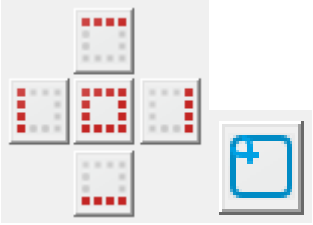
При определении поперечного армирования по второму направлению шаг уменьшен для учета промежуточных шпилек. Т.е. в данном случае снизив шаг от 250мм до 83мм мы увеличили армирование в 3 раза и учли промежуточные шпильки.

Необходимо также отметить, что ТЗА для угловых колонны, выполненных Г-образным сечением на данный момент не реализованы.



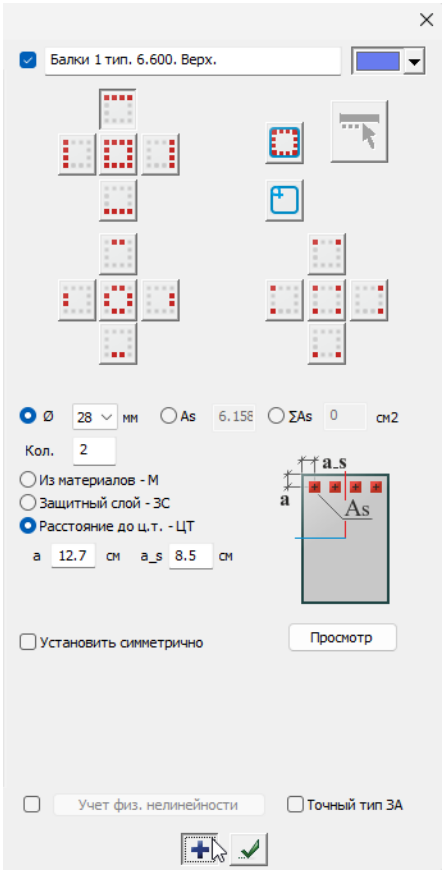
5. Балки.

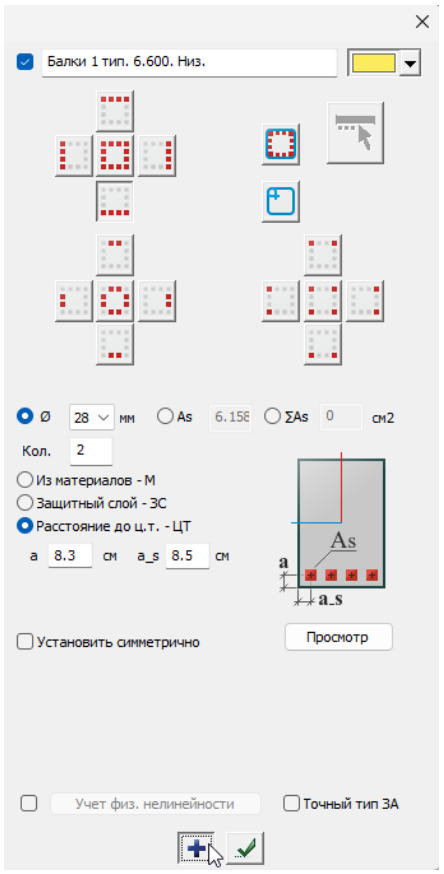
Для задания армирования понадобятся вот эти кнопки:

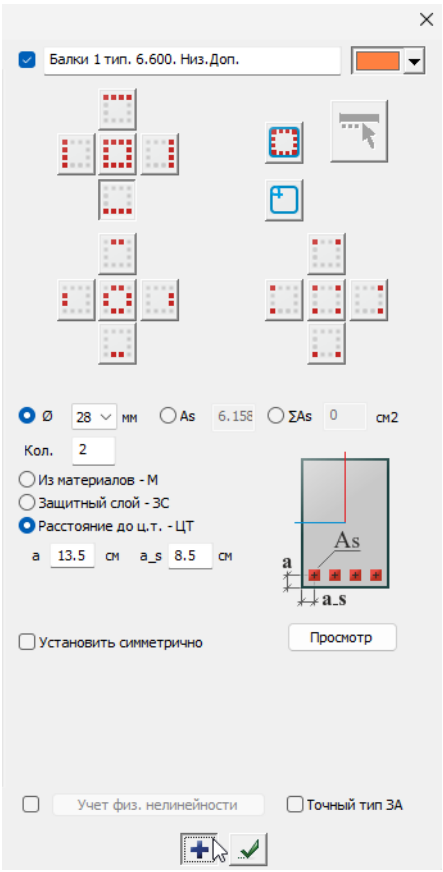


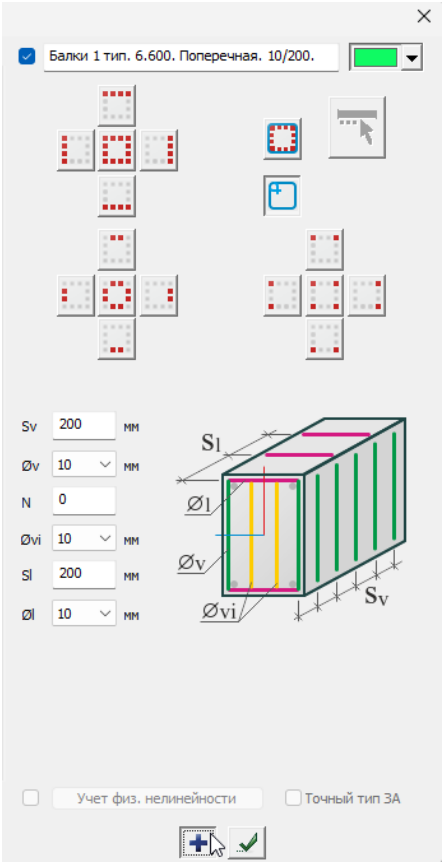
Программа расставляет армирование равномерно, а фактически оно может быть расставлено с разным шагом. Небольшая разница в фактических и расчетных расстояниях на результат расчета практически не влиет.

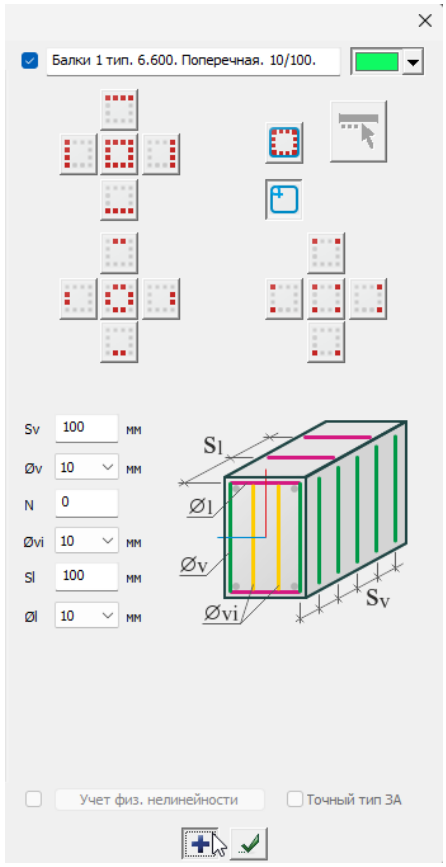
В появившемся окне прописываем комментарий «Балки 1 тип 6.600. Верх» и «Балки 1 тип 6.600. Низ», «Балки 1 тип 6.600 Поперечное. Опора» «Балки 1 тип 6.600 Поперечное. Пролет», чтобы разлечить его потом при назначении на элементы.

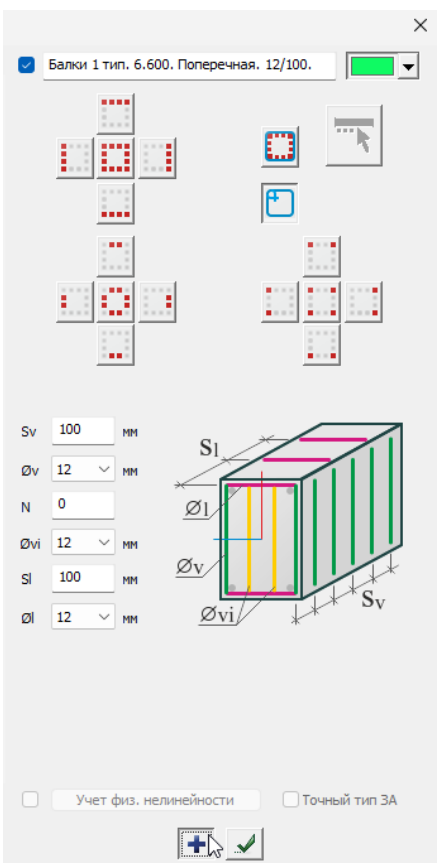

Балки 1 тип. 6.600. Верх.
Ø 28 мм As 6.158 ΣAs 0 см2
Кол. 2
Из материалов - М
Защитный слой - ЗС
Расстояние до ц.т. - ЦТ
a 12.7 см a_s 8.5 см
Установить симметрично
Просмотр
Учет физ. нелинейности
Точный тип ЗА

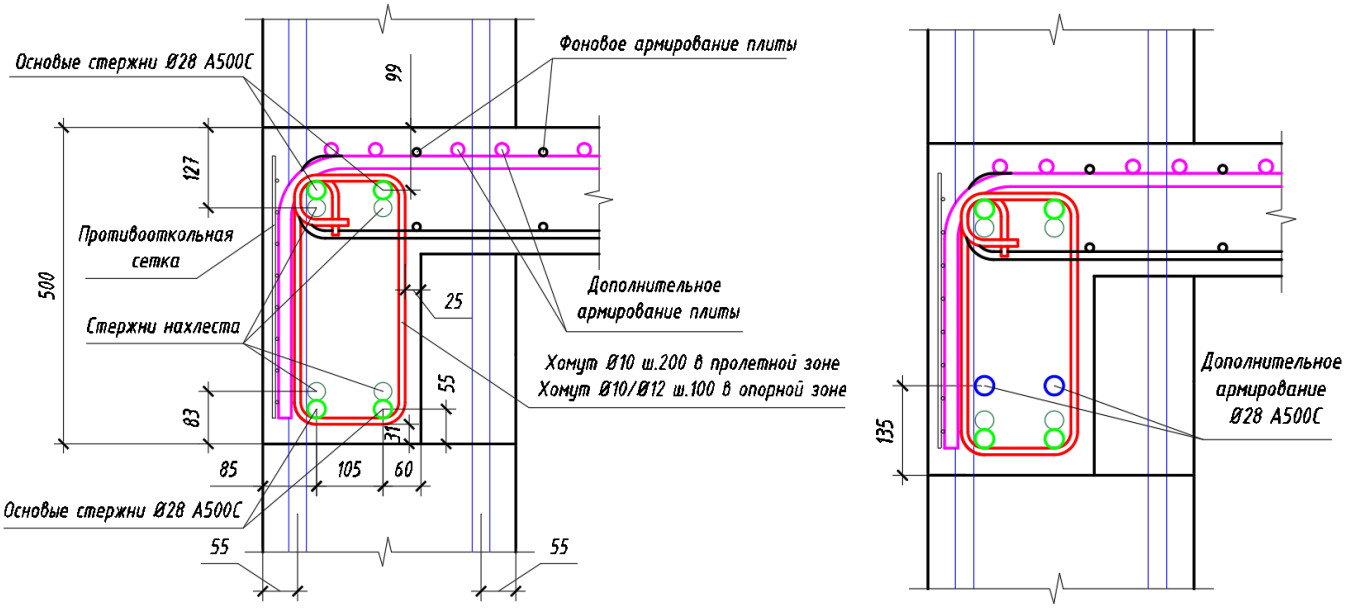

Балки 1 тип. 6.600. Низ.
Ø 28 мм As 6.158 ΣAs 0 см2
Кол. 2
Из материалов - М
Защитный слой - ЗС
Расстояние до ц.т. - ЦТ
a 8.3 см a_s 8.5 см
Установить симметрично
Просмотр
Учет физ. нелинейности
Точный тип ЗА


Балки 1 тип. 6.600. Низ.Доп.
Ø 28 мм As 6.158 ΣAs 0 см2
Кол. 2
Из материалов - М
Защитный слой - ЗС
Расстояние до ц.т. - ЦТ
a 13.5 см a_s 8.5 см
Установить симметрично
Просмотр
Учет физ. нелинейности
Точный тип ЗА

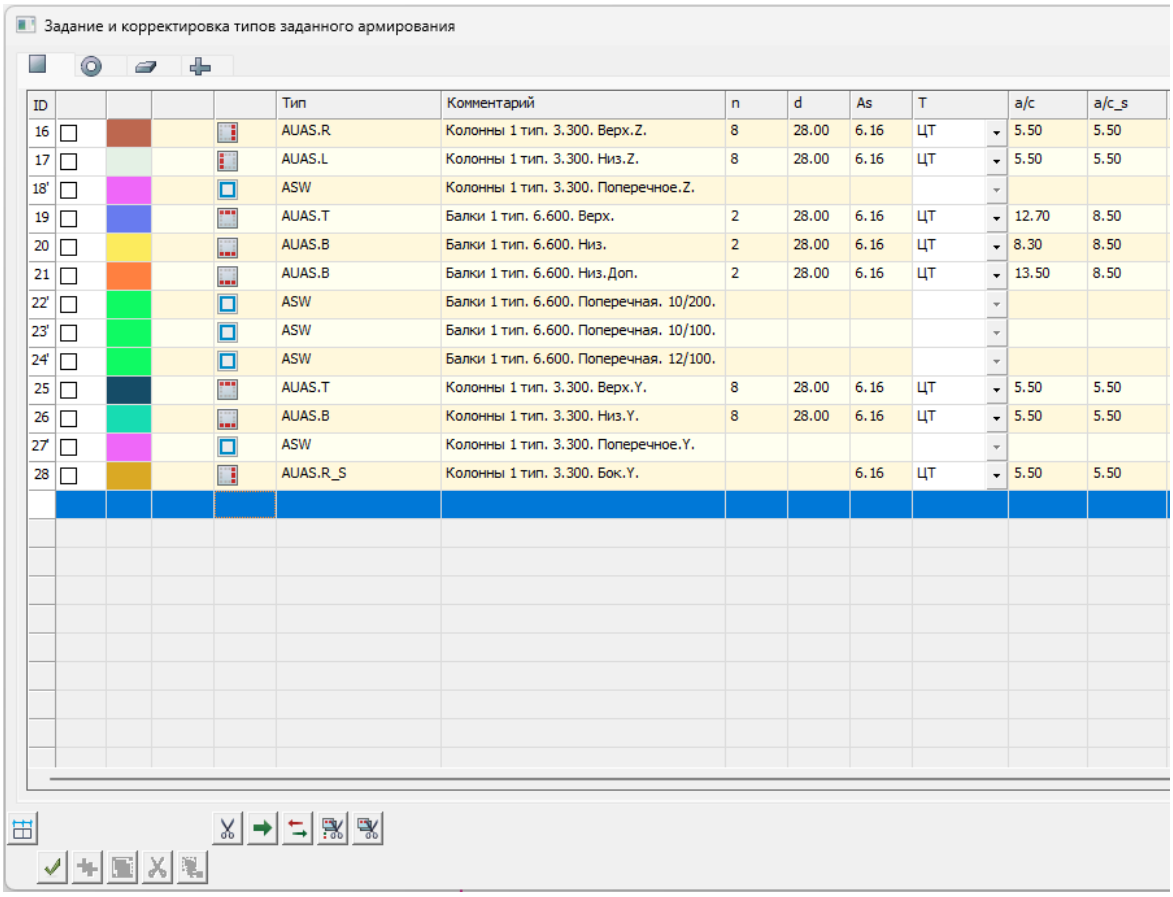

Балки 1 тип. 6.600. Поперечная. 10/200.
Sv 200 мм
Øv 10 мм
N 0
Øvi 10 мм
Sl 200 мм
Øl 10 мм
Sl
Øl
Øv
Øvi
Sv
Учет физ. нелинейности
Точный тип ЗА


Балки 1 тип. 6.600. Поперечная. 10/100.
Sv 100 мм
Øv 10 мм
N 0
Øvi 10 мм
Sl 100 мм
Øl 10 мм
Sl
Øl
Øv
Øvi
Sv
Учет физ. нелинейности
Точный тип ЗА


Балки 1 тип. 6.600. Поперечная. 12/100.
Sv 100 мм
Øv 12 мм
N 0
Øvi 12 мм
Sl 100 мм
Øl 12 мм
Sl
Øl
Øv
Øvi
Sv
Учет физ. нелинейности
Точный тип ЗА



6. По итогу для балок и колонн имеет ТЗА.

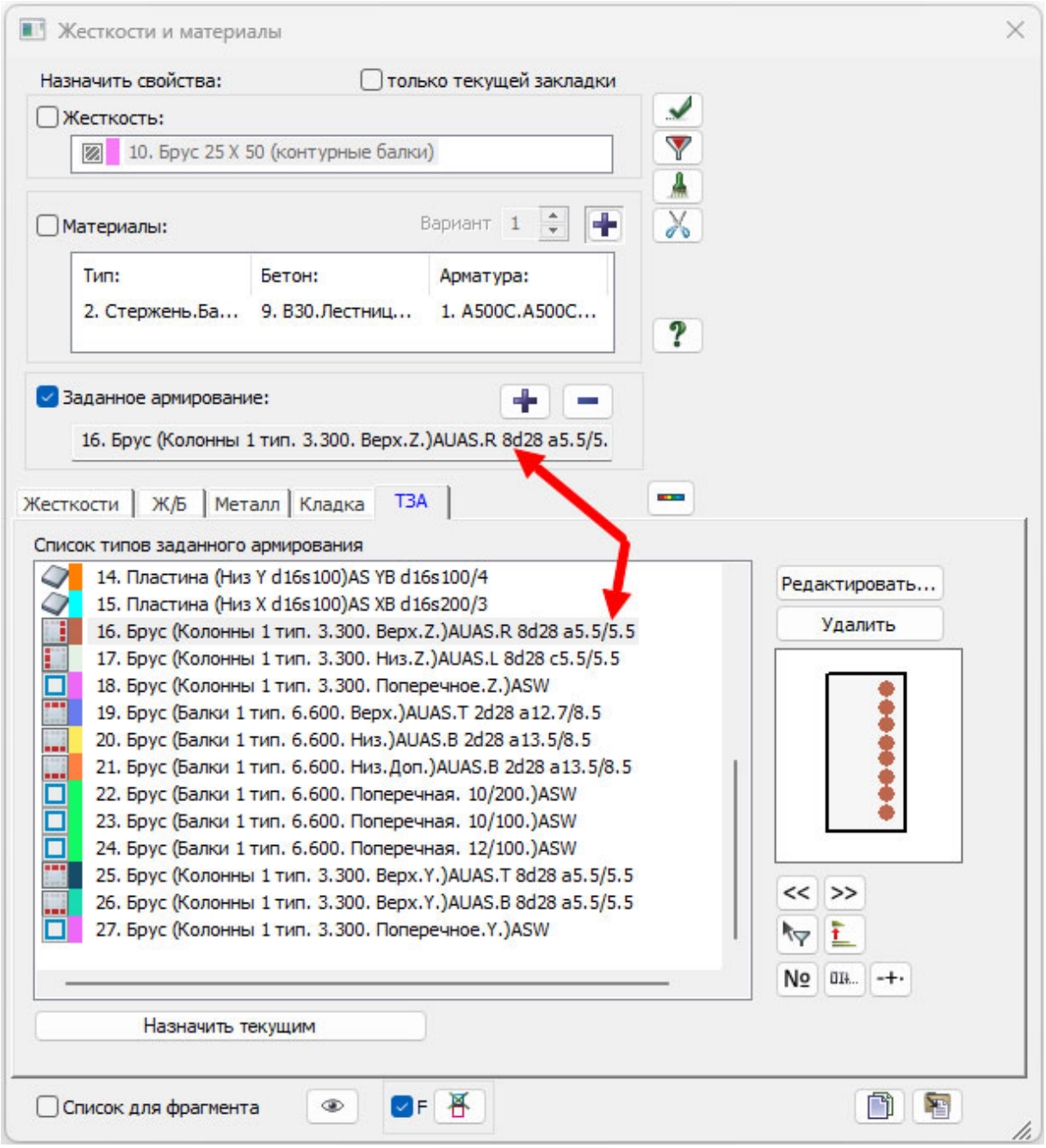


ID					Тип	Комментарий	n	d	As	T	a/c	a/c_s
16	☐				AUAS.R	Колонны 1 тип. 3.300. Верх.Z.	8	28.00	6.16	ЦТ	5.50	5.50
17	☐				AUAS.L	Колонны 1 тип. 3.300. Низ.Z.	8	28.00	6.16	ЦТ	5.50	5.50
18'	☐				ASW	Колонны 1 тип. 3.300. Поперечное.Z.						
19	☐				AUAS.T	Балки 1 тип. 6.600. Верх.	2	28.00	6.16	ЦТ	12.70	8.50
20	☐				AUAS.B	Балки 1 тип. 6.600. Низ.	2	28.00	6.16	ЦТ	8.30	8.50
21	☐				AUAS.B	Балки 1 тип. 6.600. Низ.Доп.	2	28.00	6.16	ЦТ	13.50	8.50
22'	☐				ASW	Балки 1 тип. 6.600. Поперечная. 10/200.						
23'	☐				ASW	Балки 1 тип. 6.600. Поперечная. 10/100.						
24'	☐				ASW	Балки 1 тип. 6.600. Поперечная. 12/100.						
25	☐				AUAS.T	Колонны 1 тип. 3.300. Верх.Y.	8	28.00	6.16	ЦТ	5.50	5.50
26	☐				AUAS.B	Колонны 1 тип. 3.300. Низ.Y.	8	28.00	6.16	ЦТ	5.50	5.50
27'	☐				ASW	Колонны 1 тип. 3.300. Поперечное.Y.						
28	☐				AUAS.R_S	Колонны 1 тип. 3.300. Бок.Y.			6.16	ЦТ	5.50	5.50

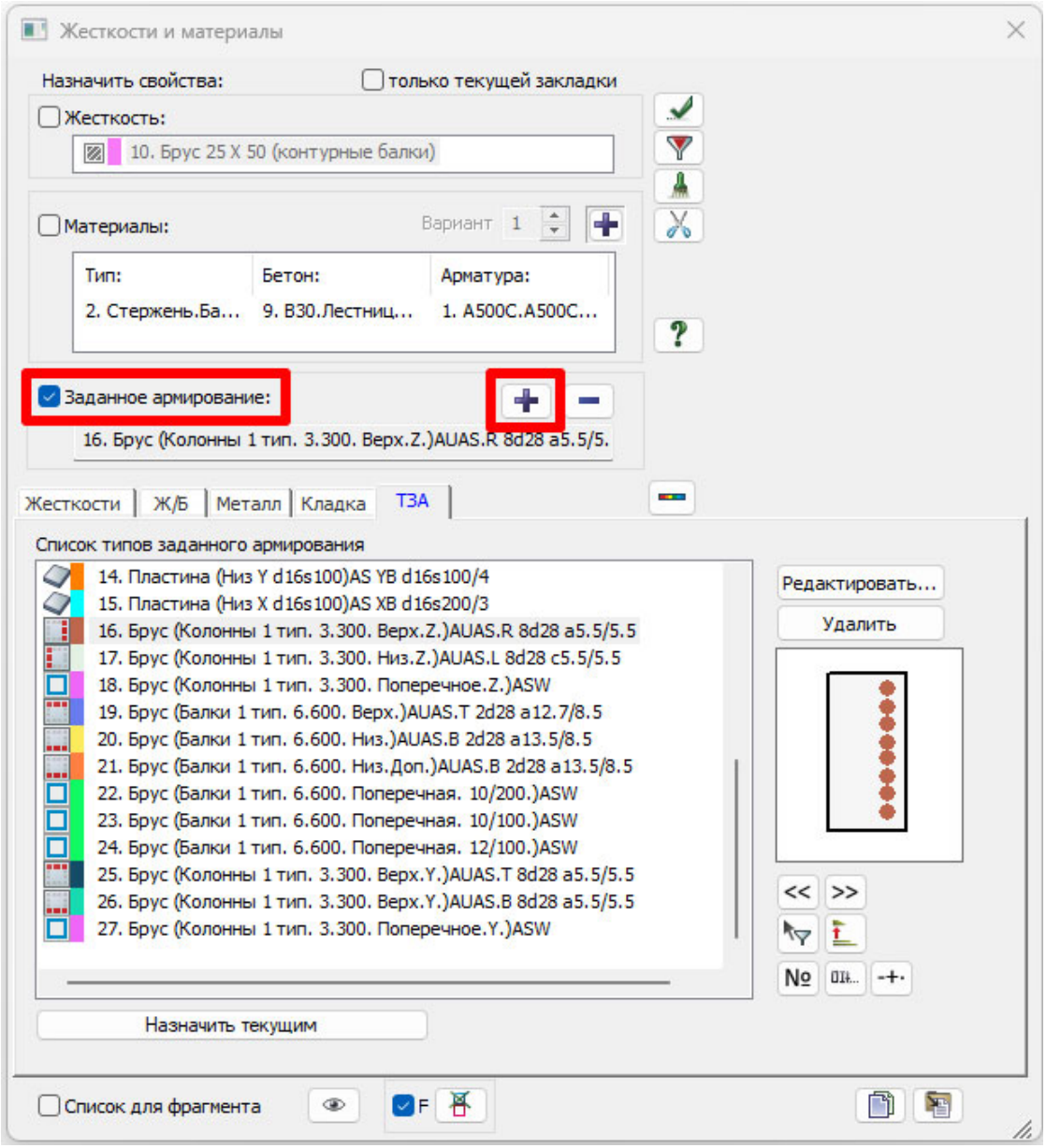
7. Назначаем ТЗА на конструкции.

Выбираем нужный ТЗА.

При этом важно, чтобы галочки на материалах и на жесткости не были включены.



Назначаем фоновое армирование на всю плиту перекрытия. Для этого выделяем ее элементы  и нажимаем плюс  .



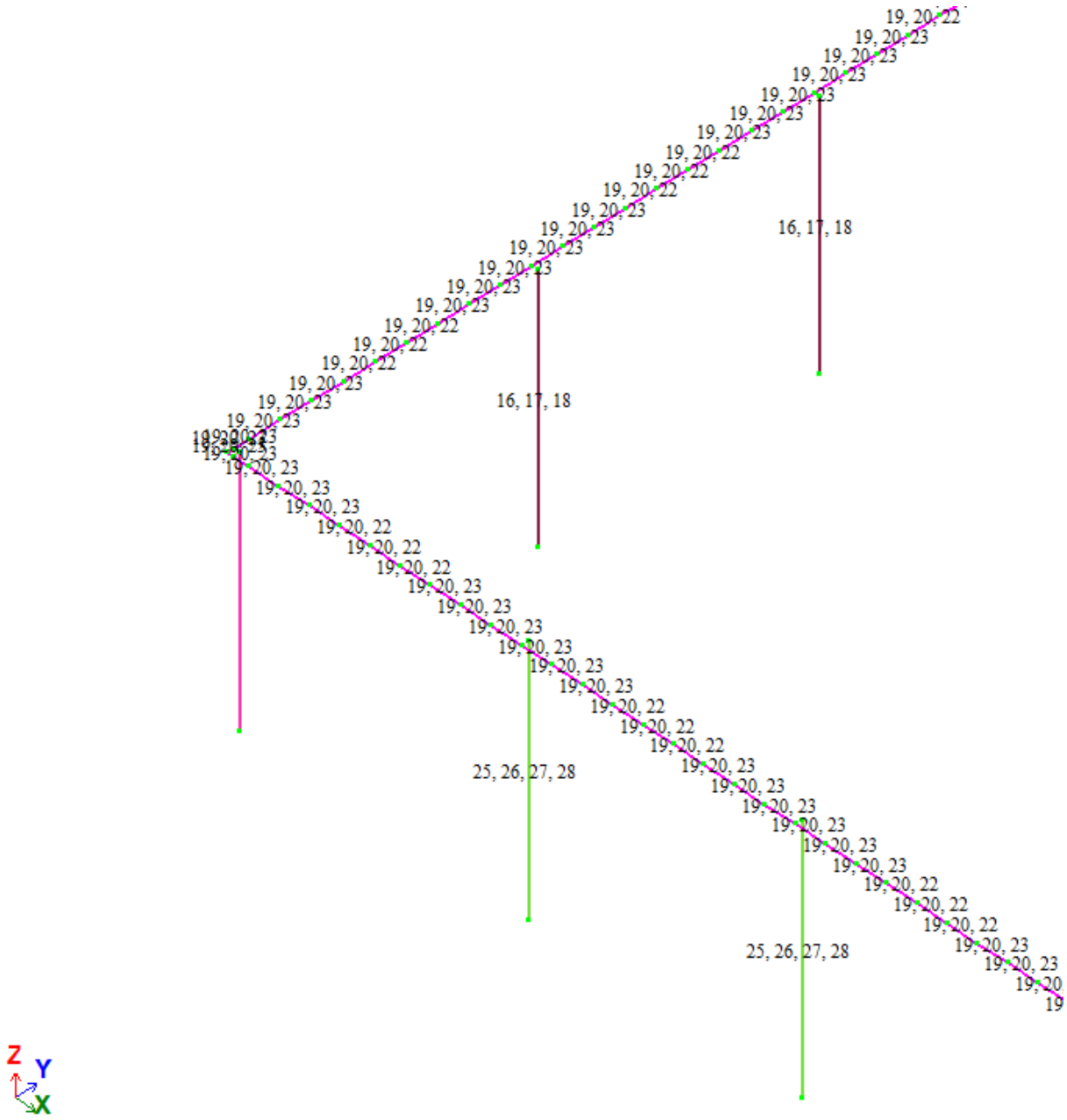
Чтобы просмотреть назначение необходимо во флагах рисования  включить отображение номеров  .

Чтобы задавать дополнительное армирование необходимо и нажимаем плюс 

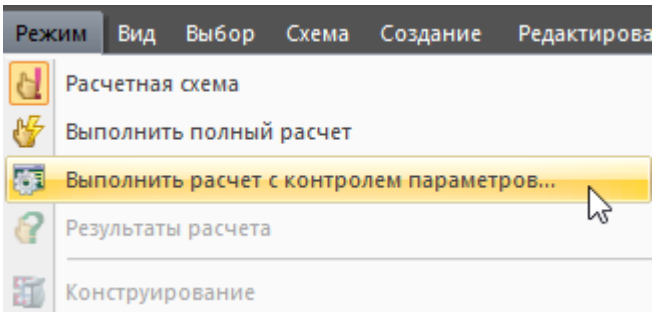
Если нажать галочку, то фоновое армирование будет удалено, а вместо него останется только дополнительное, что неверно.

При правильном назначении номера ТЗА будут обозначаться через запятую.

Итог задания зон армирования на балки и колонны:

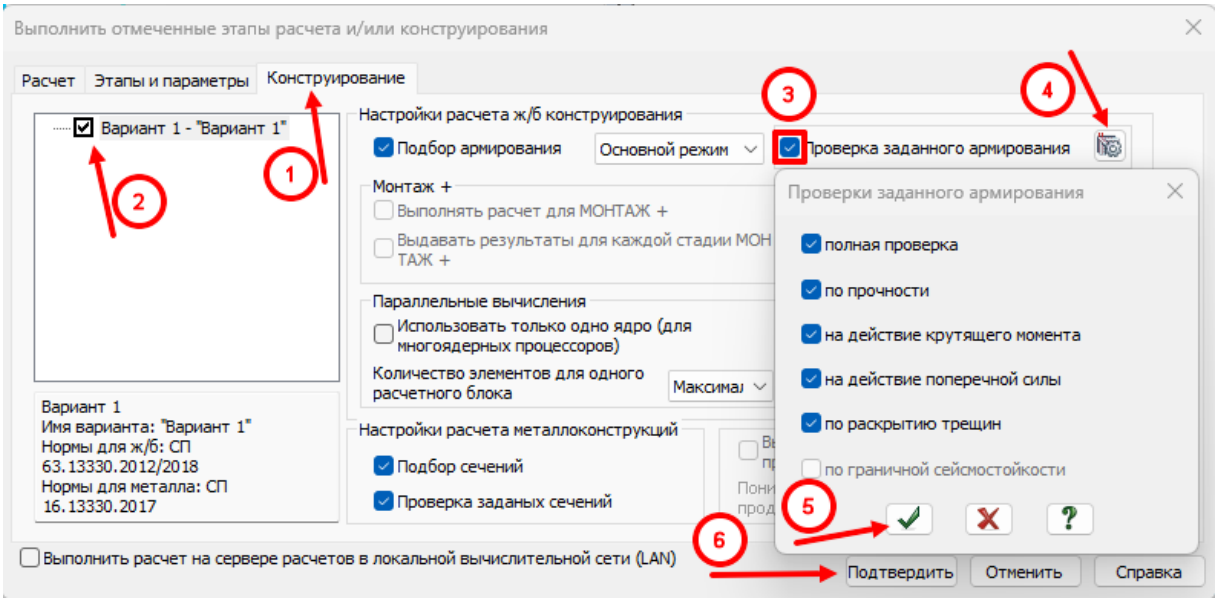


7. Выполняем расчет.

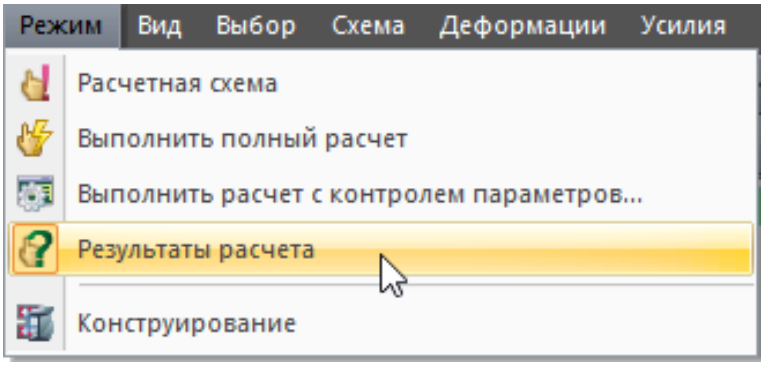


Для проверки заданного армирования необходимо во вкладке «Конструирование» необходимо нажать галочку напротив «Варианта конструирования@ «Проверка заданного армирования».

Далее выполнить настройку проверок  и применить  .

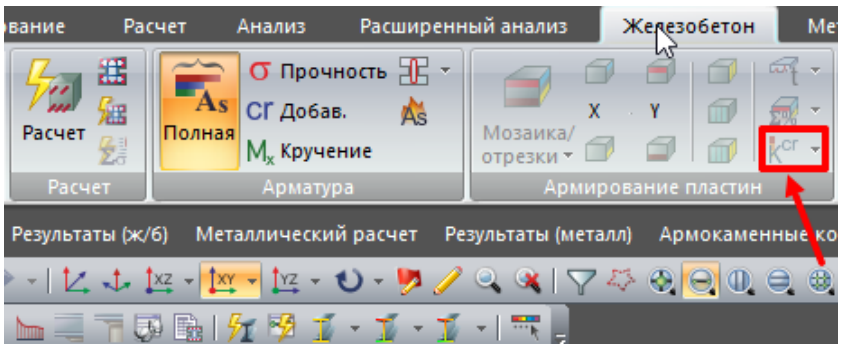


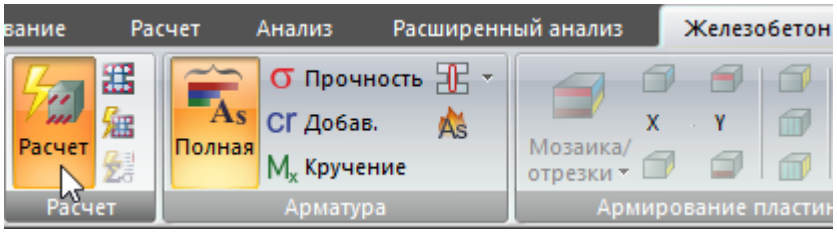
8. Переходим в результаты расчета.

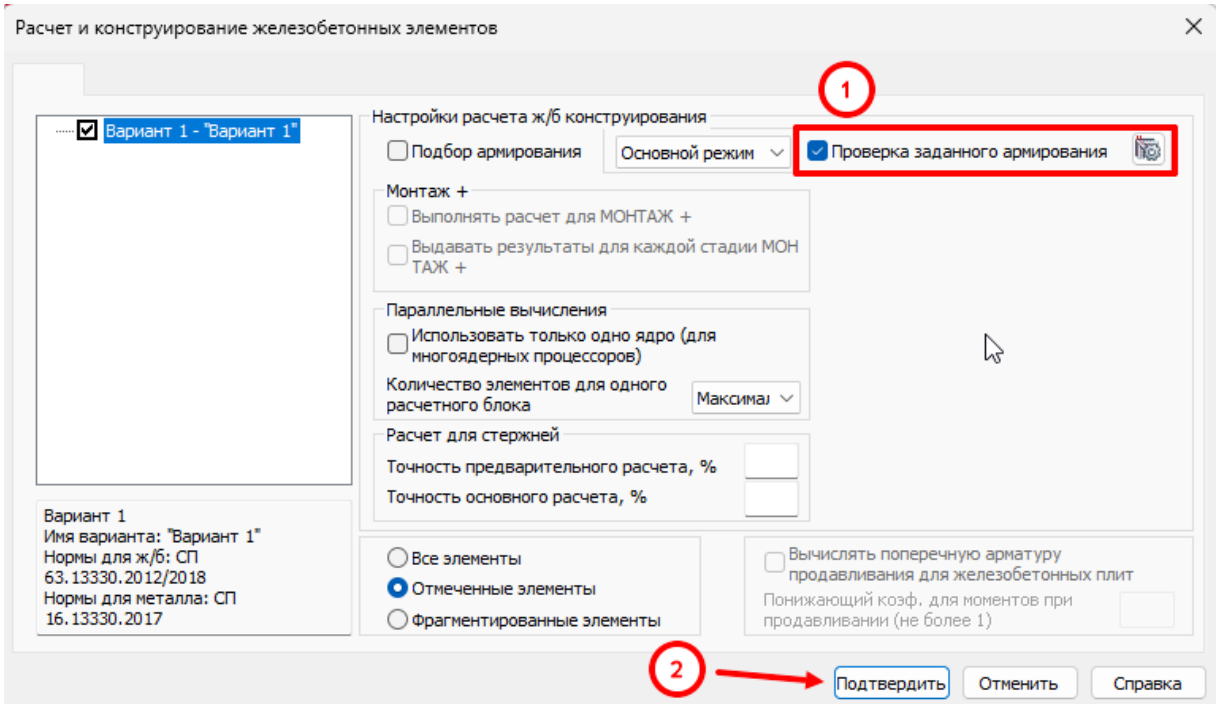


Должна быть активна клавиша коэффициенты запаса армирования  . Если этого не произошло, то переходим в расчет армирования 

и выполняем расчет.

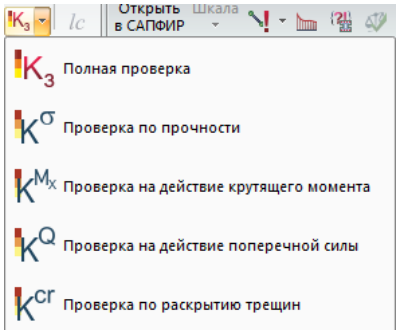


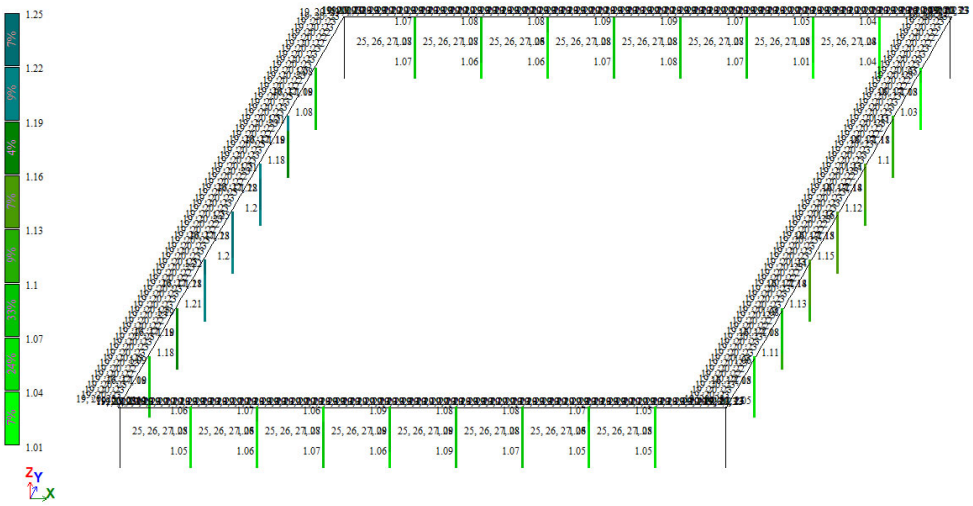




Для просмотра необходимо развернуть вкладку  . При этом нужно выбрать какое армирование используется симметричное  или несимметричное  .

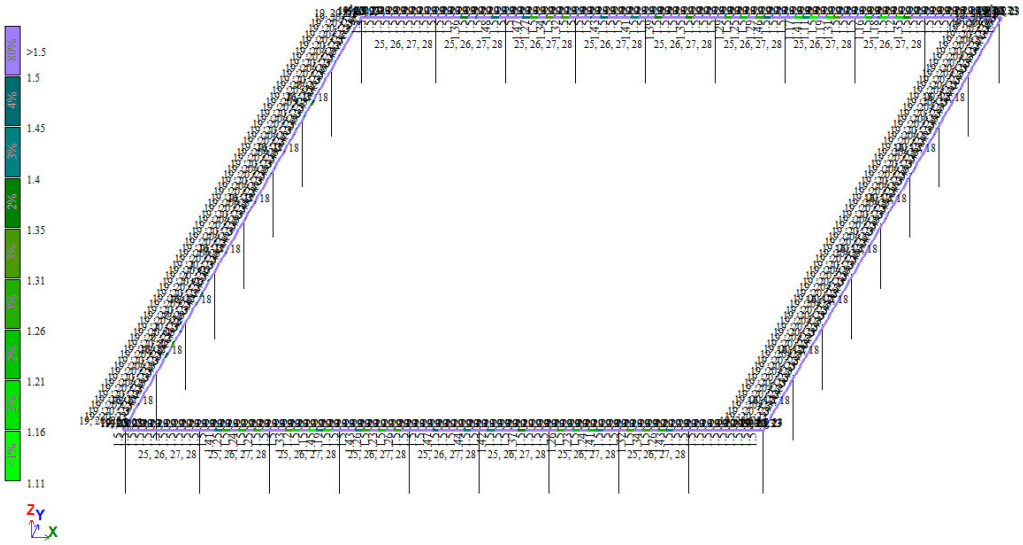
Коэффициенты в шкале – это коэффициенты запаса армирования. Если коэффициент меньше 1, значит армирования в КЭ не хватает и шкала окрашивается в красный и желтый.

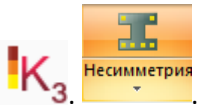




Результат проверки колонн по полной проверке 

.



Результат проверки балок по полной проверке 

.

Если шкала окрашивается в красный и желтый, то необходимо провести просмотр всех других проверок и выбрать фактор по которому не проходит сечение.

Если не проходит только полная проверка  , а все остальные проходят, то нужно понимать, что полная проверка подразумевает проверку дополнительных комбинаций усилий. В этом случае нужно выявить проверку в которой коэффициента запаса наименьший (стремится к 1) и увеличить армирование, которое в наибольшей степени влияет на данную проверку.

Из справки ЛИРА-САПР:

Проверки для стержней:

- **полная проверка*** – серия проверок заданной продольной и поперечной арматуры по прочности с учетом действия N, My, Mz, с учетом действия крутящего момента Mx, поперечных сил Qz, Qy, по раскрытию трещин. При полной проверке продольной арматуры учитывается также **совместное действие** N, My, Mz и Mx. При полной проверке поперечной арматуры учитывается также совместное действие Mx и Qz, Qy.
- **по прочности N, My, Mz** – проверка заданной продольной арматуры по прочности от действия продольного усилия и двух моментов.
- на действие крутящего момента **Mx (Мкр)** – проверка заданной продольной и поперечной арматуры по прочности от кручения.
- на действие поперечных сил **Qz, Qy** – проверка заданной поперечной арматуры по прочности от действия перерезывающих сил.
- по раскрытию трещин – проверка заданной продольной арматуры.
- по предельной сейсмостойкости – проверка заданной продольной арматуры.

4. Расчет с учетом генетической нелинейности (монтаж)

4.1. Порядок формирования загружений

Для более правильного (более приближенного к реальности) формирования напряженно-деформированного состояния необходимо учитывать этапность возведения здания. Расчетную схему с учетом этапности обычно делают после предварительных расчетов без монтажа и назначения сечений конструкциям и упрощения расчетов с учетом пульсационной ветровой нагрузки.

В классическом варианте учитывается этапность следующим образом:

1. Возведение подземной части
2. Возведение 1-8 этажей
3. Возведение 9-16 этажей
4. Возведение 17-24 этажей
5. Возведение 25-32 этажей
6. Возведение от 33 этажа до последнего
7. Приложение к полной схеме остальных загружений.

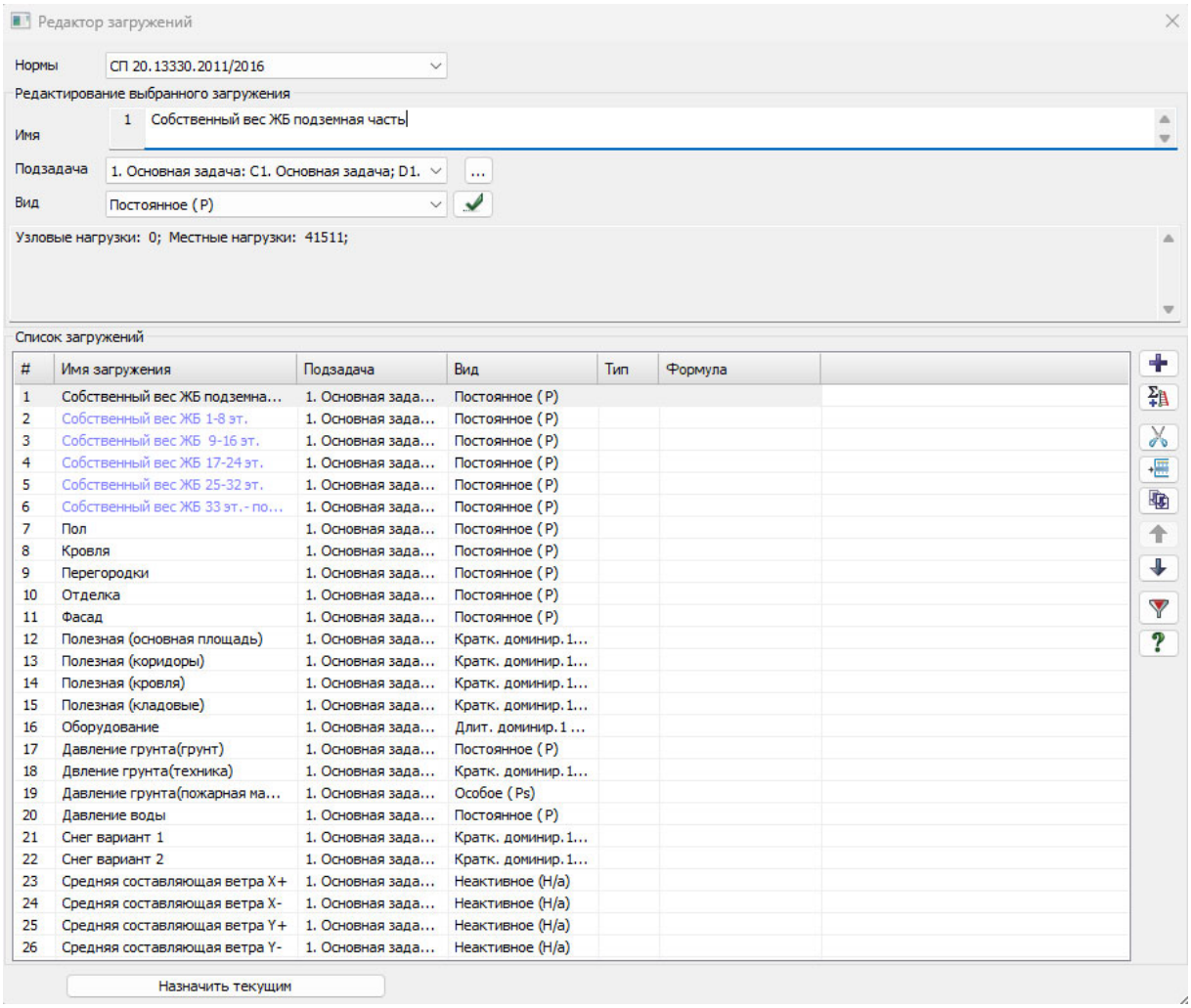
Частые вопросы:

Вопрос 1. Нужно ли монтировать последовательно все этажи для повышения точности?

Ответ. Для достаточной точности достаточно вести монтаж по 5-8 этажей.

1. Создаем дополнительные загружения собственного веса для принятой разбивки по этажам.

В данном примере это загружения 1-6.



2. Приложение собственного веса

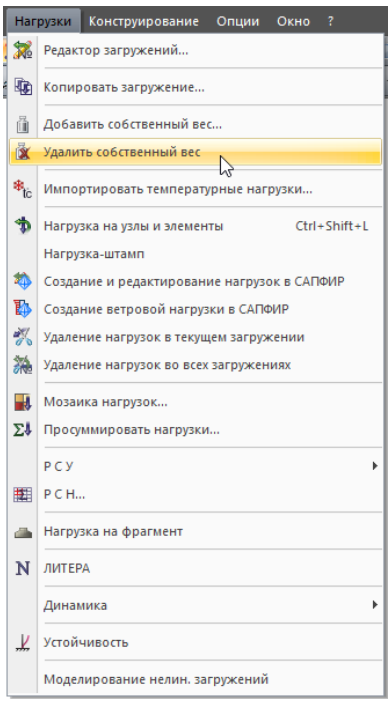
Собственный вес прикладываем только на элементы, указанные в названии загружения.

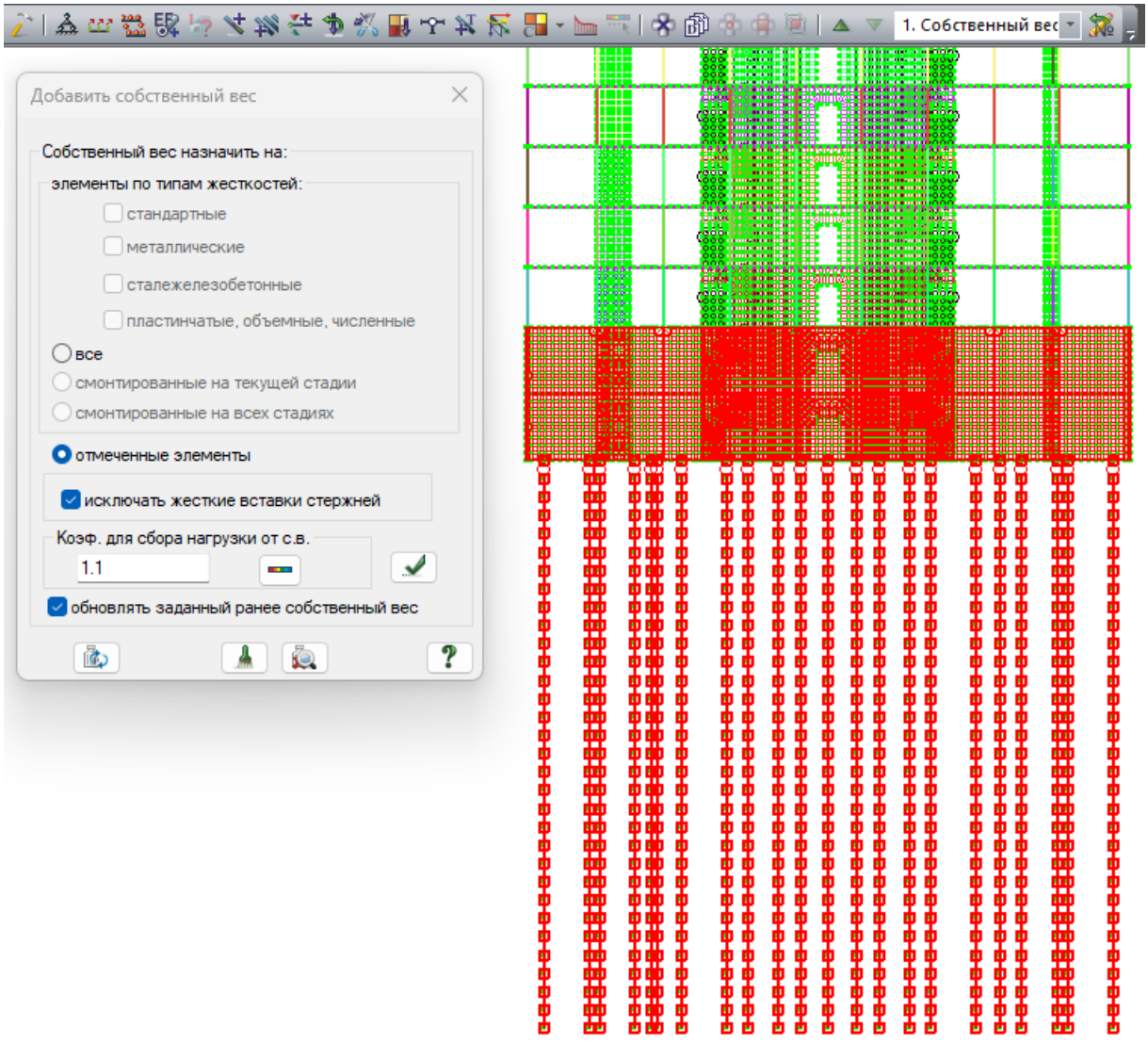
Для этого удаляем ранее приложенный собственный вес, если он был приложен.

Для этого их выделяем и при приложении собственного веса ставим галочку.

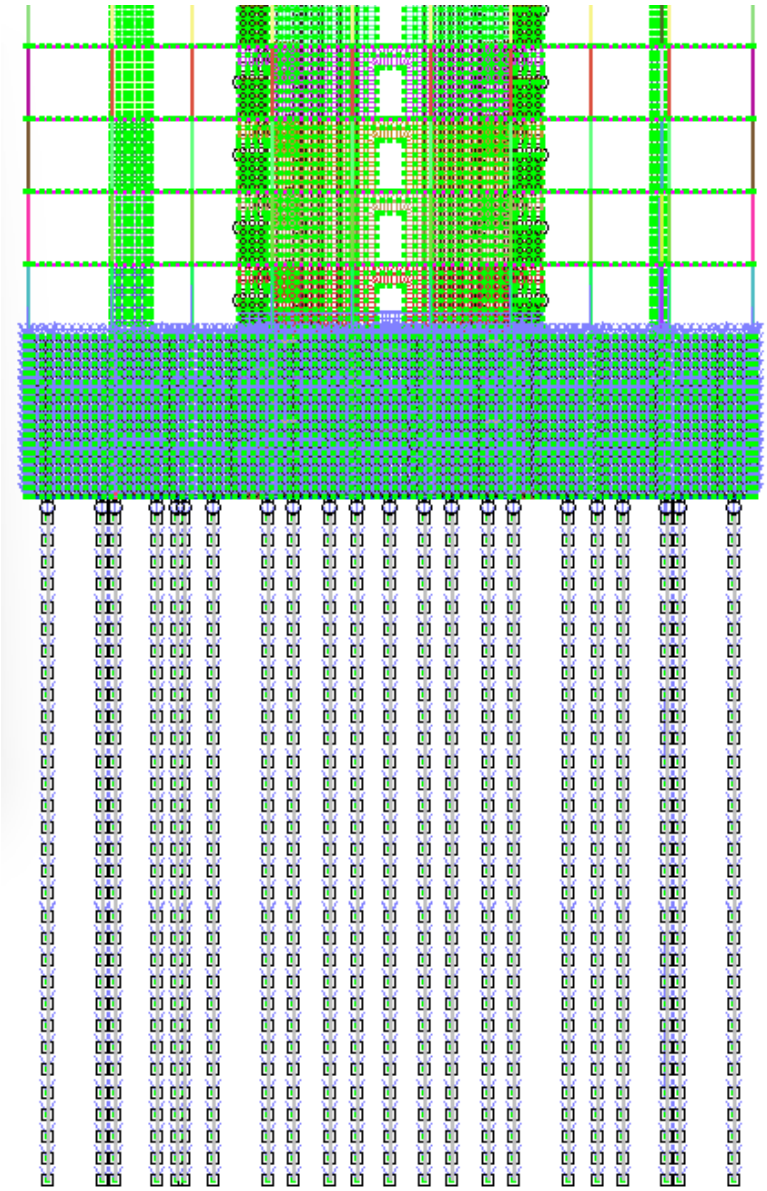
Проделываем для всех загружений с собственным весом.

Нагрузки от ступеней лестниц придется прикладывать в каждом загружении собственного веса отдельно.


Нагрузки
Конструирование
Опции
Окно
?
Редактор загружений...
Копировать загружение...
Добавить собственный вес...
Удалить собственный вес
Импортировать температурные нагрузки...
Нагрузка на узлы и элементы
Ctrl+Shift+L
Нагрузка-штамп
Создание и редактирование нагрузок в САПФИР
Создание ветровой нагрузки в САПФИР
Удаление нагрузок в текущем загружении
Удаление нагрузок во всех загружениях
Мозаика нагрузок...
Просуммировать нагрузки...
Р С У
Р С Н...
Нагрузка на фрагмент
ЛИТЕРА
Динамика
Устойчивость
Моделирование нелин. загружений


1. Собственный вес
Добавить собственный вес
Собственный вес назначить на:
элементы по типам жесткостей:
стандартные
металлические
сталежелезобетонные
пластинчатые, объемные, численные
все
смонтированные на текущей стадии
смонтированные на всех стадиях
отмеченные элементы
исключать жесткие вставки стержней
Коэф. для сбора нагрузки от с.в.
1.1
обновлять заданный ранее собственный вес

Результат добавления собственного только на конструкции подвала:



3. Создание «монтажа»:

1) Добавляем таблицу нелинейных загружений;

2) Выбираем «монтаж»;

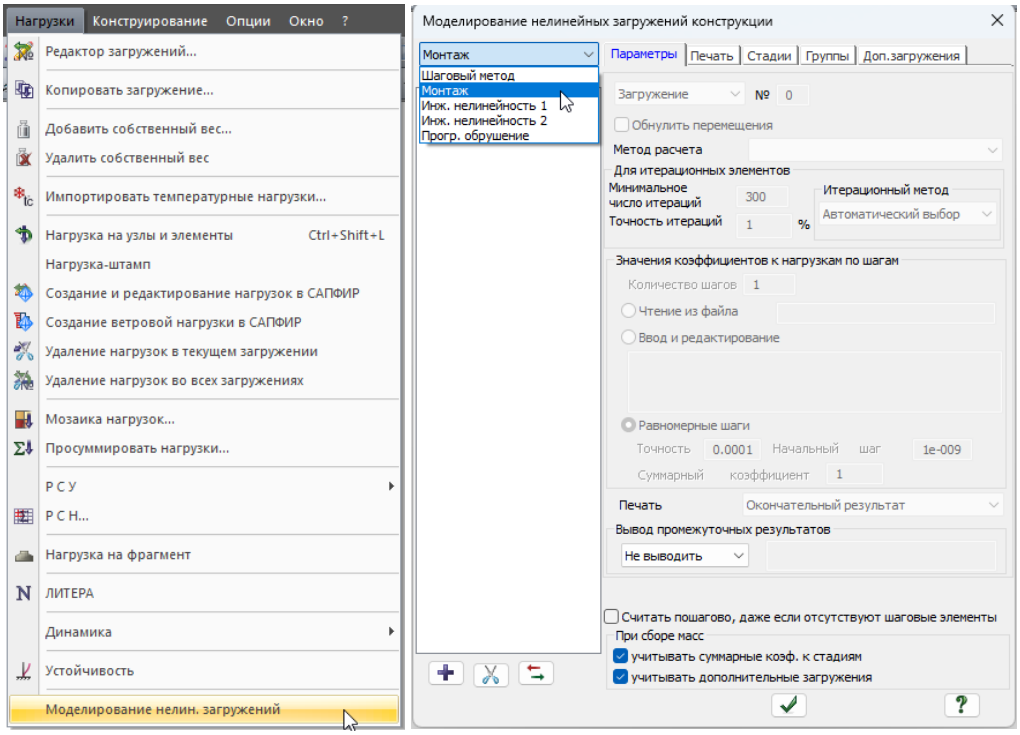
3) В монтаже добавляем все загружения, которые используем в расчете  ;

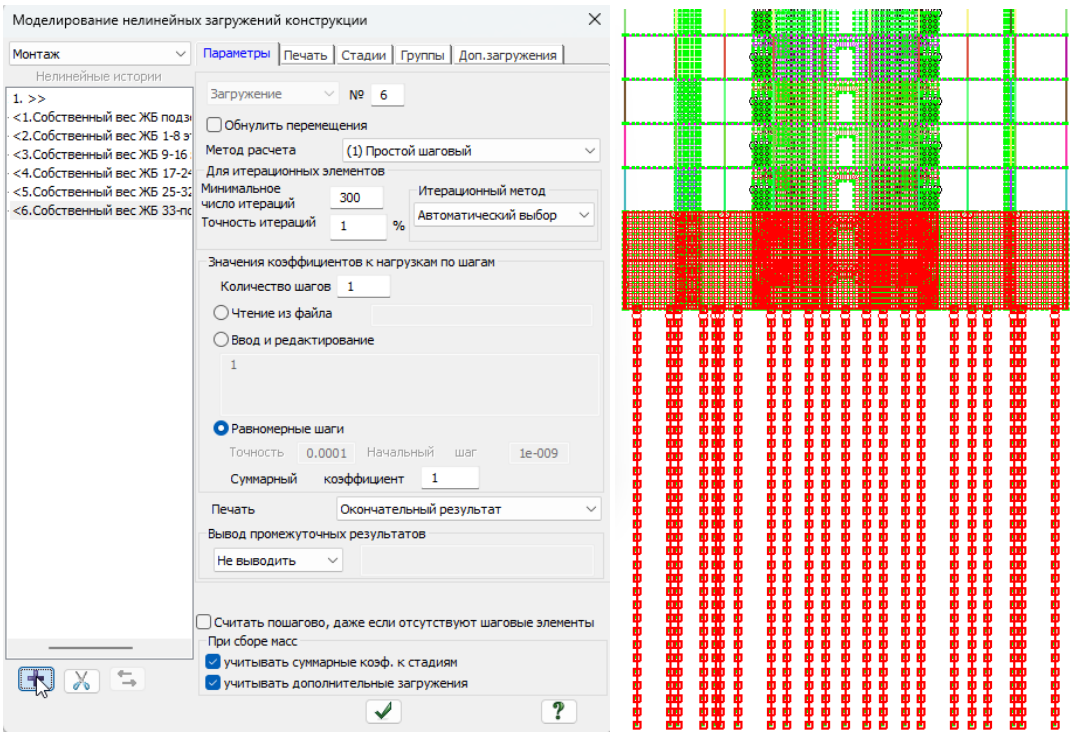
4) Отмечаем все элементы, входящие в загружение №1 с собственным весом  ;

5) Во вкладке «Стадии» в «Монтируемых элементах» нажмаем «все отмеченные». Должен появиться список. Тем самым мы сделали элементы смонтированными на данной стадии.

6) Проделываем операцию по п. 4)-5) для других загружений с собственным весом.

7) Нажимаем для завершения и сохранения  .


Нагрузки
Конструирование
Опции
Окно
?
Редактор загружений...
Копировать загружение...
Добавить собственный вес...
Удалить собственный вес
Импортировать температурные нагрузки...
Нагрузка на узлы и элементы Ctrl+Shift+L
Нагрузка-штамп
Создание и редактирование нагрузок в САПФИР
Создание ветровой нагрузки в САПФИР
Удаление нагрузок в текущем загружении
Удаление нагрузок во всех загружениях
Мозаика нагрузок...
Просуммировать нагрузки...
Р С У
Р С Н...
Нагрузка на фрагмент
ЛИТЕРА
Динамика
Устойчивость
Моделирование нелин. загружений
Моделирование нелинейных загружений конструкции
Монтаж
Шаговый метод
Монтаж
Инж. нелинейность 1
Инж. нелинейность 2
Прогр. обрушение
Параметры
Печать
Стадии
Группы
Доп.загружения
Загружение
№ 0
Обнулить перемещения
Метод расчета
Для итерационных элементов
Минимальное число итераций 300
Точность итераций 1 %
Итерационный метод
Автоматический выбор
Значения коэффициентов к нагрузкам по шагам
Количество шагов 1
Чтение из файла
Ввод и редактирование
Равномерные шаги
Точность 0.0001 Начальный шаг 1e-009
Суммарный коэффициент 1
Печать Окончательный результат
Вывод промежуточных результатов
Не выводить
Считать пошагово, даже если отсутствуют шаговые элементы
При сборе масс
учитывать суммарные коэф. к стадиям
учитывать дополнительные загружения


Моделирование нелинейных загружений конструкции
Монтаж
Параметры
Печать
Стадии
Группы
Доп.загружения
Нелинейные истории
1. >>
<1.Собственный вес ЖБ подз
<2.Собственный вес ЖБ 1-8 э
<3.Собственный вес ЖБ 9-16
<4.Собственный вес ЖБ 17-2
<5.Собственный вес ЖБ 25-3
<6.Собственный вес ЖБ 33-по
Загружение
№ 6
Обнулить перемещения
Метод расчета
(1) Простой шаговый
Для итерационных элементов
Минимальное число итераций 300
Точность итераций 1 %
Итерационный метод
Автоматический выбор
Значения коэффициентов к нагрузкам по шагам
Количество шагов 1
Чтение из файла
Ввод и редактирование
Равномерные шаги
Точность 0.0001 Начальный шаг 1e-009
Суммарный коэффициент 1
Печать
Окончательный результат
Вывод промежуточных результатов
Не выводить
Считать пошагово, даже если отсутствуют шаговые элементы
При сборе масс
учитывать суммарные коэф. к стадиям
учитывать дополнительные загружения

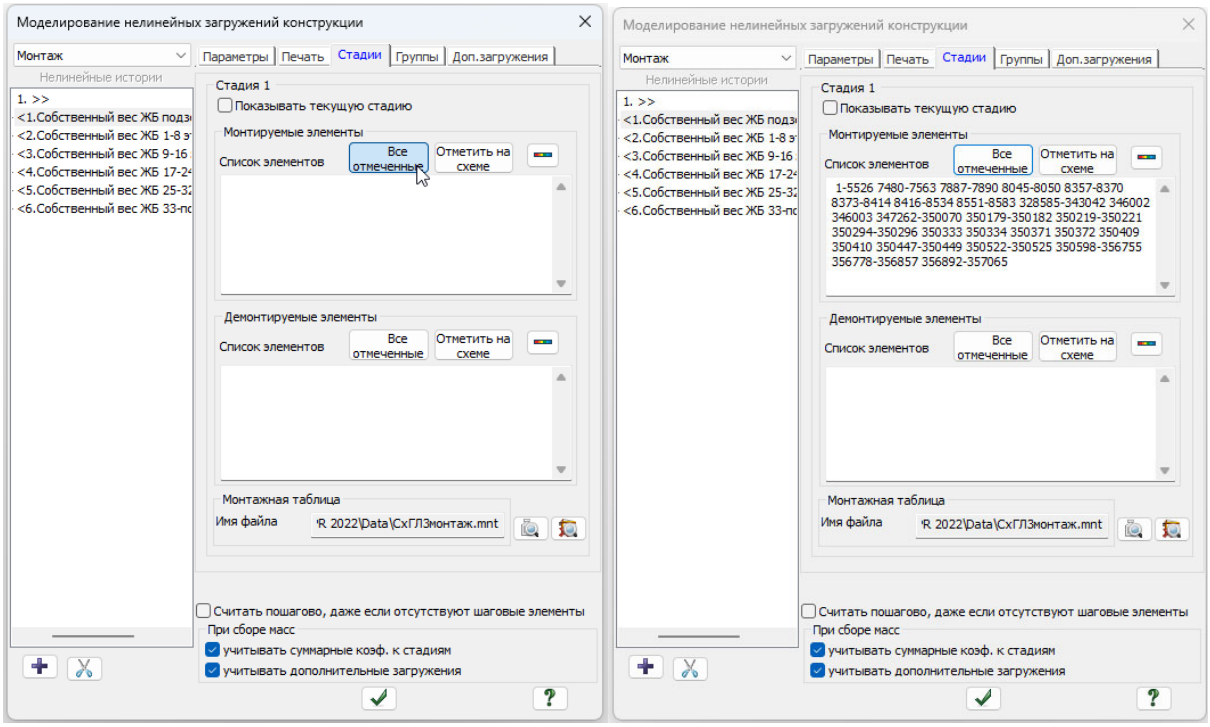

Моделирование нелинейных загружений конструкции
Монтаж
Параметры
Печать
Стадии
Группы
Доп.загружения
Нелинейные истории
1. >>
<1.Собственный вес ЖБ подз
<2.Собственный вес ЖБ 1-8 э
<3.Собственный вес ЖБ 9-16
<4.Собственный вес ЖБ 17-2
<5.Собственный вес ЖБ 25-3
<6.Собственный вес ЖБ 33-по
Стадия 1
Показывать текущую стадию
Монтируемые элементы
Список элементов
Все отмеченные
Отметить на схеме
Демонтируемые элементы
Монтажная таблица
Имя файла
R 2022\Data\СхГЛЗмонтаж.mnt
Считать пошагово, даже если отсутствуют шаговые элементы
При сборе масс
учитывать суммарные коэф. к стадиям
учитывать дополнительные загружения
Моделирование нелинейных загружений конструкции
Монтаж
Параметры
Печать
Стадии
Группы
Доп.загружения
Нелинейные истории
1. >>
<1.Собственный вес ЖБ подз
<2.Собственный вес ЖБ 1-8 э
<3.Собственный вес ЖБ 9-16
<4.Собственный вес ЖБ 17-2
<5.Собственный вес ЖБ 25-3
<6.Собственный вес ЖБ 33-по
Стадия 1
Показывать текущую стадию
Монтируемые элементы
Список элементов
Все отмеченные
Отметить на схеме
1-5526 7480-7563 7887-7890 8045-8050 8357-8370
8373-8414 8416-8534 8551-8583 328585-343042 346002
346003 347262-350070 350179-350182 350219-350221
350294-350296 350333 350334 350371 350372 350409
350410 350447-350449 350522-350525 350598-356755
356778-356857 356892-357065
Демонтируемые элементы
Список элементов
Все отмеченные
Отметить на схеме
Монтажная таблица
Имя файла
R 2022\Data\СхГЛЗмонтаж.mnt
Считать пошагово, даже если отсутствуют шаговые элементы
При сборе масс
учитывать суммарные коэф. к стадиям
учитывать дополнительные загружения

Таблица РСУ

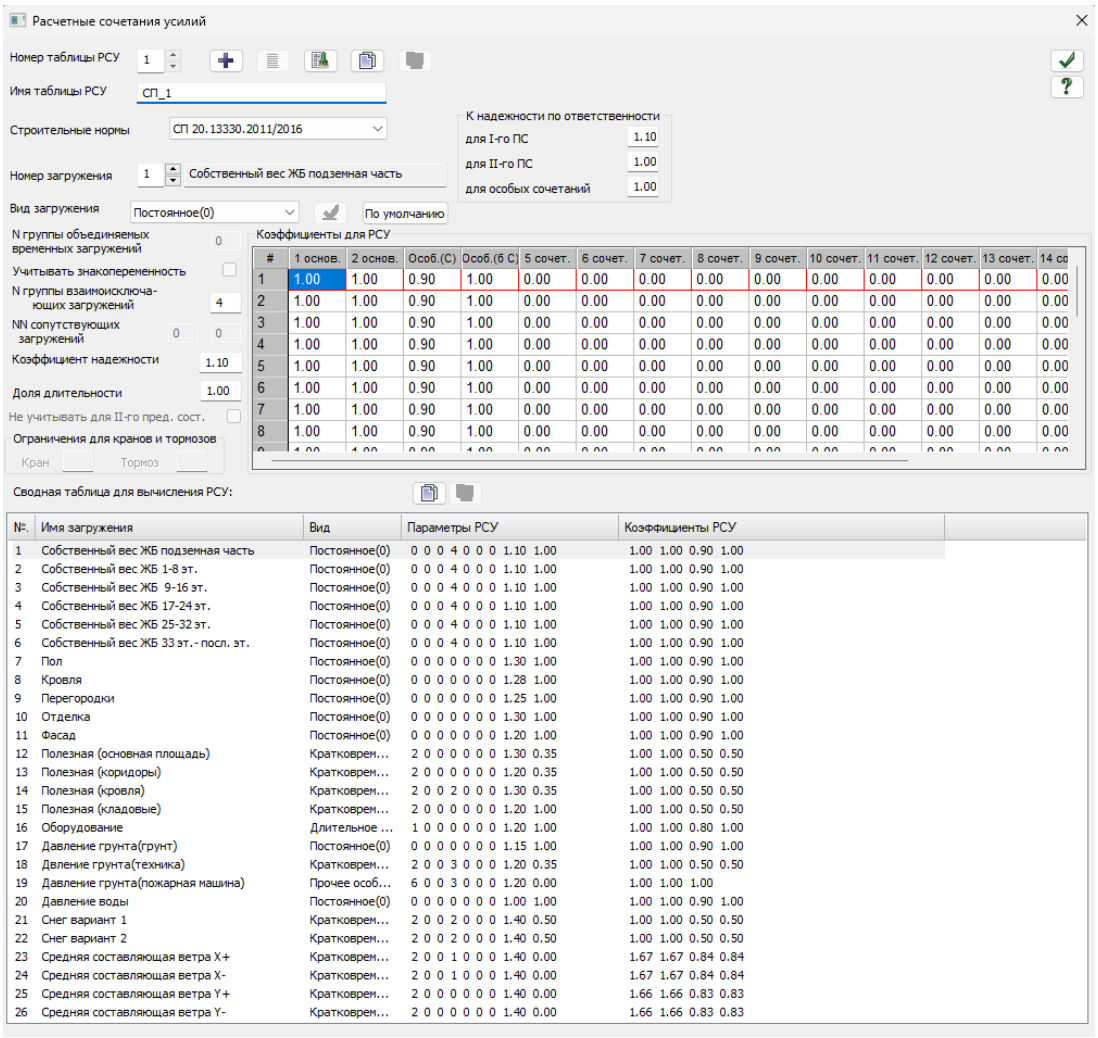
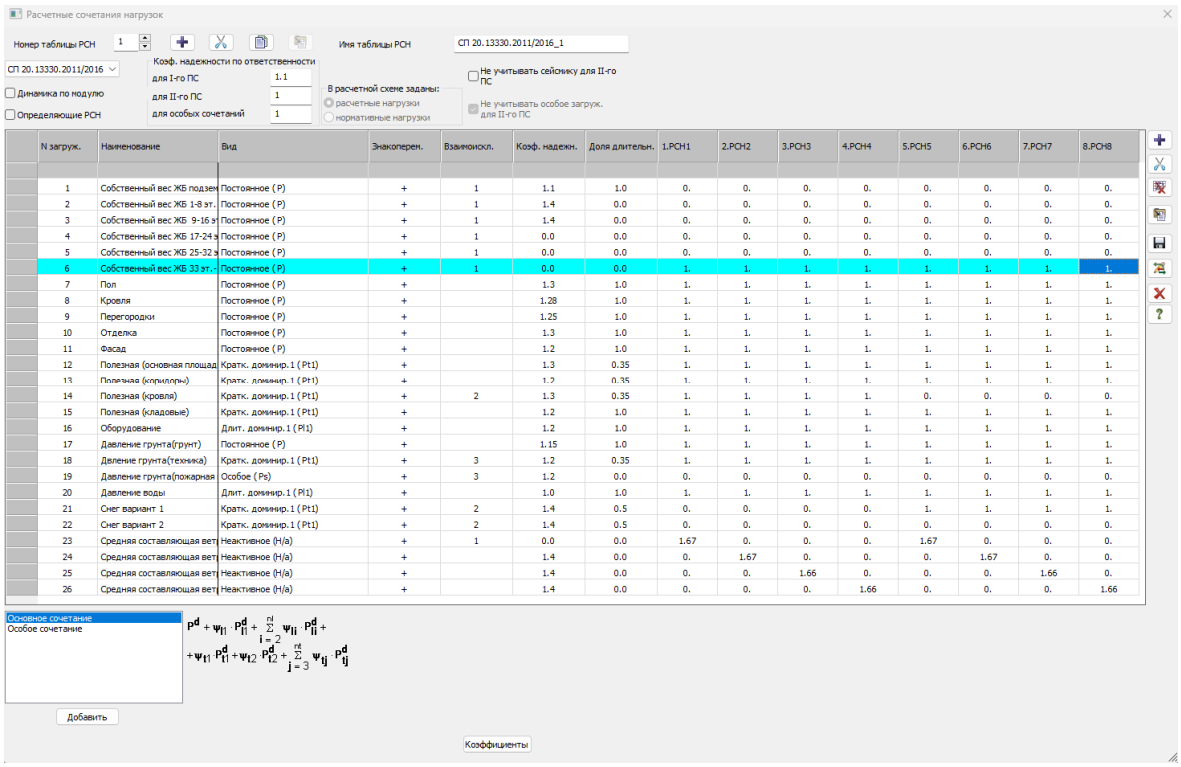

Расчетные сочетания усилий
Номер таблицы РСУ 1
Имя таблицы РСУ СП_1
Строительные нормы СП 20.13330.2011/2016
К надежности по ответственности
для I-го ПС 1.10
для II-го ПС 1.00
для особых сочетаний 1.00
Номер загружения 1 Собственный вес ЖБ подземная часть
Вид загружения Постоянное(0)
По умолчанию
N группы объединяемых временных загружений 0
Учитывать знакопеременность
N группы взаимоисключающих загружений 4
NN сопутствующих загружений 0 0
Коэффициент надежности 1.10
Доля длительности 1.00
Не учитывать для II-го пред. сост.
Ограничения для кранов и тормозов
Кран
Тормоз
Коэффициенты для РСУ
1 основ. 2 основ. Особ.(С) Особ.(б С) 5 сочет. 6 сочет. 7 сочет. 8 сочет. 9 сочет. 10 сочет. 11 сочет. 12 сочет. 13 сочет. 14 со
1 1.00 1.00 0.90 1.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
2 1.00 1.00 0.90 1.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
3 1.00 1.00 0.90 1.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
4 1.00 1.00 0.90 1.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
5 1.00 1.00 0.90 1.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
6 1.00 1.00 0.90 1.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
7 1.00 1.00 0.90 1.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
8 1.00 1.00 0.90 1.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
Сводная таблица для вычисления РСУ:
№. Имя загружения Вид Параметры РСУ Коэффициенты РСУ
1 Собственный вес ЖБ подземная часть Постоянное(0) 0 0 0 4 0 0 0 1.10 1.00 1.00 1.00 0.90 1.00
2 Собственный вес ЖБ 1-8 эт. Постоянное(0) 0 0 0 4 0 0 0 1.10 1.00 1.00 1.00 0.90 1.00
3 Собственный вес ЖБ 9-16 эт. Постоянное(0) 0 0 0 4 0 0 0 1.10 1.00 1.00 1.00 0.90 1.00
4 Собственный вес ЖБ 17-24 эт. Постоянное(0) 0 0 0 4 0 0 0 1.10 1.00 1.00 1.00 0.90 1.00
5 Собственный вес ЖБ 25-32 эт. Постоянное(0) 0 0 0 4 0 0 0 1.10 1.00 1.00 1.00 0.90 1.00
6 Собственный вес ЖБ 33 эт.- посл. эт. Постоянное(0) 0 0 0 4 0 0 0 1.10 1.00 1.00 1.00 0.90 1.00
7 Пол Постоянное(0) 0 0 0 0 0 0 0 1.30 1.00 1.00 1.00 0.90 1.00
8 Кровля Постоянное(0) 0 0 0 0 0 0 0 1.28 1.00 1.00 1.00 0.90 1.00
9 Перегородки Постоянное(0) 0 0 0 0 0 0 0 1.25 1.00 1.00 1.00 0.90 1.00
10 Отделка Постоянное(0) 0 0 0 0 0 0 0 1.30 1.00 1.00 1.00 0.90 1.00
11 Фасад Постоянное(0) 0 0 0 0 0 0 0 1.20 1.00 1.00 1.00 0.90 1.00
12 Полезная (основная площадь) Кратковрем... 2 0 0 0 0 0 0 1.30 0.35 1.00 1.00 0.50 0.50
13 Полезная (коридоры) Кратковрем... 2 0 0 0 0 0 0 1.20 0.35 1.00 1.00 0.50 0.50
14 Полезная (кровля) Кратковрем... 2 0 0 2 0 0 0 1.30 0.35 1.00 1.00 0.50 0.50
15 Полезная (кладовые) Кратковрем... 2 0 0 0 0 0 0 1.20 1.00 1.00 1.00 0.50 0.50
16 Оборудование Длительное ... 1 0 0 0 0 0 0 1.20 1.00 1.00 1.00 0.80 1.00
17 Давление грунта(грунт) Постоянное(0) 0 0 0 0 0 0 0 1.15 1.00 1.00 1.00 0.90 1.00
18 Давление грунта(техника) Кратковрем... 2 0 0 3 0 0 0 1.20 0.35 1.00 1.00 0.50 0.50
19 Давление грунта(пожарная машина) Прочее особ... 6 0 0 3 0 0 0 1.20 0.00 1.00 1.00 1.00
20 Давление воды Постоянное(0) 0 0 0 0 0 0 0 1.00 1.00 1.00 1.00 0.90 1.00
21 Снег вариант 1 Кратковрем... 2 0 0 2 0 0 0 1.40 0.50 1.00 1.00 0.50 0.50
22 Снег вариант 2 Кратковрем... 2 0 0 2 0 0 0 1.40 0.50 1.00 1.00 0.50 0.50
23 Средняя составляющая ветра X+ Кратковрем... 2 0 0 1 0 0 0 1.40 0.00 1.67 1.67 0.84 0.84
24 Средняя составляющая ветра X- Кратковрем... 2 0 0 1 0 0 0 1.40 0.00 1.67 1.67 0.84 0.84
25 Средняя составляющая ветра Y+ Кратковрем... 2 0 0 0 0 0 0 1.40 0.00 1.66 1.66 0.83 0.83
26 Средняя составляющая ветра Y- Кратковрем... 2 0 0 0 0 0 0 1.40 0.00 1.66 1.66 0.83 0.83

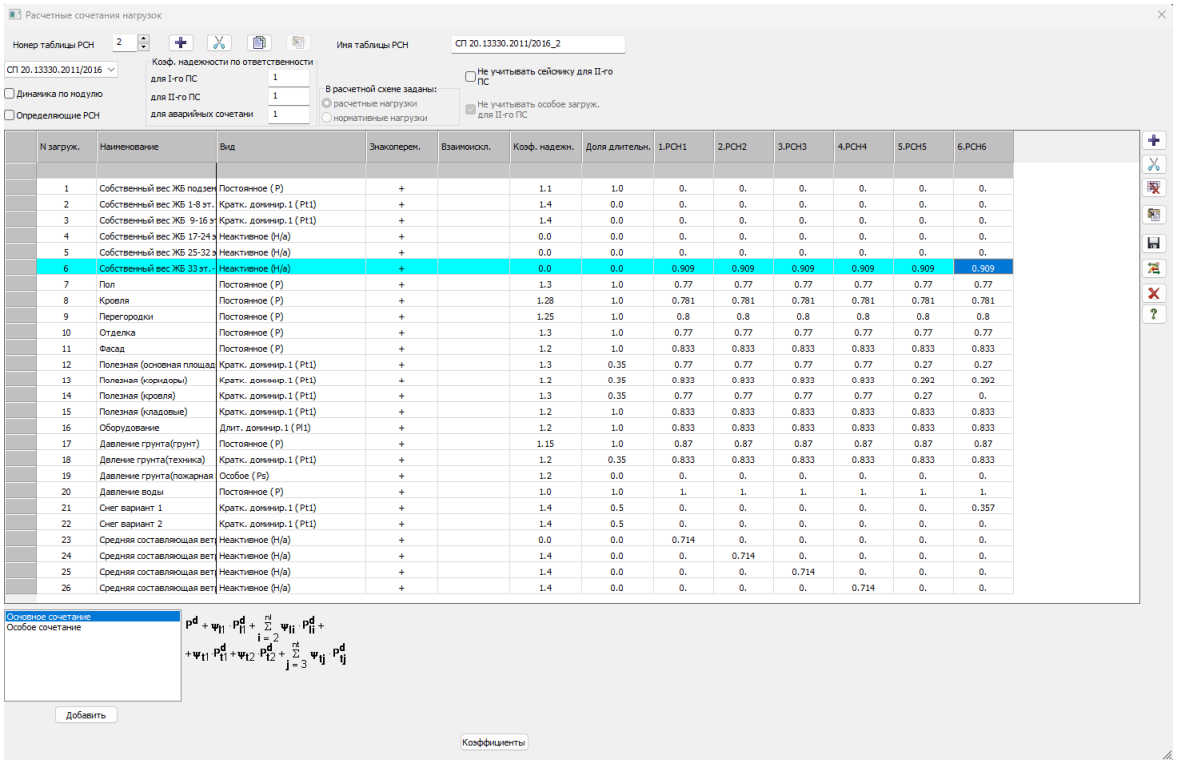
Таблица РСН №1



N загруж.	Наименование	Вид	Знакоперем.	Взаимоискл.	Коэф. надежн.	Доля длительн.	1.РСН1	2.РСН2	3.РСН3	4.РСН4	5.РСН5	6.РСН6	7.РСН7	8.РСН8
1	Собственный вес ЖБ подзем	Постоянное (P)	+	1	1.1	1.0	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
2	Собственный вес ЖБ 1-8 эт.	Постоянное (P)	+	1	1.4	0.0	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
3	Собственный вес ЖБ 9-16 э	Постоянное (P)	+	1	1.4	0.0	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
4	Собственный вес ЖБ 17-24 э	Постоянное (P)	+	1	0.0	0.0	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
5	Собственный вес ЖБ 25-32 э	Постоянное (P)	+	1	0.0	0.0	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
6	Собственный вес ЖБ 33 эт.	Постоянное (P)	+	1	0.0	0.0	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.
7	Пол	Постоянное (P)	+		1.3	1.0	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.
8	Кровля	Постоянное (P)	+		1.28	1.0	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.
9	Перегородки	Постоянное (P)	+		1.25	1.0	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.
10	Отделка	Постоянное (P)	+		1.3	1.0	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.
11	Фасад	Постоянное (P)	+		1.2	1.0	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.
12	Полезная (основная площад	Кратк. доминир.1 (Pt1)	+		1.3	0.35	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.
13	Полезная (коридоры)	Кратк. доминир.1 (Pt1)	+		1.2	0.35	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.
14	Полезная (кровля)	Кратк. доминир.1 (Pt1)	+	2	1.3	0.35	1.	1.	1.	1.	0.	0.	0.	0.
15	Полезная (кладовые)	Кратк. доминир.1 (Pt1)	+		1.2	1.0	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.
16	Оборудование	Длит. доминир.1 (Pl1)	+		1.2	1.0	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.
17	Давление грунта(грунт)	Постоянное (P)	+		1.15	1.0	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.
18	Давление грунта(техника)	Кратк. доминир.1 (Pt1)	+	3	1.2	0.35	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.
19	Давление грунта(пожарная	Особое (Ps)	+	3	1.2	0.0	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
20	Давление воды	Длит. доминир.1 (Pl1)	+		1.0	1.0	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.
21	Снег вариант 1	Кратк. доминир.1 (Pt1)	+	2	1.4	0.5	0.	0.	0.	0.	1.	1.	1.	1.
22	Снег вариант 2	Кратк. доминир.1 (Pt1)	+	2	1.4	0.5	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
23	Средняя составляющая вет	Неактивное (H/a)	+	1	0.0	0.0	1.67	0.	0.	0.	1.67	0.	0.	0.
24	Средняя составляющая вет	Неактивное (H/a)	+		1.4	0.0	0.	1.67	0.	0.	0.	1.67	0.	0.
25	Средняя составляющая вет	Неактивное (H/a)	+		1.4	0.0	0.	0.	1.66	0.	0.	0.	1.66	0.
26	Средняя составляющая вет	Неактивное (H/a)	+		1.4	0.0	0.	0.	0.	1.66	0.	0.	0.	1.66

$$P^d + \psi_{f1} \cdot P^d_{f1} + \sum_{i=2}^{n1} \psi_{fi} \cdot P^d_{fi} + \\ + \psi_{t1} P^d_{f1} + \psi_{t2} \cdot P^d_{t2} + \sum_{j=3}^{nt} \psi_{tj} \cdot P^d_{tj}$$

Таблица РСН №2



N загруж.	Наименование	Вид	Знакоперем.	Взаимоискл.	Коэф. надежн.	Доля длительн.	1.РСН1	2.РСН2	3.РСН3	4.РСН4	5.РСН5	6.РСН6
1	Собственный вес ЖБ подзем	Постоянное (P)	+		1.1	1.0	0.	0.	0.	0.	0.	0.
2	Собственный вес ЖБ 1-8 эт.	Кратк. доминир.1 (Pt1)	+		1.4	0.0	0.	0.	0.	0.	0.	0.
3	Собственный вес ЖБ 9-16 э	Кратк. доминир.1 (Pt1)	+		1.4	0.0	0.	0.	0.	0.	0.	0.
4	Собственный вес ЖБ 17-24 э	Неактивное (H/a)	+		0.0	0.0	0.	0.	0.	0.	0.	0.
5	Собственный вес ЖБ 25-32 э	Неактивное (H/a)	+		0.0	0.0	0.	0.	0.	0.	0.	0.
6	Собственный вес ЖБ 33 эт.	Неактивное (H/a)	+		0.0	0.0	0.909	0.909	0.909	0.909	0.909	0.909
7	Пол	Постоянное (P)	+		1.3	1.0	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77
8	Кровля	Постоянное (P)	+		1.28	1.0	0.781	0.781	0.781	0.781	0.781	0.781
9	Перегородки	Постоянное (P)	+		1.25	1.0	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
10	Отделка	Постоянное (P)	+		1.3	1.0	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77
11	Фасад	Постоянное (P)	+		1.2	1.0	0.833	0.833	0.833	0.833	0.833	0.833
12	Полезная (основная площад	Кратк. доминир.1 (Pt1)	+		1.3	0.35	0.77	0.77	0.77	0.77	0.27	0.27
13	Полезная (коридоры)	Кратк. доминир.1 (Pt1)	+		1.2	0.35	0.833	0.833	0.833	0.833	0.292	0.292
14	Полезная (кровля)	Кратк. доминир.1 (Pt1)	+		1.3	0.35	0.77	0.77	0.77	0.77	0.27	0.
15	Полезная (кладовые)	Кратк. доминир.1 (Pt1)	+		1.2	1.0	0.833	0.833	0.833	0.833	0.833	0.833
16	Оборудование	Длит. доминир.1 (Pl1)	+		1.2	1.0	0.833	0.833	0.833	0.833	0.833	0.833
17	Давление грунта(грунт)	Постоянное (P)	+		1.15	1.0	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87
18	Давление грунта(техника)	Кратк. доминир.1 (Pt1)	+		1.2	0.35	0.833	0.833	0.833	0.833	0.833	0.833
19	Давление грунта(пожарная	Особое (Ps)	+		1.2	0.0	0.	0.	0.	0.	0.	0.
20	Давление воды	Постоянное (P)	+		1.0	1.0	1.	1.	1.	1.	1.	1.
21	Снег вариант 1	Кратк. доминир.1 (Pt1)	+		1.4	0.5	0.	0.	0.	0.	0.	0.357
22	Снег вариант 2	Кратк. доминир.1 (Pt1)	+		1.4	0.5	0.	0.	0.	0.	0.	0.
23	Средняя составляющая вет	Неактивное (H/a)	+		0.0	0.0	0.714	0.	0.	0.	0.	0.
24	Средняя составляющая вет	Неактивное (H/a)	+		1.4	0.0	0.	0.714	0.	0.	0.	0.
25	Средняя составляющая вет	Неактивное (H/a)	+		1.4	0.0	0.	0.	0.714	0.	0.	0.
26	Средняя составляющая вет	Неактивное (H/a)	+		1.4	0.0	0.	0.	0.	0.714	0.	0.

$$P^d + \psi_{f1} \cdot P^d_{f1} + \sum_{i=2}^{n1} \psi_{fi} \cdot P^d_{fi} + \\ + \psi_{t1} P^d_{f1} + \psi_{t2} \cdot P^d_{t2} + \sum_{j=3}^{nt} \psi_{tj} \cdot P^d_{tj}$$

Пояснение: В РСН учитывается только последняя стадия монтажа, поэтому только в 6 загружении ставятся коэффициенты к загружениям. В РСУ учитываются все стадии монтажа, однако, для того чтобы вес конструкций не «суммировался» стоит взаимоисключение загружения 1-6.

Расчет в системе монтаж условно считаем эталонным. С ним сравниваем полученные результаты для конкретного здания.

Разница в результате до 5% не является критичной для железобетонных конструкций учитывая большую распределительную способность железобетона.

Нужно помнить о том, что при возрастании этажности эффект из некритичного может перейти в критичный. А при снижении этажности эффект изменения усилий будет отсутствовать.

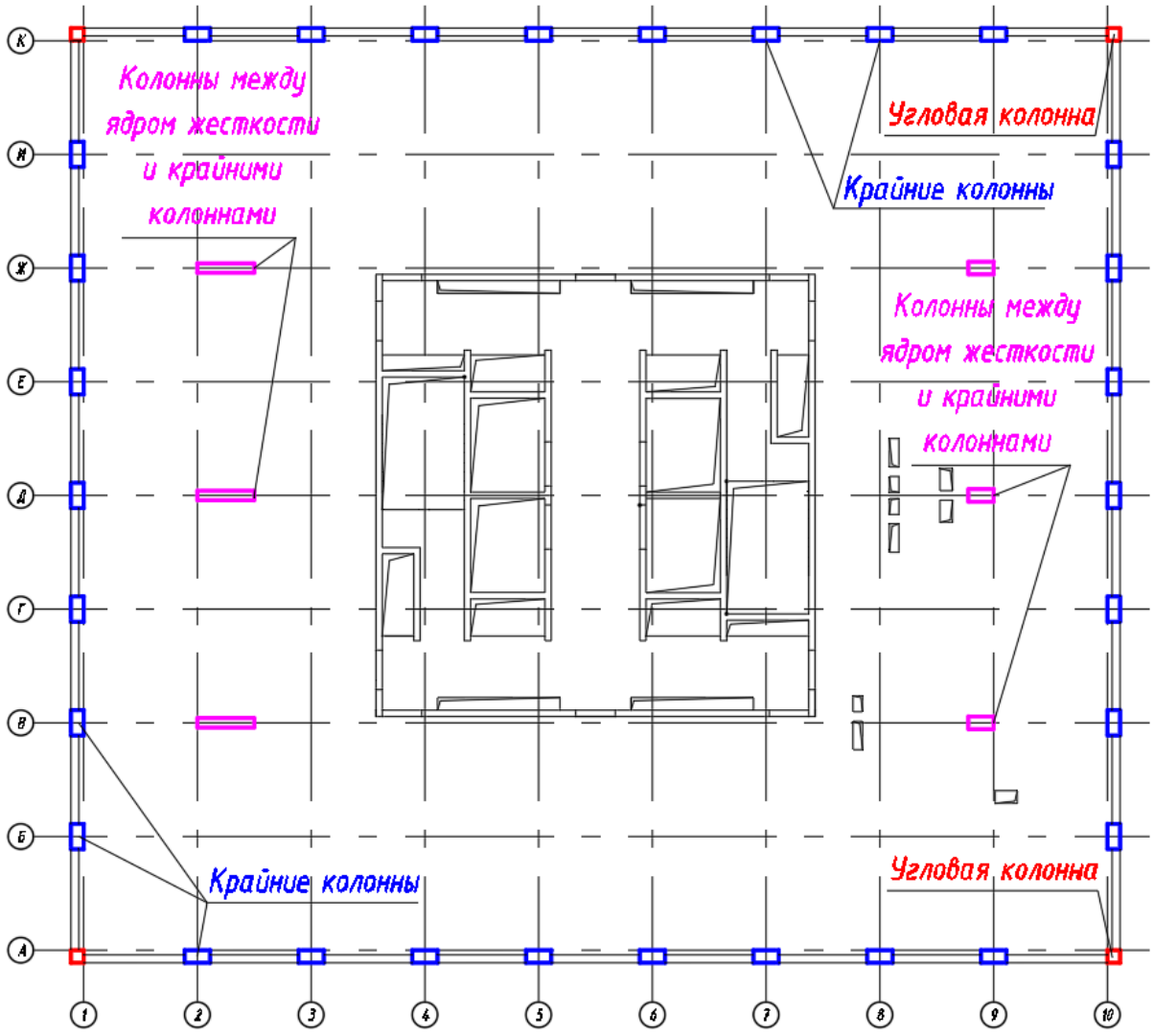


Схема-пояснение к справочным таблицам

4.2. Сравнение результатов расчета с учетом монтажа и без учета монтажа

Справочная таблица 3. Эффект по усилия в вертикальных конструкциях в зависимости от используемой линейной методике (Монтаж и без монтажа).

Сравниваемый параметр, рисунок и описание	Сравнение расчета в системе Монтаж и без него	Выводы (критичность)
Сваи		
Усилия **N** в угловых сваях	В монтаже меньше на 0,5-1%	Не критично
Усилия **N** в краевых сваях	В монтаже меньше на 0,5-1%	Не критично
Усилия **N** в центральных сваях под ядром жесткости	В монтаже больше на 0,5-1%	Не критично
Колонны/пилоны, примыкающие к фундаментной плите, расположенные между ядром жесткости и крайними колоннами/пилонами		
Продольные усилия **N**	С монтажом больше в: 20600/20000=1,03	Не критично
Моменты **M** изгибающие колонну в сторону ядра	С монтажом больше в: 6620/6310=1,05	Не критично
Моменты **M** изгибающие колонну в противоположном направлении	С монтажом больше в: 14100/13700=1,03	Не критично
Первый надземный этаж		
Угловые колонны первого надземного этажа		
Продольные усилия **N**	В монтаже меньше в: 5960/5650=1,05	Не критично
Моменты **M**	В монтаже меньше в: 140/114=1,23	Снижение моментов будет уменьшать армирование.
Крайние колонны первого надземного этажа		
Продольные усилия **N**	В монтаже меньше в: 10700/10600=1,01 (сторона без промежут очных колонн к ядру) В монтаже меньше в: 8940/8700=1,03 (сторона с промежуточными колоннами к ядру)	Не критично
Моменты **M** изгибающие колонну в сторону ядра	В монтаже меньше в: 308/260=1,18 (сторона без промежуточных колонн к ядру) 242/205=1,18 (сторона с промежуточными колоннами к ядру)	Снижение моментов будет уменьшать армирование.
Моменты **M** изгибающие колонну в противоположном направлении	В монтаже меньше в: 1060/869=1,22 (сторона без промежуточных колонн к ядру) 926/772=1,19 (сторона с промежуточными колоннами к ядру)	Снижение моментов будет уменьшать армирование.

Сравниваемый параметр, рисунок и описание	Сравнение расчета в системе Монтаж и без него	Выводы (критичность)
Колонны между ядром жесткости первого надземного этажа		
Продольные усилия **N**	В монтаже больше в: 18700/18200=1,03	Не критично
Моменты **M** изгибающие колонну в сторону ядра	В монтаже меньше в: 286/244=1,17	Снижение моментов будет уменьшать армирование.
Моменты **M** изгибающие колонну в противоположном направлении	В монтаже меньше в: 141/114=1,24	Снижение моментов будет уменьшать армирование.
Последний надземный этаж		
Угловые колонны последнего надземного этажа		
Продольные усилия **N**	В монтаже меньше в: 199/176=1,13	Поскольку этаж последний, то бОльшая сжимающая продольная сила снижает требуемое армирование и наоборот.
Моменты **M**	В монтаже меньше в: 63,1/50,8=1,24	Снижение моментов будет уменьшать армирование.
Крайние колонны последнего надземного этажа		
Продольные усилия **N**	В монтаже больше в: 287/279=1,03 (сторона без промежуточных колонн к ядру) В монтаже меньше в: 244/236=1,03 (сторона с промежуточными колоннами к ядру)	Поскольку этаж последний, то увеличивающаяся сжимающая продольная сила снижает требуемое армирование и наоборот.
Моменты **M** изгибающие колонну в сторону ядра	В монтаже меньше в: 235/224=1,05 (сторона без промежуточных колонн к ядру) 211/182=1,16 (сторона с промежуточными колоннами к ядру)	С монтажом изгибающие моменты, а следовательно и армирование будут несколько меньше.
Моменты **M** изгибающие колонну в противоположном направлении	В монтаже меньше в: 83,7/44,8=1,86 (сторона без промежуточных колонн к ядру) 37,7/15,4=2,44 (сторона с промежуточными колоннами к ядру)	
Колонны между ядром жесткости последнего надземного этажа		
Продольные усилия **N**	В монтаже больше в 362/314=1,15	Чем ближе колонна к ядру жесткости, тем больше будет эффект «навешивания» колонны на стену. В высотных зданиях при расчете без монтажа навешивание будет таким, что колонны иногда будут растянуты. Этот эффект будет уходить при расчете в системе монтаж.

Сравниваемый параметр, рисунок и описание	Сравнение расчета в системе Монтаж и без него	Выводы (критичность)
Моменты M изгибающие колонну в сторону ядра	В монтаже меньше в: 220/152=1,44	С монтажом изгибающие моменты, а следовательно и армирование будут несколько меньше.
Моменты M изгибающие колонну в противоположном направлении	В монтаже больше в: 37,5/26=1,44	

Справочная таблица 4. Эффект по усилия в горизонтальных конструкциях в зависимости от используемой линейной методике (Монтаж и без монтажа).

Сравниваемый параметр, рисунок и описание	Сравнение расчета в системе Монтаж и без него	Выводы (критичность)
Фундаментная плита		
Момент у крайней колонны на стороне без промежуточных колонн	Разница до 0,5-2%	Не критично
Момент у крайней колонны на стороне с промежуточными колоннами	Разница до 0,5-2%	Не критично
Момент у колонны между ядром жесткости и крайними колоннами	Разница до 0,5-2%	Не критично
Момент у ядра жесткости на стороне без промежуточных колонн	Разница до 0,5-2%.	Не критично
Момент у ядра жесткости на стороне с промежуточными колоннами	Разница до 0,5-2%	Не критично
Плита перекрытия первого этажа (отм. +3.300)		
Момент у крайней колонны на стороне без промежуточных колонн	В монтаже меньше в: 118/113=1,04	Не критично
Момент у крайней колонны на стороне с промежуточными колоннами	В монтаже меньше в: 78,6/71,9=1,1	Иногда критично
Момент у колонны между ядром жесткости и крайними колоннами	В монтаже меньше в: 123/112=1,1	Иногда критично
Момент у ядра жесткости на стороне без промежуточных колонн	В монтаже больше в: 77,9/72,1=1,08	Иногда критично
Момент у ядра жесткости на стороне с промежуточными колоннами	В монтаже больше в: 23,4/19,8=1,18	Критично
Плита покрытия		
Момент у крайней колонны на стороне без промежуточных колонн	В монтаже меньше в: 72/68,4=1,05	Иногда критично
Момент у крайней колонны на стороне с промежуточными колоннами	В монтаже меньше в: 68/58,2=1,17	Критично
Момент у колонны между ядром жесткости и крайними колоннами	В монтаже меньше в: 23/21=1,1	Иногда критично
Момент у ядра жесткости на стороне без промежуточных колонн	В монтаже больше в: 68,4/65,7=1,04	Не критично
Момент у ядра жесткости на стороне с промежуточными колоннами	В монтаже больше в: 53,9/53,5=1,01	Не критично

5. Вторая итерация. Нелинейный расчет.

5.1. Диаграммы деформирования

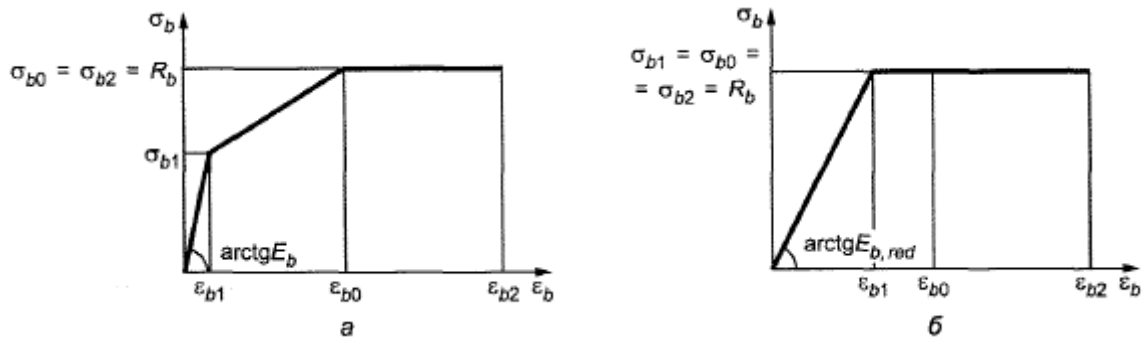
Бетон

Для описания поведения бетона под нагрузкой в СП 63. имеются три диаграммы:

1) Двухлинейная. Самая простая и упрощенная диаграмма. В реальном проектировании уже мало используется, поскольку машинное вычисление практически не имеет разницы во времени при использовании двух или трех линейной диаграммы.

2) Трехлинейная. Дает оптимальную точность вычислений и поэтому только она рассматривается далее.

3) Криволинейная (диаграмма Карпенко). Используется, как правило, в научных целях.



а - трехлинейная диаграмма состояния сжатого бетона; *б* - двухлинейная диаграмма состояния сжатого бетона

Рисунок 6.1 из СП 63.13330. - Диаграммы состояния сжатого бетона

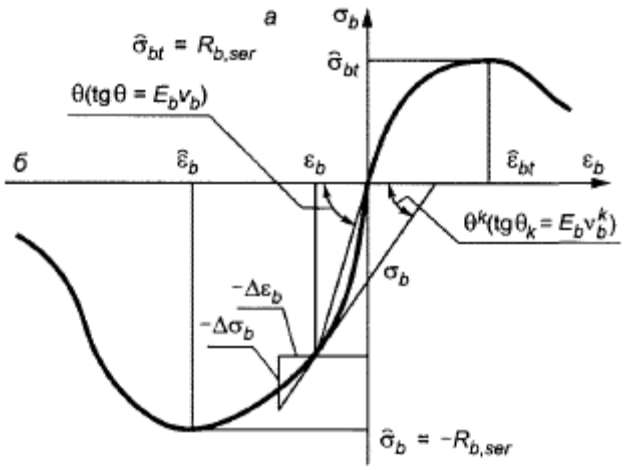


Рисунок Г.1 из СП 63.13330. - Криволинейные диаграммы деформирования бетона
Трехлинейная диаграмма для тяжелых бетонов

Справочная таблица 5. Коэффициенты γ_{b1}

Для конструкций только при длительном действии нагрузки	Для конструкций только при действии всех нагрузок (длительные, постоянные, кратковременные)
$\gamma_{b1} = 0,9$	$\gamma_{b1} = 1$

Справочная таблица 6. Коэффициенты γ_{b3}

Для конструкций, бетонируемых в вертикальном положении при высоте сбрасывания бетона более 1,5м:	Для конструкций, бетонируемых в вертикальном положении при высоте сбрасывания бетона менее 1,5м:
$\gamma_{b3} = 0,85$	$\gamma_{b3} = 1$

Справочная таблица 7. Характерные точки диаграммы деформирования бетона

<table>
<tr><th colspan="2">Кратковременное</th><th colspan="4">Длительное</th></tr>
<tr><td>Деформация</td><td>Напряжение</td><td colspan="3">Деформация</td><td>Напряжение</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Для бетонов класса В60 и ниже:
$\varepsilon_{b2} = 0,0035$
В70:
$\varepsilon_{b2} = 0,0033$
В100:
$\varepsilon_{b2} = 0,0028$
Промежуточные значения по интерполяции</td><td rowspan="3">$\sigma_{b2} = \gamma_{b1}\gamma_{b3}R_b$</td><td>Влажность Выше 75%</td><td>Влажность 40–75%</td><td>Влажность Ниже 40%</td><td rowspan="3">$\sigma_{b2} = \gamma_{b1}\gamma_{b3}R_b$</td></tr>
<tr><td>0,0042</td><td>0,0048</td><td>0,0056</td></tr>
<tr><td colspan="3">При В70 и выше ε_{b2} умножают на отношение (270–В)/210</td></tr>
<tr><td rowspan="2">$\varepsilon_{b0} = 0,002$</td><td rowspan="2">$\sigma_{b0} = \gamma_{b1}\gamma_{b3}R_b$</td><td>Влажность Выше 75%</td><td>Влажность 40–75%</td><td>Влажность Ниже 40%</td><td rowspan="2">$\sigma_{b0} = \gamma_{b1}\gamma_{b3}R_b$</td></tr>
<tr><td>0,0030</td><td>0,0034</td><td>0,0040</td></tr>
<tr><td>$\varepsilon_{b01} = \frac{\sigma_{b1}}{E_b}$</td><td>$\sigma_{b1} = 0,6\gamma_{b1}\gamma_{b3}R_b$</td><td colspan="3">$\varepsilon_{b01} = \frac{\sigma_{b1}}{E_{b\tau}}$</td><td>$\sigma_{b1} = 0,6\gamma_{b1}\gamma_{b3}R_b$</td></tr>
<tr><td>0</td><td>0</td><td colspan="3">0</td><td>0</td></tr>
<tr><td>$\varepsilon_{bt01} = \frac{\sigma_{bt1}}{E_b}$</td><td>$\sigma_{bt1} = 0,6\gamma_{b1}R_{bt}$</td><td colspan="3">$\varepsilon_{b01} = \frac{\sigma_{b1}}{E_{b,\tau}}$
$E_{b,\tau} = \frac{E_b}{1+\varphi_{b,cr}}$
$\varphi_{b,cr}$ см. таблицу ниже</td><td>$\sigma_{bt1} = 0,6\gamma_{b1}R_{bt}$</td></tr>
<tr><td rowspan="2">$\varepsilon_{bt0} = 0,0001$</td><td rowspan="2">$\sigma_{bt0} = \gamma_{b1}R_{bt}$</td><td>Влажность Выше 75%</td><td>Влажность 40–75%</td><td>Влажность Ниже 40%</td><td rowspan="2">$\sigma_{bt0} = \gamma_{b1}R_{bt}$</td></tr>
<tr><td>0,00021</td><td>0,00024</td><td>0,00028</td></tr>
<tr><td rowspan="2">$\varepsilon_{bt2} = 0,0015$</td><td rowspan="2">$\sigma_{bt2} = \gamma_{b1}R_{bt}$</td><td>Влажность Выше 75%</td><td>Влажность 40–75%</td><td>Влажность Ниже 40%</td><td rowspan="2">$\sigma_{bt2} = \gamma_{b1}R_{bt}$</td></tr>
<tr><td>0,00027</td><td>0,00031</td><td>0,00036</td></tr>
</table>

Справочная таблица 8. Значения коэффициента ползучести бетона $\varphi_{b,cr}$ (таблица 6.12 СП 63.13330)

Относительная влажность воздуха окружающей среды, %	Значения коэффициента ползучести бетона $\varphi_{b,cr}$ при классе тяжелого бетона на сжатие										
	B10	B15	B20	B25	B30	B35	B40	B45	B50	B55	B60–B100
Выше 75	2,8	2,4	2,0	1,8	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	1,0
40–75	3,9	3,4	2,8	2,5	2,3	2,1	1,9	1,8	1,6	1,5	1,4
Ниже 40	5,6	4,8	4,0	3,6	3,2	3,0	2,8	2,6	2,4	2,2	2,0
Примечание – Относительную влажность воздуха окружающей среды принимают по СП 131.13330 как среднюю месячную относительную влажность наиболее теплого месяца для района строительства.											

Справочная таблица 9. Значения начального модуля упругости бетона E_b

(фрагмент таблицы 6.11 СП 63.)

Бетон	Значения начального модуля упругости бетона при сжатии и растяжении $\mathbf{E_b}$, МПа·10^{-3}, при классе бетона по прочности сжатия															
	B10	B12,5	B15	B20	B25	B30	B35	B40	B45	B50	B55	B60	B70	B80	B90	B100
Тяжелый	19,0	21,5	24,0	27,5	30,0	32,5	34,5	36,0	37,0	38,0	39,0	39,5	41,0	42,0	42,5	43
Мелкозернистый группы А – естественного твердения	15,5	17,5	19,5	22,0	24,0	26,0	27,5	28,5	–	–	–	–	–	–	–	–

Справочная таблица 10. Расчетные сопротивления бетона R_b, R_{bt}.

(фрагмент таблицы 6.8 СП 63.)

Вид сопротивления	Бетон	Расчетные сопротивления бетона R_b, R_{bt}, МПа, для предельных состояний первой группы при классе бетона по прочности на сжатие															
		B10	B12,5	B15	B20	B25	B30	B35	B40	B45	B50	B55	B60	B70	B80	B90	B100
Сжатие осевое (призменная прочность) R_b	Тяжелый, мелкозернистый и напрягающий	6,0	7,5	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
	Легкий	6,0	7,5	8,5	11,5	14,5	17,0	19,5	22,0	–	–	–	–	–	–	–	–
Растяжение осевое R_{bt}	Тяжелый, мелкозернистый и напрягающий	0,56	0,66	0,75	0,90	1,05	1,15	1,30	1,40	1,50	1,60	1,70	1,80	1,90	2,10	2,15	2,20
	Легкий	0,56	0,66	0,75	0,90	1,05	1,15	1,30	1,40	–	–	–	–	–	–	–	–

Примечания

1 Для мелкозернистого бетона на песке с модулем крупности 2,0 и менее, а также для легкого бетона на мелком пористом заполнителе значения расчетных сопротивлений R_{bt} следует принимать с умножением на коэффициент 0,8.

2 Для напрягающего бетона значения R_{bt} следует принимать с умножением на коэффициент 1,2.

3 Для тяжелых бетонов классов B70–B100 расчетные значения сопротивления осевому сжатию R_b и осевому растяжению R_{bt} приняты с учетом дополнительного понижающего коэффициента $\gamma_{b,br}$, учитывающего увеличение хрупкости высокопрочных бетонов в связи с уменьшением деформаций ползучести и равного $\gamma_{b,br} = \frac{360-B}{300}$, где B – класс бетона по прочности на сжатие.

Справочная таблица 11. Нормативные сопротивления бетона R_{bn}, R_{btn}.

(фрагмент таблицы 6.7 СП 63.)

Вид сопро-тивления	Бетон	Нормативные сопротивления бетона R_{bn}, R_{btn}, МПа															
		B10	B12,5	B15	B20	B25	B30	B35	B40	B45	B50	B55	B60	B70	B80	B90	B100
Сжатие осевое (призменная прочность) R_{bn}	Тяжелый, мелко-зернистый и напря-гающий	7,5	9,5	11	15	18,5	22	25,5	29	32	36	39,5	43	50	57	64	71
	Легкий	7,5	9,5	11	15	18,5	22	25,5	29	–	–	–	–	–	–	–	–
	Ячеистый	9,0	10,5	11,5	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Растяжение осевое $R_{bt,n}$	Тяжелый, мелко-зернистый и напря-гающий	0,85	1,00	1,10	1,35	1,55	1,75	1,95	2,10	2,25	2,45	2,60	2,75	3,00	3,30	3,60	3,80
	Легкий	0,85	1,00	1,10	1,35	1,55	1,75	1,95	2,10	–	–	–	–	–	–	–	–
	Ячеистый	0,89	1,00	1,05	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Примечания

1 Для мелкозернистого бетона на песке с модулем крупности 2,0 и менее, а также для легкого бетона на мелком пористом заполнителе значения расчетных сопротивлений $R_{bt,n}$, следует принимать с умножением на коэффициент 0,8.

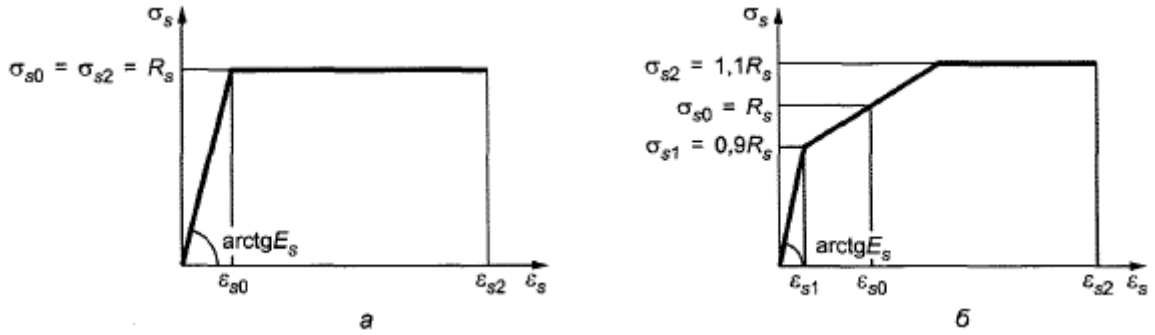
2 Для напрягающего бетона значения $R_{bt,n}$, следует принимать с умножением на коэффициент 1,2.

Арматура

Для описания поведения арматуры под нагрузкой в СП 63. имеются две диаграммы:

- двухлинейная (диаграмма Прандтля) используется для арматуры классов А240, А300, А400, А500, В500.

- трехлинейная диаграмма используется для арматуры А600-А1000, B_p 1200- B_p 1500, К1400, К1500 и К1600 - трехлинейную (см. рисунок 6.2, б), без учета упрочнения за площадкой текучести.



а - двухлинейная диаграмма; *б* - трехлинейная диаграмма

Рисунок 6.2 из СП 63.13330. - Диаграммы состояния растянутой арматуры

Справочная таблица 12. Характерные точки диаграммы деформирования арматуры классов А240, А300, А400, А500

Деформация	Напряжение
$\boldsymbol{\varepsilon_{s2} = 0,025}$	$\boldsymbol{R_{sc}}$
$\boldsymbol{\varepsilon_{s0} = \frac{R_{sc}}{E_s}}$	$\boldsymbol{R_{sc}}$
0	0
$\boldsymbol{\varepsilon_{s0} = \frac{R_s}{E_s}}$	$\boldsymbol{R_s}$
$\boldsymbol{\varepsilon_{s2} = 0,025}$	$\boldsymbol{R_s}$

Справочная таблица 13. Нормативные сопротивления арматуры.

(Фрагмент таблицы 6.13 СП 63)

Класс арматуры	Нормативные значения сопротивления растяжению $R_{s,n}$, МПа		Нормативные значения сопротивления сжатию $R_{sc,n}$, МПа Данных значений нет в СП 63, поэтому приняты по рекомендациям автора	
	Кратковременное	Длительное	Кратковременное	Длительное
A240	240	240	240	240
A300 (из СП 63 исключен)	300	300	300	300
A400	390	390	390	390
A500	500	500	400	435
B500	500	500	380	415

Справочная таблица 14. Нормативные сопротивления арматуры.

(Фрагмент таблицы 6.14 СП 63)

Класс арматуры	Расчетные значения сопротивления растяжению R_s, МПа		Расчетные значения сопротивления сжатию R_{sc}, МПа Данных значений нет в СП 63, поэтому приняты по рекомендациям автора	
	Кратковременное	Длительное	Кратковременное	Длительное
A240	210	210	210	210
A300 (из СП 63 исключен)	270	270	270	270
A400	340	340	340	340
A500	435	435	400	435
B500	415	415	380	415

5.2. Особенности расчета железобетона по 1 и 2 группе предельных состояний с учетом физической нелинейности

Справочная таблица 15. Проверки по первой и второй группе предельных состояний

№ п/п	Параметр	Первая группа предельных состояний (1ГПС)	Вторая группа предельных состояний (2ГПС)
1	Прочность	Проверяется	Не проверяется, поскольку должна быть обеспечена при расчете по 1 ГПС
2	Прогибы	Игнорируются	Рассчитываются на длительные нагрузки
3	Трещины	Игнорируются	Рассчитываются отдельно для кратковременной Рассчитываются отдельно для длительной
4	Характеристики материалов	Расчетные	Нормативные

Справочная таблица 16. Основные параметры для расчета

№ п/п	Первая группа предельных состояний (1ГПС)		Вторая группа предельных состояний (2ГПС)	
	Расчет №1	**Расчет №2**	**Расчет №3**	**Расчет №4**
1	**Цели расчета**			
	Проверка прочности на полную нагрузку с	Проверка прочности на длительную нагрузку с	1) Проверка кратковременной величины раскрытия трещин	1) Проверка длительной величины раскрытия трещин. 2)Проверка прогиба
2	**Применяемые нагрузки**			
	Полные (Постоянные +длительные +длительная часть кратковременных +кратковременная часть кратковременных)	Длительные (Постоянные +длительные +длительная часть кратковременных)	Полные (Постоянные + длительные +длительная часть кратковременных +кратковременная часть кратковременных)	Длительные (Постоянные +длительные +длительная часть кратковременных)
3	**Модуль деформации и γ_{b1} для построения диаграммы и количество расчетов**			
	Расчет в одну стадию E_b $\gamma_{b1} = 1$	Расчет в одну стадию $E_{b,\tau} = \frac{E_b}{1+\varphi_{b,cr}}$	**Проводится 3 расчета.** Результаты расчетов суммируют следующим образом: **Результат = Первый расчет +** **Второй расчет − Третий расчет**	Расчет в одну стадию $E_{b,\tau} = \frac{E_b}{1+\varphi_{b,cr}}$ $\gamma_{b1} = 0{,}9$

		$\gamma_{b1} = 0{,}9$	По итогу расчета Получают прогибы и ширину раскрытия трещин	
			Первый расчет Нагрузки: Постоянные + длительные +длительная часть кратковременных $E_{b,\tau} = \frac{E_b}{1+\varphi_{b,cr}}$ $\gamma_{b1} = 0{,}9$	
			Второй расчет Нагрузки: Постоянные + длительные +длительная часть кратковременных +кратковременная часть кратковременных E_b $\gamma_{b1} = 1$	
			Третий расчет Нагрузки: Постоянные + длительные +длительная часть кратковременных E_b $\gamma_{b1} = 1$	

Для гражданских зданий обычно допустимо (р.з.а) ограничится расчетом №1 и №4.

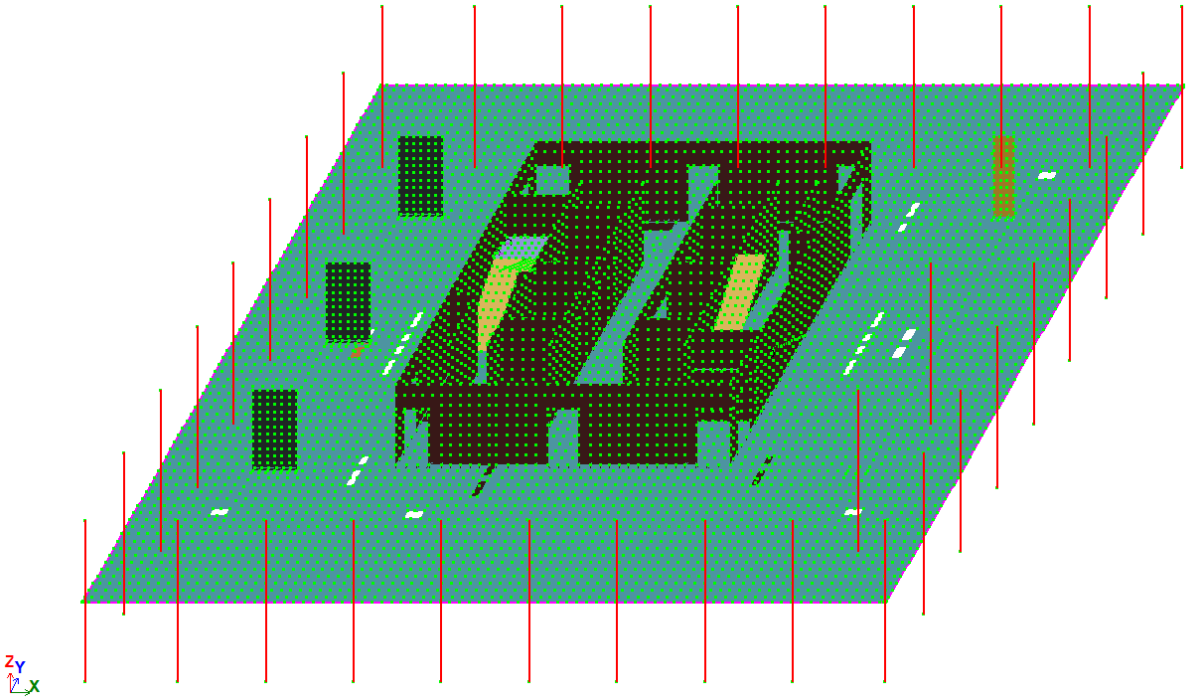
5.3. Порядок и варианты расчета

Порядок расчета с учетом физической (и при необходимости геометрической) нелинейности.

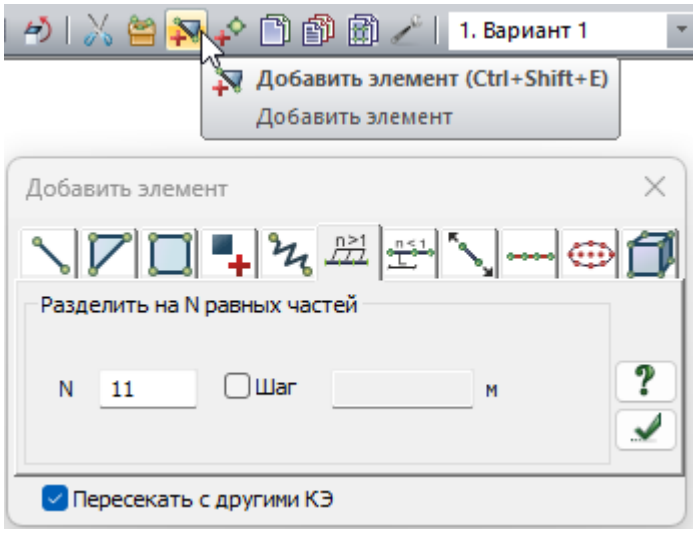
1. Изменение количества КЭ.

Для расчета в физической (и при необходимости геометрической) нелинейности необходимо разбить стержневые элементы с шагом 0,2-0,4м.

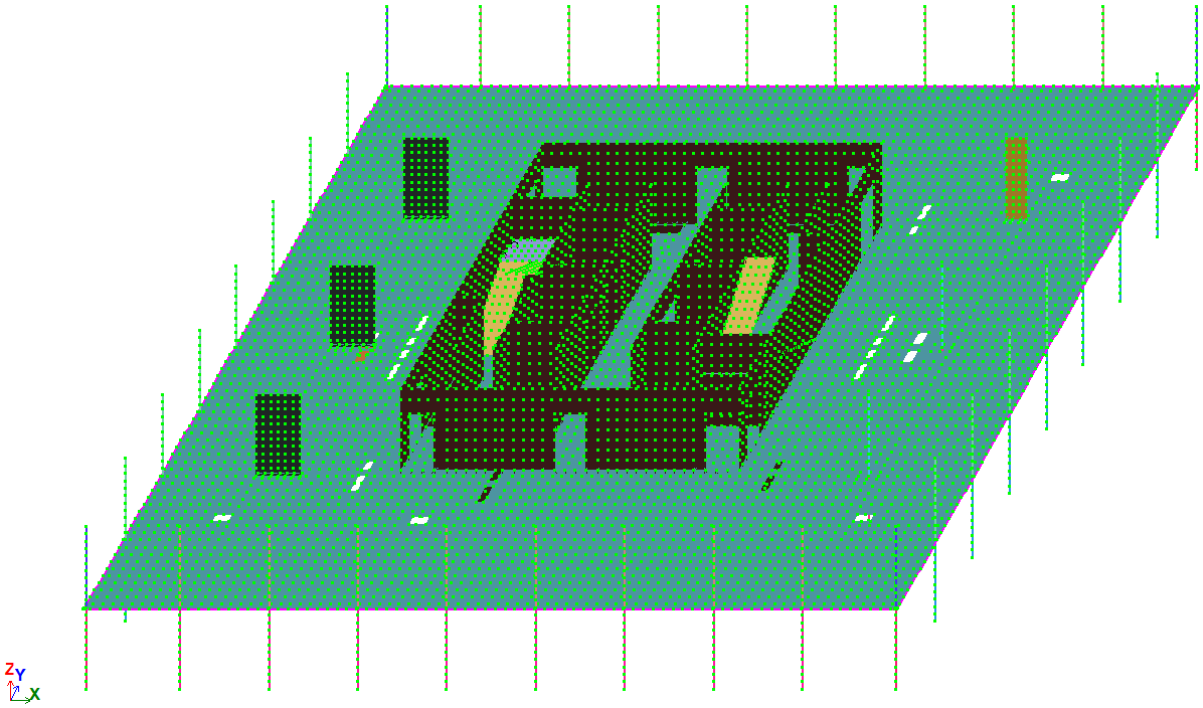
Сначала выделяем элементы  , которые хотим разбить промежуточными узлами.

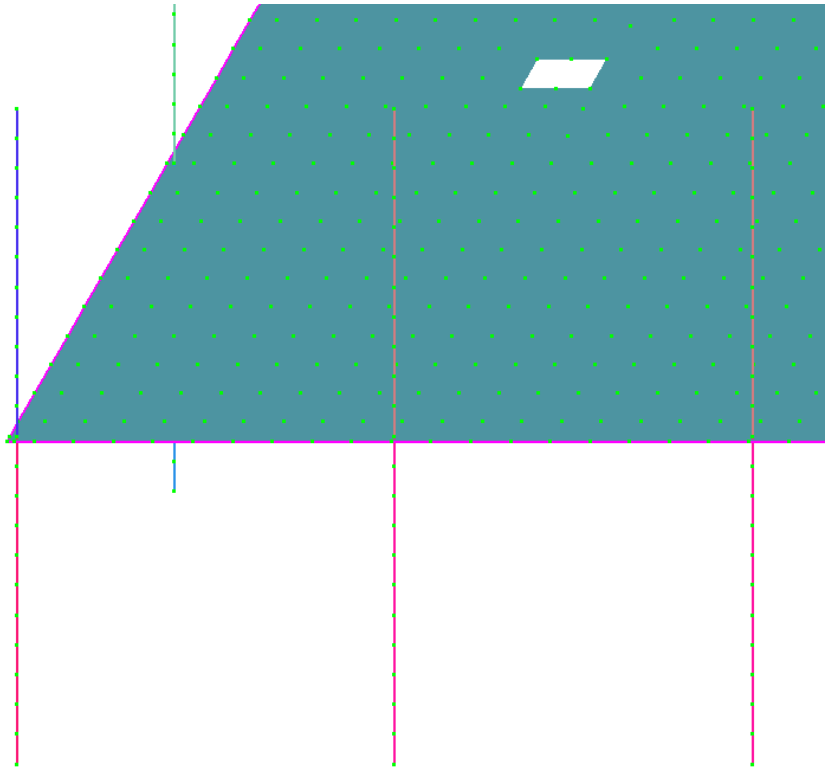


Далее используем команду добавить элемент  . Выбираем вкладку «Разделить на N равных частей». Прописываем N и нажимаем галочку «применить»  .



Результат создания промежуточных КЭ:





2. Изменение свойств жесткости.

Изменяются только те жесткости элементов, в которых необходимо выполнить нелинейный расчет. Необязательно задавать все элементы нелинейными. Т.е. например, рассчитывается перекрытие и только для него задаются параметры нелинейности.

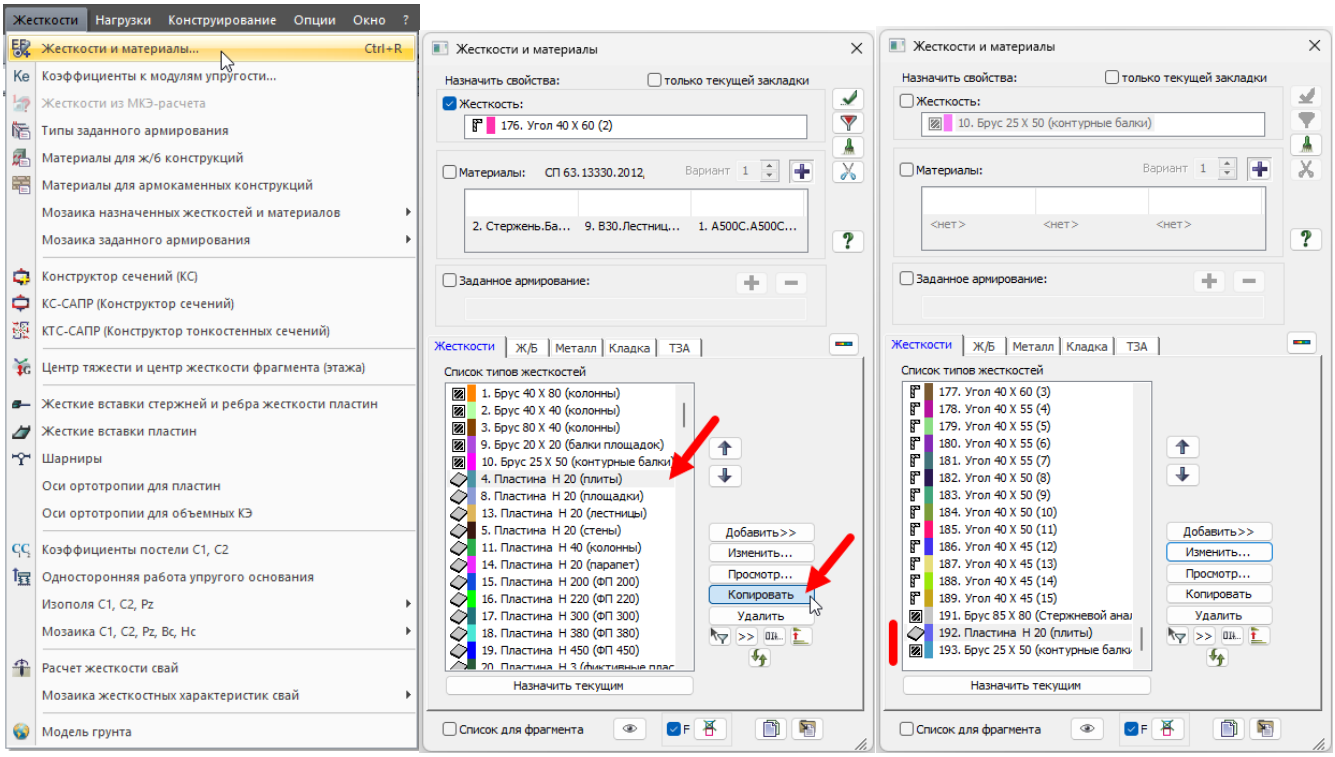
Если жесткость будет использована на линейных и на нелинейных элементах, то в этом случае ее необходимо скопировать и переназначить на элементы.

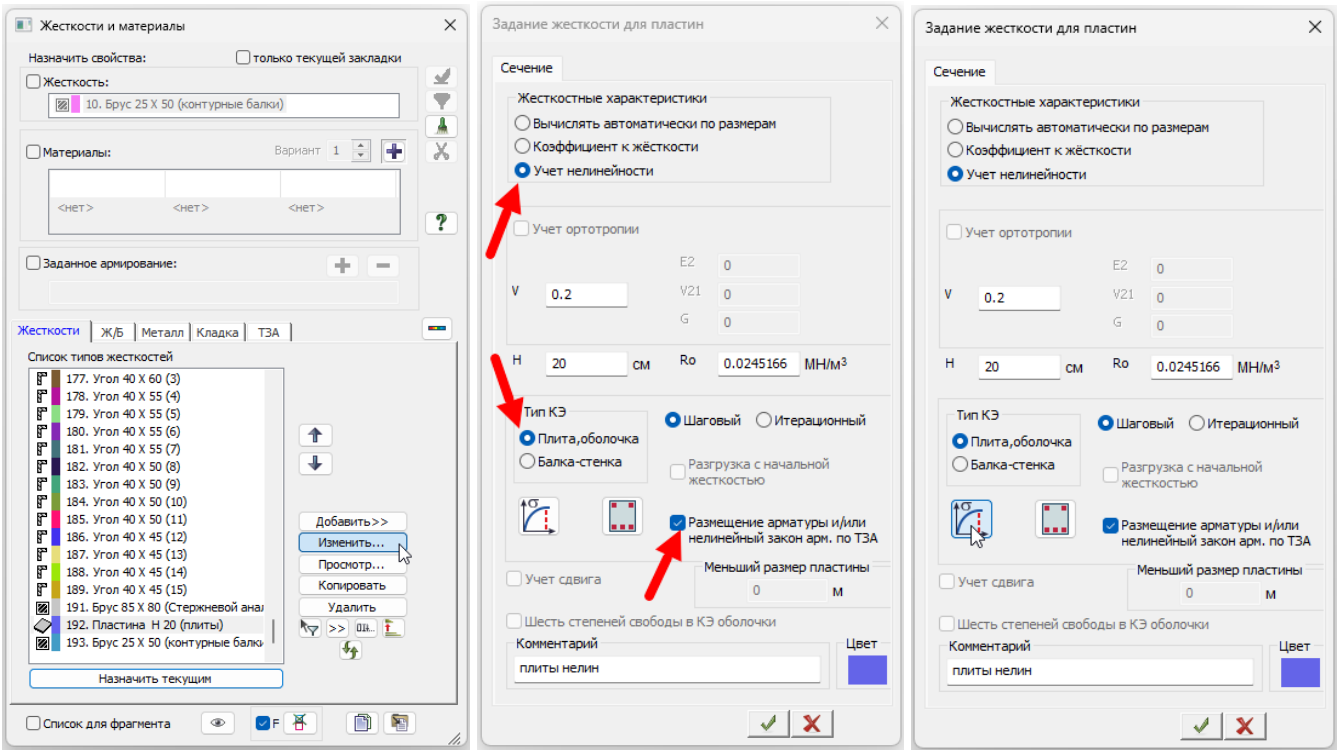
В примере будут назначены нелинейные жесткости на балки и плиты.

Перейдя в «Изменение» свойств элемента необходимо поставить галочки:

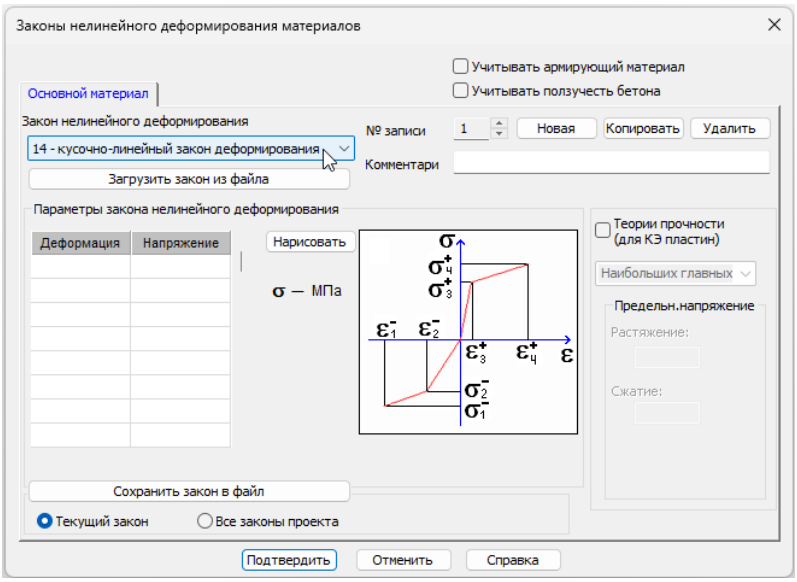
- Учет нелинейности
- Тип КЭ плита/оболочка для плит перекрытия
- Размещение арматуры

Далее перейти в диаграммы  .





В выпадающем списке нужно выбрать «14 – кусочно линейный закон деформирования».

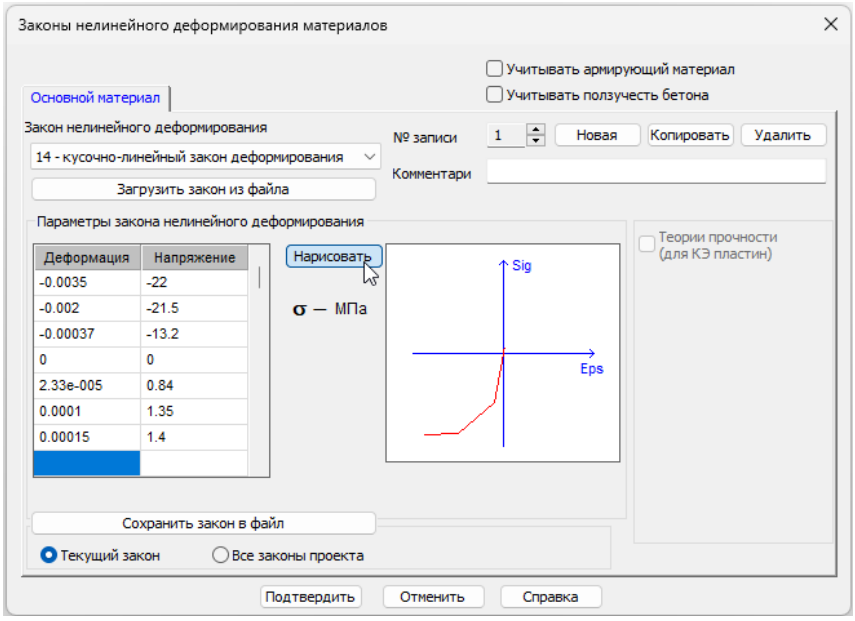


Все диаграммы приведены в конце приложении. Копируем из приложения нужную диаграмму.

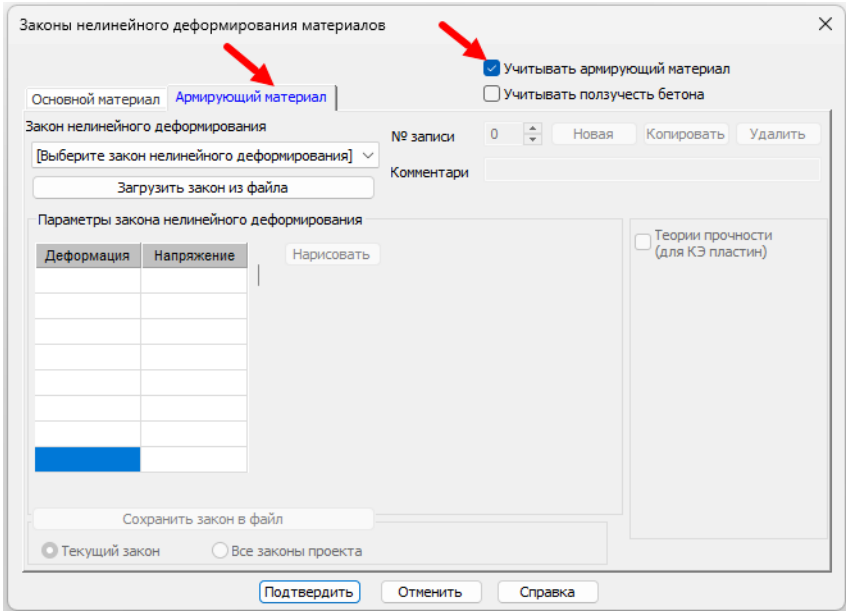
Программа не всегда адекватно может воспринять горизонтальные участки в диаграмме. Поскольку в СП приводится горизонтальный участок диаграммы (участок между ε_{b0} и ε_{b2}), то для программного комплекса напряжение в точке, соответствующее ε_{b0} нужно немного понизить (на 3....5 %) с целью возможности восприятия программой.

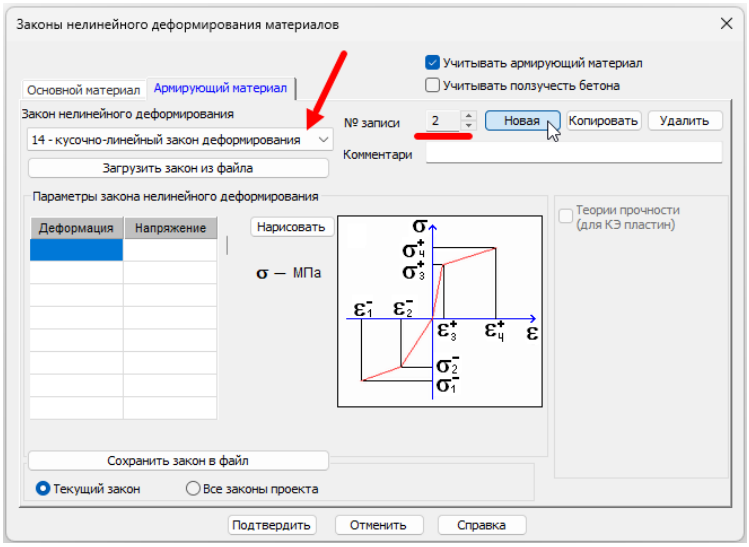
После того как все точки диаграммы прописаны необходимо нажать галочку «Нарисовать».

Результат задания кратковременной диаграммы для расчета на полные нагрузки бетона класса В40.

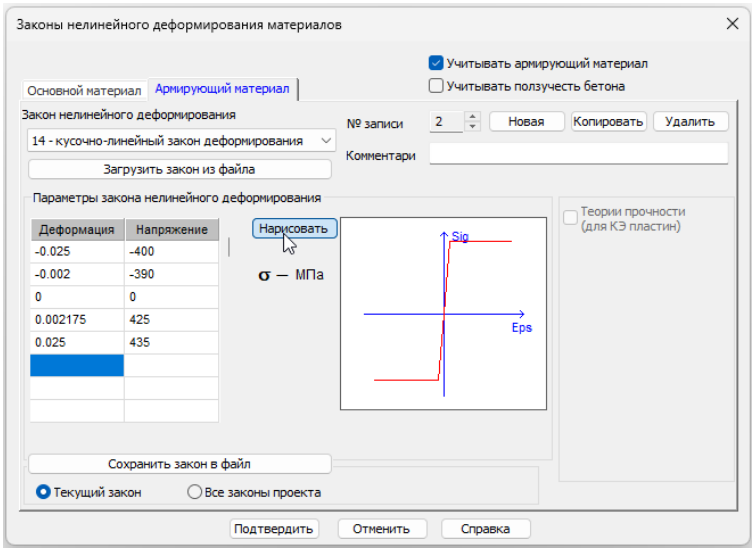


Для задания параметров деформирования арматуры необходимо поставить галочку «учитывать армирующий материал».

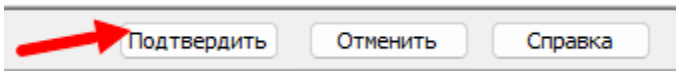




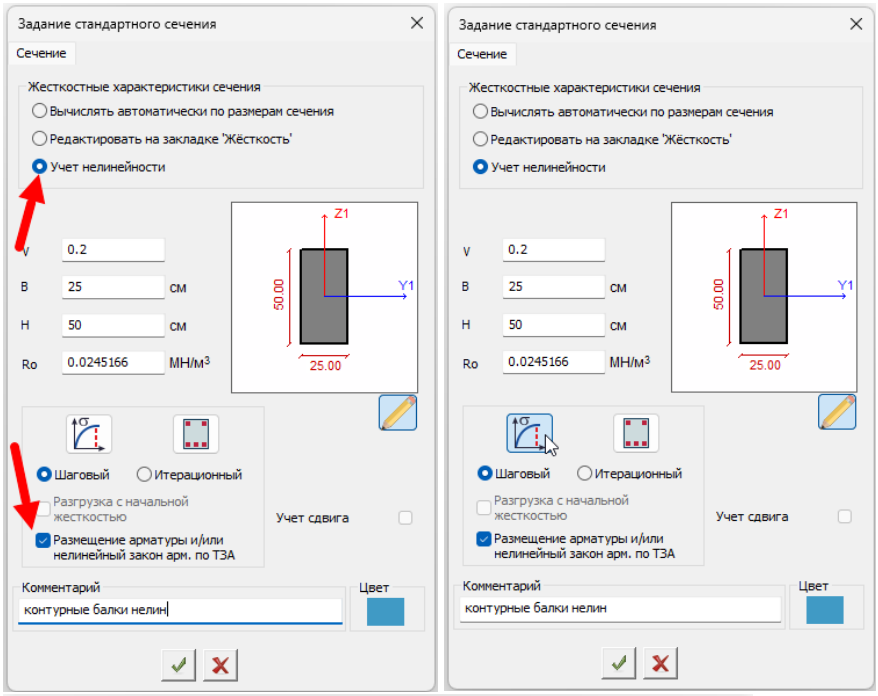
Результат задания кратковременной диаграммы для расчета на полные нагрузки арматуры класса А500.

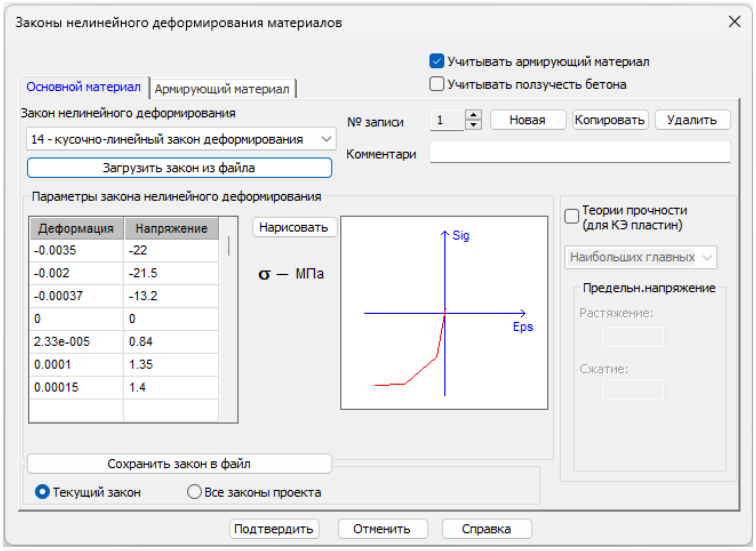


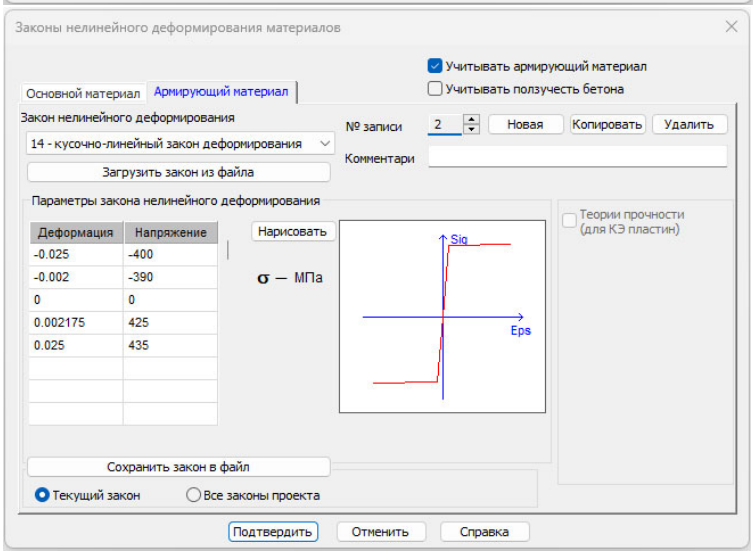
Для записи необходимо нажать кнопку «подтвердить»



Аналогично проделываем операции с балками.







3. Задание ТЗА на элементы.

Если ТЗА не заданы, то их необходимо задать(инструкция по заданию в предыдущих главах).

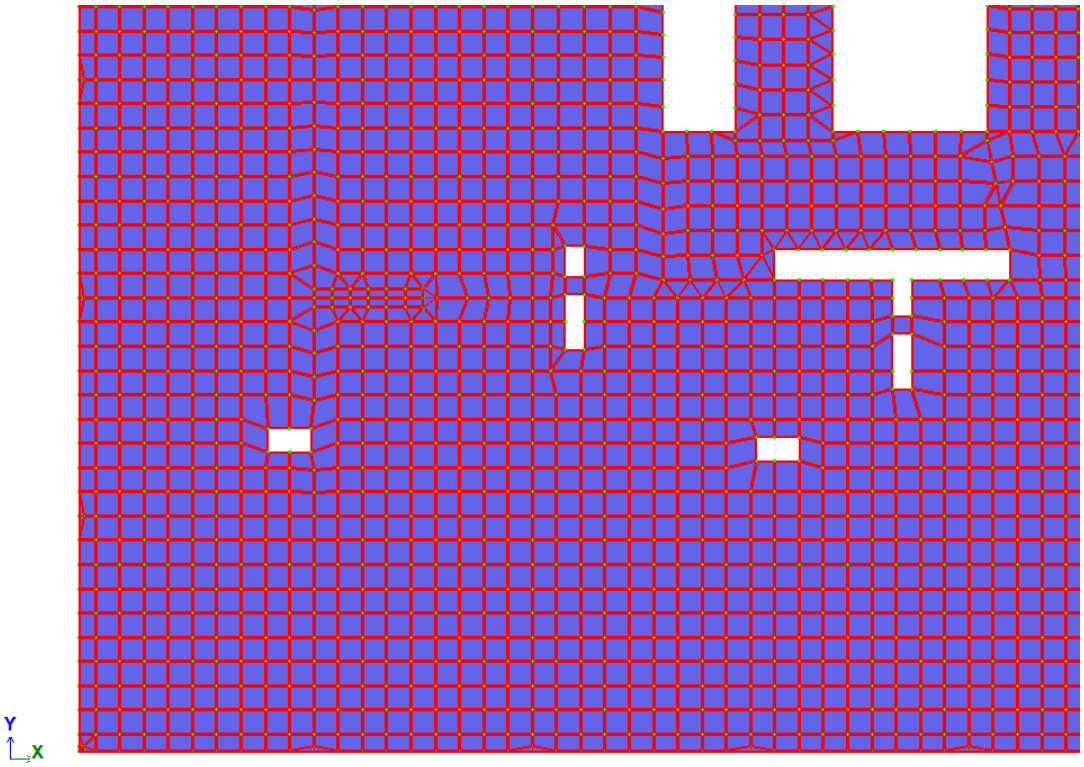
4. Смена типа конечного элемента.

Справочная таблица. Типы КЭ

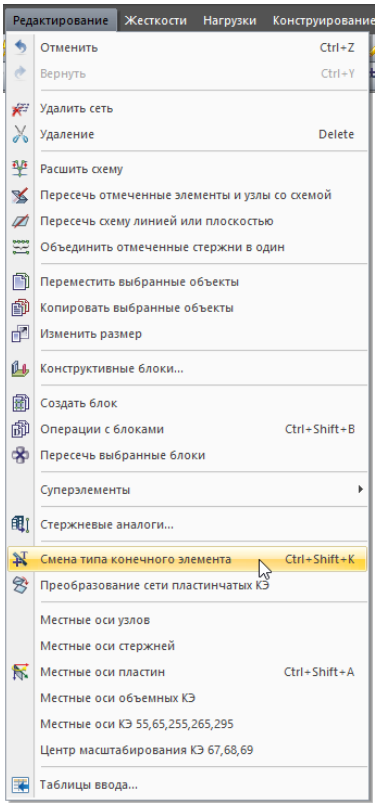
КЭ	Номер типа КЭ	Наименование
Стержневой. Для моделирования: -колонн; -балок; -свай (совместно с одноузловыми КЭ)	10	Универсальный пространственный стержневой КЭ
	210	Тот же КЭ 10, только с учетом физической нелинейности
	310	Тот же КЭ 10, только с учетом геометрической нелинейности
	410	Тот же КЭ 10, только с учетом физической и геометрической нелинейности
Пластинчатый. Для моделирования: -плит; -стен.	44(42)	Универсальный четырехугольный (трехугольный) элемент оболочки
	244(242)	Тот же КЭ 44(42), только с учетом физической нелинейности
	344(342)	Тот же КЭ 44(42), только с учетом геометрической нелинейности
	444(442)	Тот же КЭ 44(42), только с учетом физической и геометрической нелинейности

Переходим во вкладку «Редактирование», нажимаем «Смена конечного элемента».

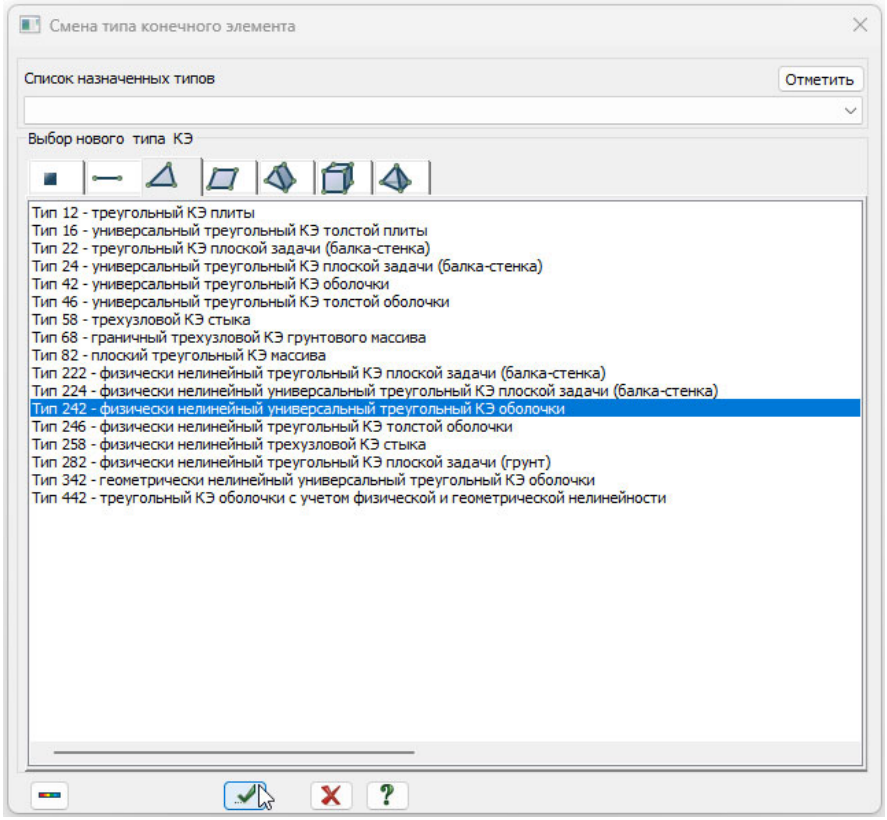
Выделяем  на схеме те элементы, для которых задавали параметры нелинейности.



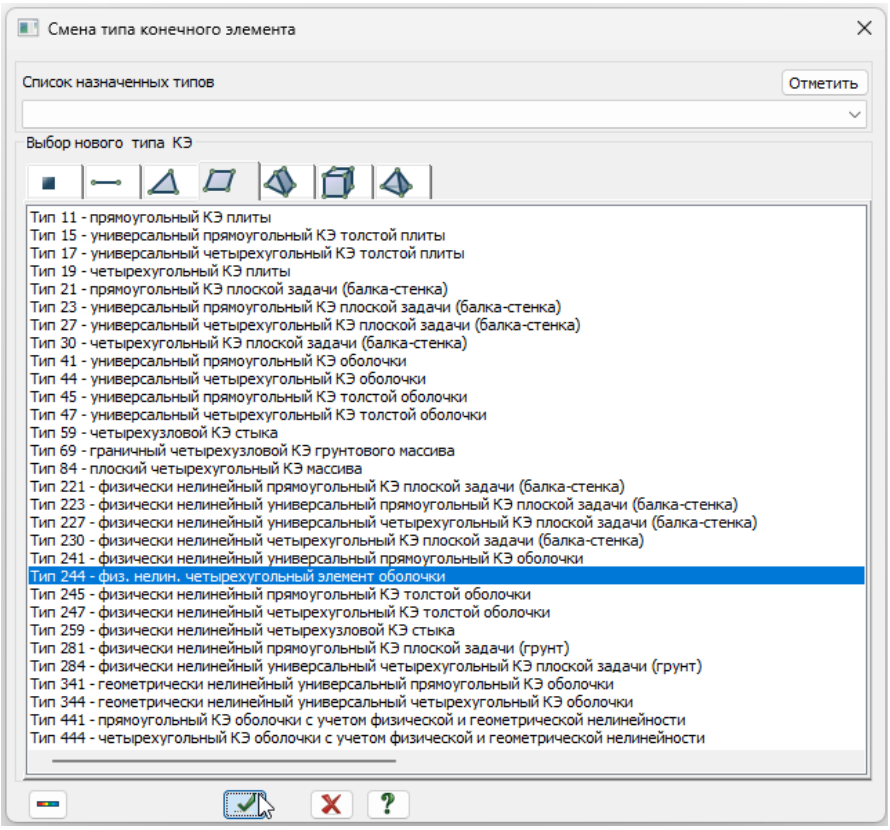
Для плиты потребуется два раза заменить конечные элементы: для четырехугольников и треугольников.



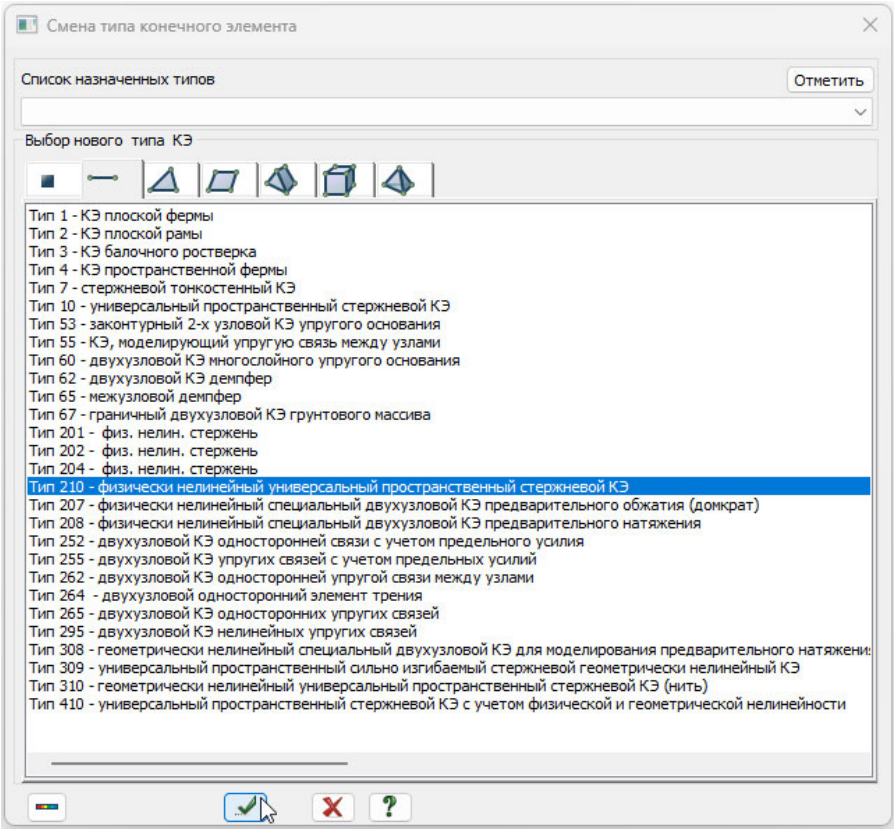
Смена типа КЭ на плитах, в местах треугольных элементов.



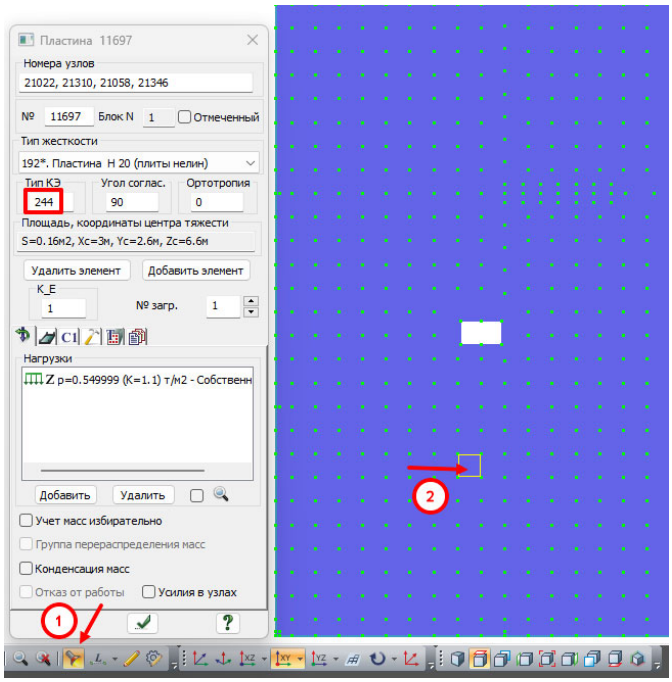
Смена типа КЭ на плитах, в местах четырехугольных элементов.



Замена в стержневых КЭ:



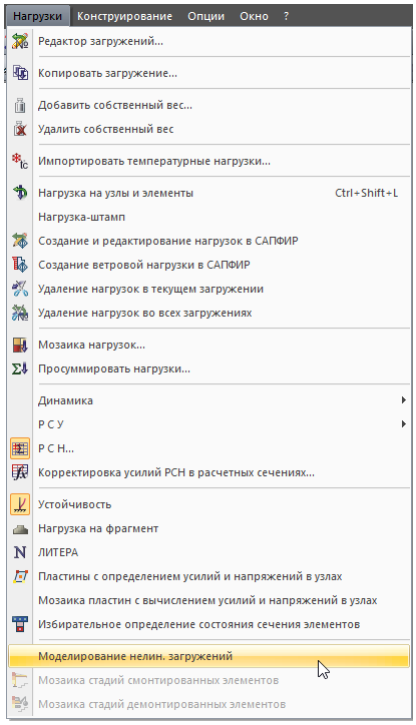
После назначения можно проверить тип назначения через фонарик  .



3. Параметры расчета

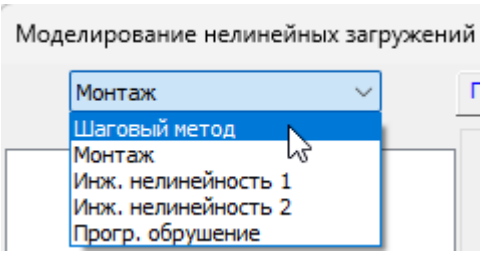
Расчет в физически/геометрически нелинейной постановке может вестись как с учетом монтажа, так и без него. Расчетчик сам определяет в зависимости от этажности нужен ли монтаж или нет.

Переходим в моделирование нелинейных загружений.



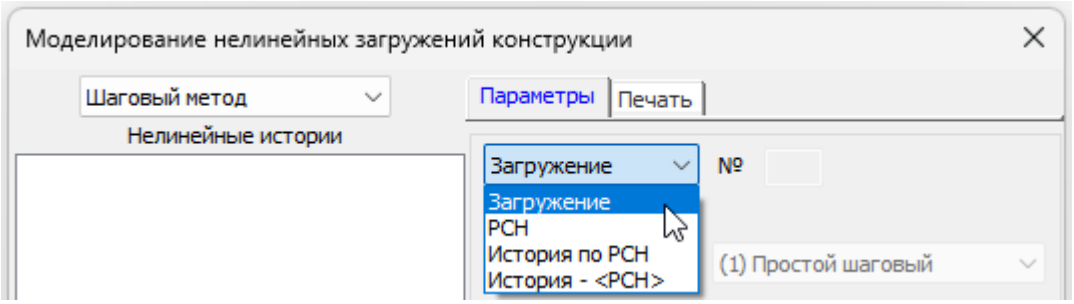
Вариант №1. Шаговый метод

Расчет можно вести в «Шаговом методе» или в «Монтаже». Выбираем «Шаговый метод».

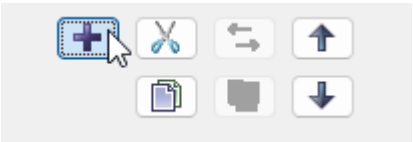


Можно выбрать расчет как по загружениям, так и по РСН.

Для РСН необходимо предварительно создать таблицу РСН.

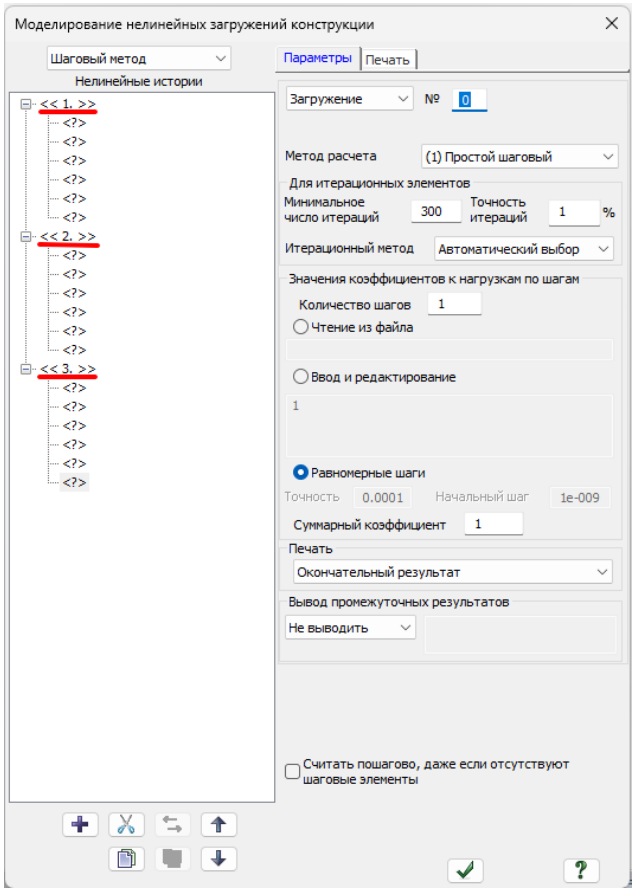


Добавление загружений и сценариев производится через значок 



Сценарий обозначается двумя галочками << >>. Сценарий – это совокупность загружений. Т.е. если необходимо просчитать определенную комбинацию, то создается отдельный сценарий.

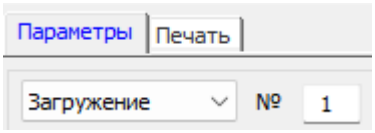
Пример сценариев:



В примере рассчитывается только перекрытие, поэтому достаточно только 1 сценарий.

Добавляем  и прописываем загружения, которые будут использоваться.

Загружения прописываются в графе:

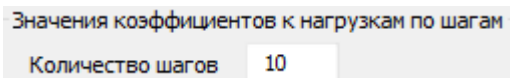


Загружениям меняют порядок в соответствии с их реальной последовательностью приложения



Количество шагов принимают от степени влияния загружения. Всего шагов от всех загружений рекомендовано, чтобы было не менее 20. Чем больше шагов, тем будет легче определить момент при котором конструкция разрушается.

В примере для собственного веса назначено 10 шагов. Для остальных загружений по 1...5.

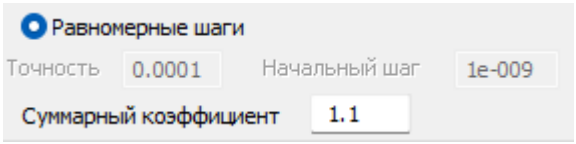


Суммарный коэффициент зависит от следующих параметров:

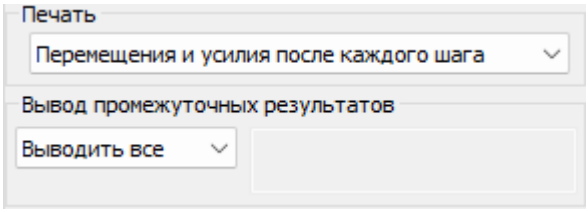
1) Коэффициент надежности по ответственности γ_n Для здания в рассматриваемом примере здание повышенного уровня ответственности, поэтому для оценки прочности принимается коэффициент равный $\gamma_n = 1,1$, а для оценки перемещений $\gamma_n = 1$.

2) Коэффициент надежности по нагрузке γ_f. Изначально в программу задаются расчетные нагрузки уже с $\gamma_f > 1$. Если нужен расчет с нормативными нагрузками, то единицу делят на коэффициент γ_f и получают нужный коэффициент.

3) Если загружением является ветер, то дополнительно идет домножение средней составляющей ветровой нагрузки на K_w , для учета пульсационной составляющей (подробнее см. Часть №3 или Часть №6. Пульсационная нагрузка не может быть включена в нелинейные задачи (нет такой функции).

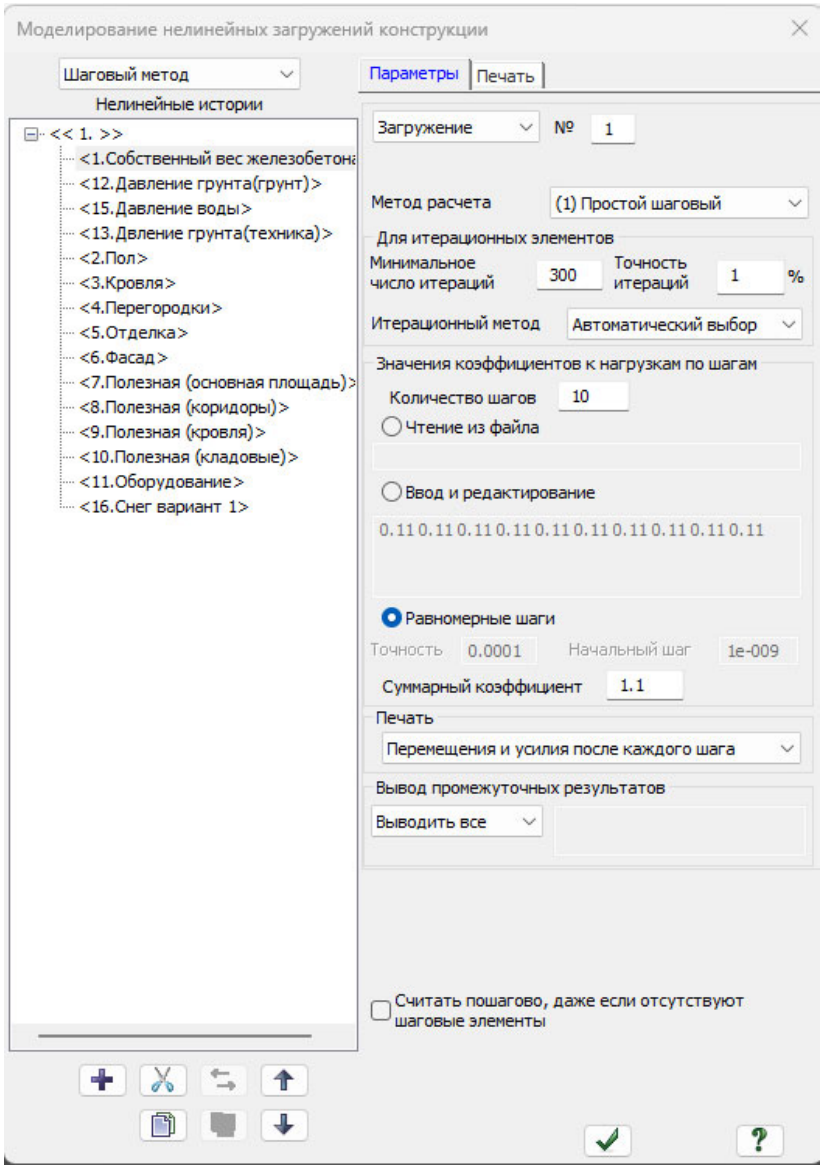


Для более детального анализа рекомендовано выбрать:



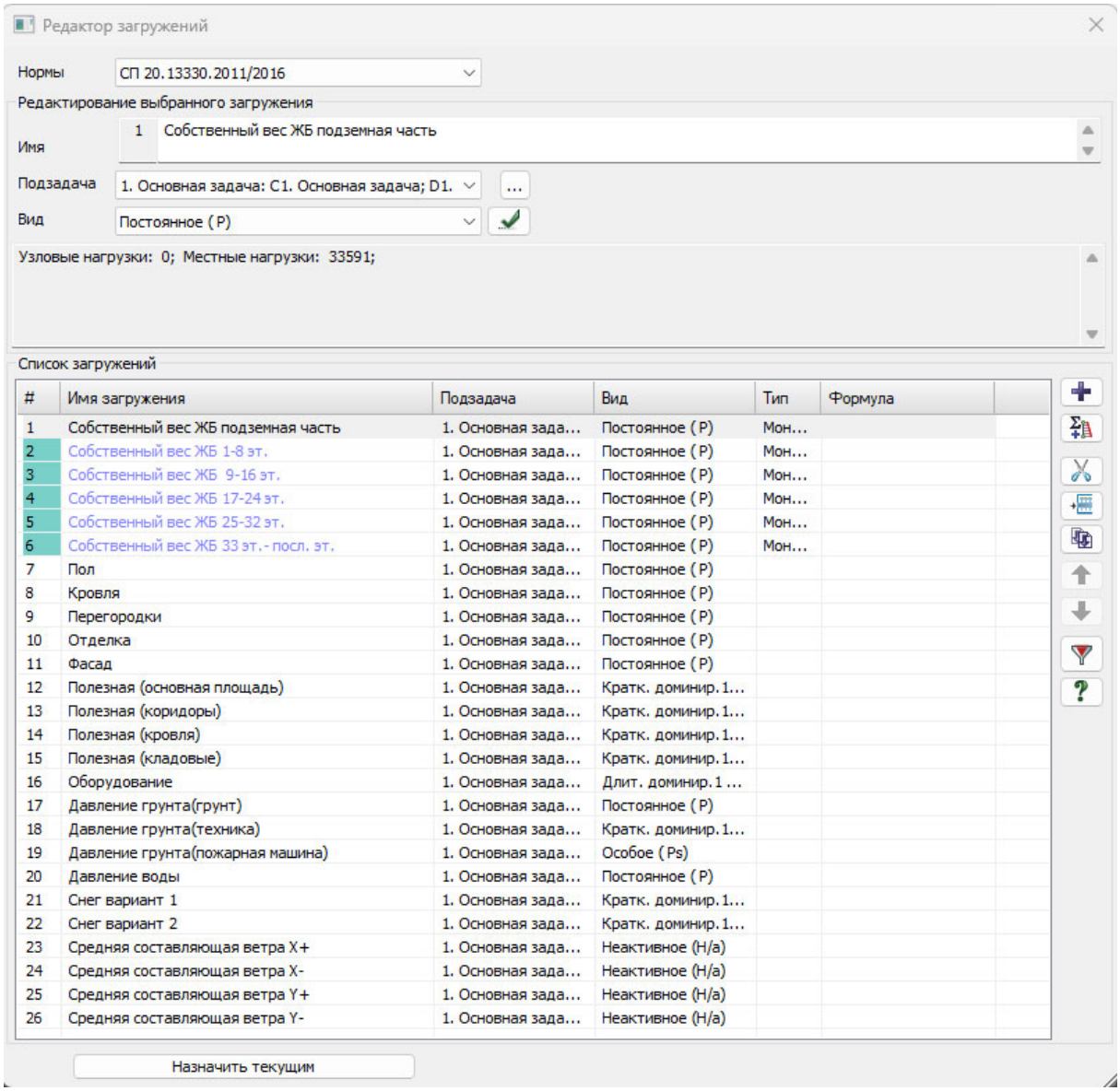
Результат задания параметров для шагового метода для расчета перекрытия. Используется только один сценарий.

Примечание. Если бы было необходимо просчитать колонны, то необходимо было бы сделать несколько Сценариев с различными ветрами.

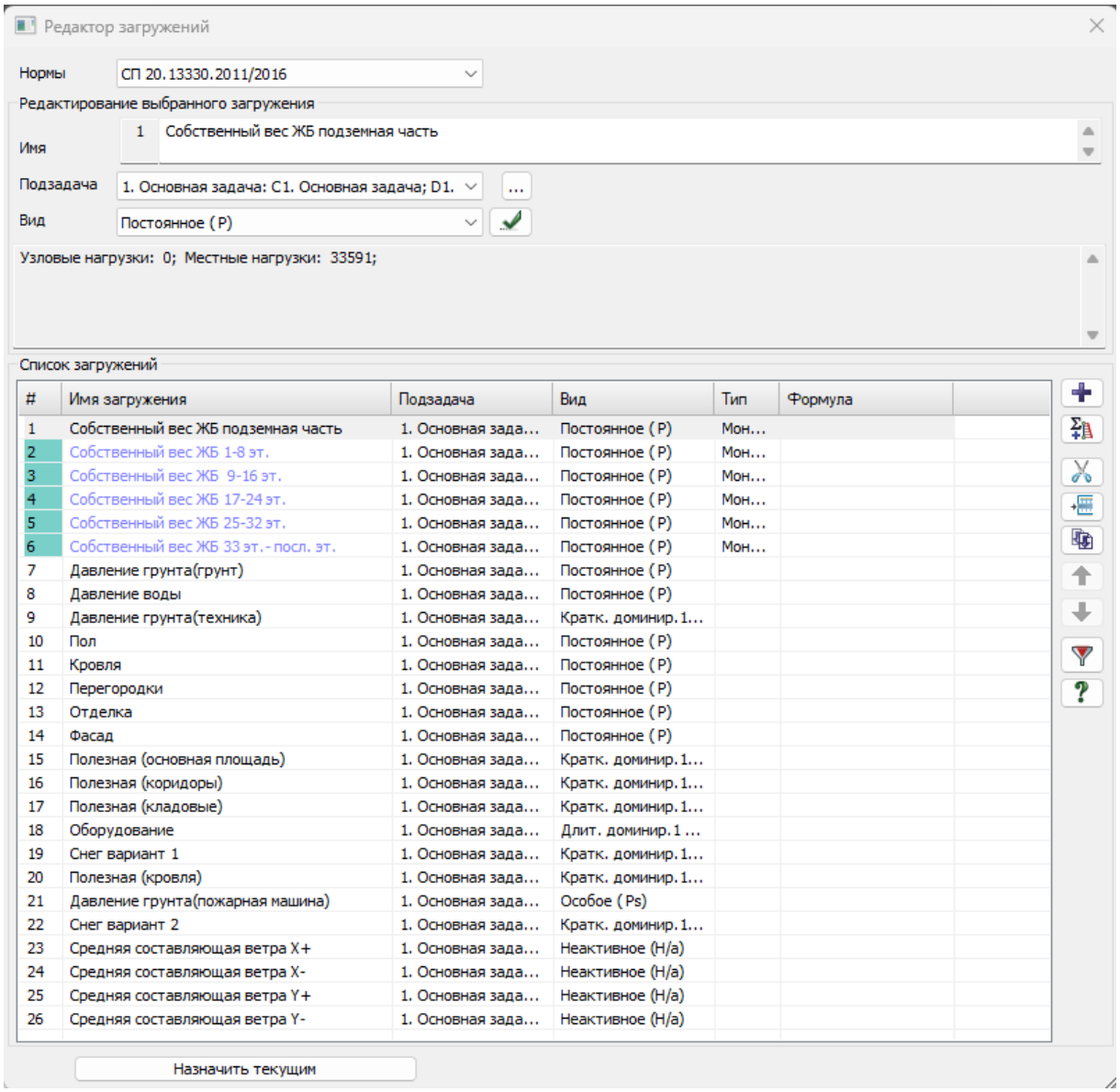

Моделирование нелинейных загружений конструкции
Шаговый метод
Нелинейные истории
<< 1. >>
<1.Собственный вес железобетона
<12.Давление грунта(грунт)>
<15.Давление воды>
<13.Двление грунта(техника)>
<2.Пол>
<3.Кровля>
<4.Перегородки>
<5.Отделка>
<6.Фасад>
<7.Полезная (основная площадь)>
<8.Полезная (коридоры)>
<9.Полезная (кровля)>
<10.Полезная (кладовые)>
<11.Оборудование>
<16.Снег вариант 1>
Параметры
Печать
Загружение
№
1
Метод расчета
(1) Простой шаговый
Для итерационных элементов
Минимальное число итераций
300
Точность итераций
1
%
Итерационный метод
Автоматический выбор
Значения коэффициентов к нагрузкам по шагам
Количество шагов
10
Чтение из файла
Ввод и редактирование
0.11 0.11 0.11 0.11 0.11 0.11 0.11 0.11 0.11 0.11
Равномерные шаги
Точность
0.0001
Начальный шаг
1e-009
Суммарный коэффициент
1.1
Печать
Перемещения и усилия после каждого шага
Вывод промежуточных результатов
Выводить все
Считать пошагово, даже если отсутствуют шаговые элементы

Вариант №2. Монтаж

Создаем дополнительные загружения собственного веса для принятой разбивки по этажам. В данном примере это загружения 1-6.



Перемещаем загружения в соответствии с их последовательностью приложения к схеме с помощью стрелочек  .



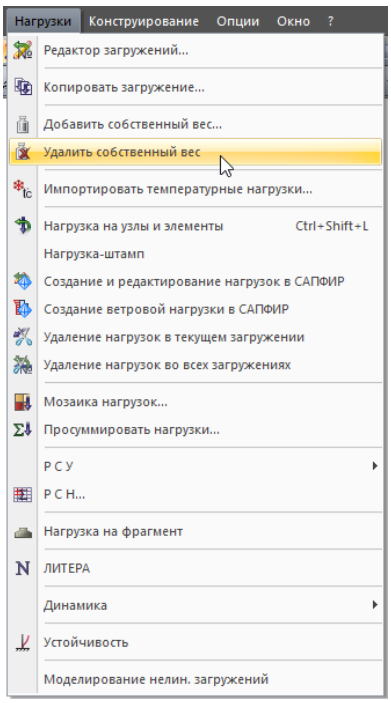
Собственный вес прикладываем только на элементы, указанные в названии загружения.

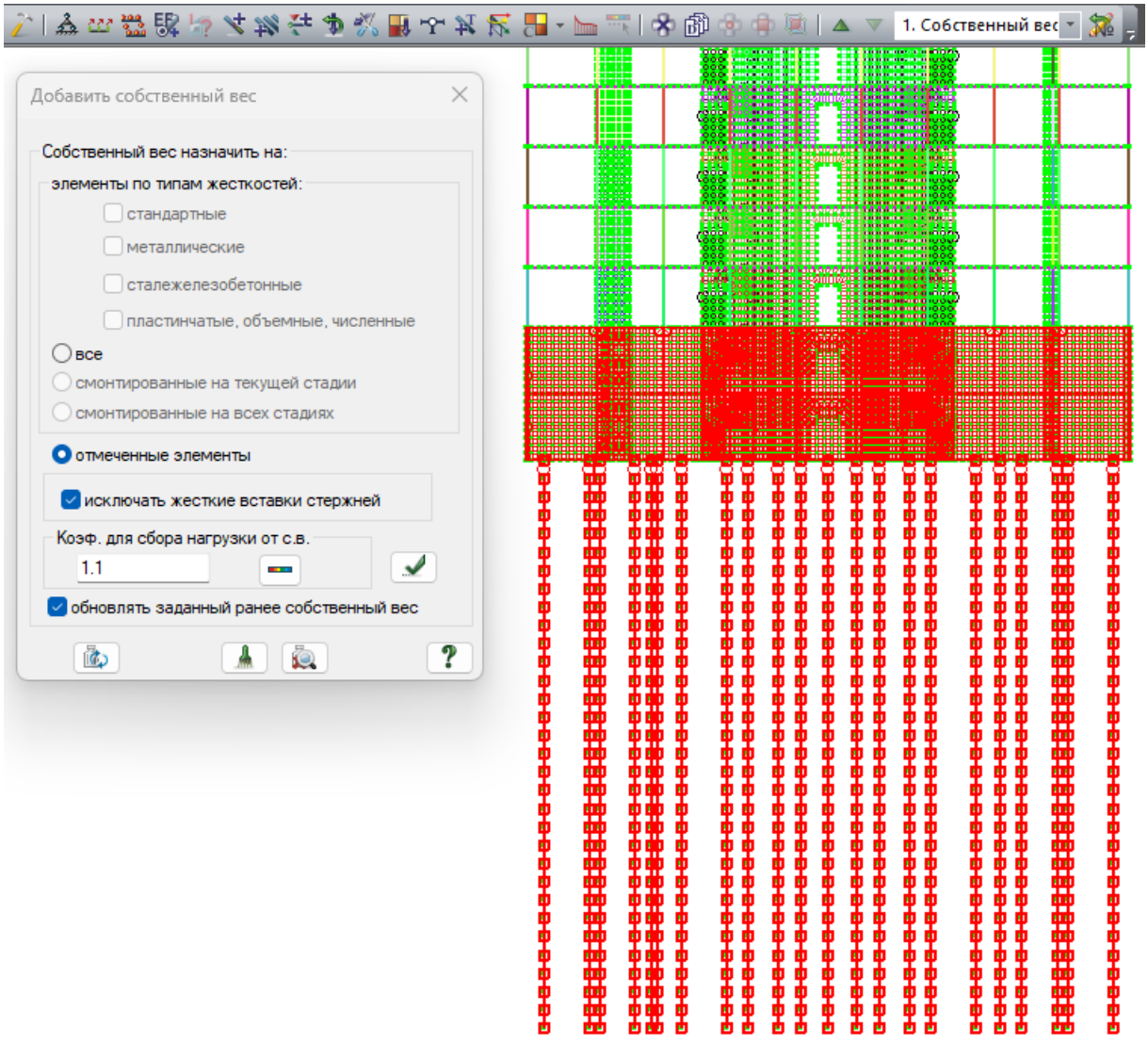
Для этого удаляем ранее приложенный собственный вес, если он был приложен.

Для этого их выделяем и при приложении собственного веса ставим галочку.

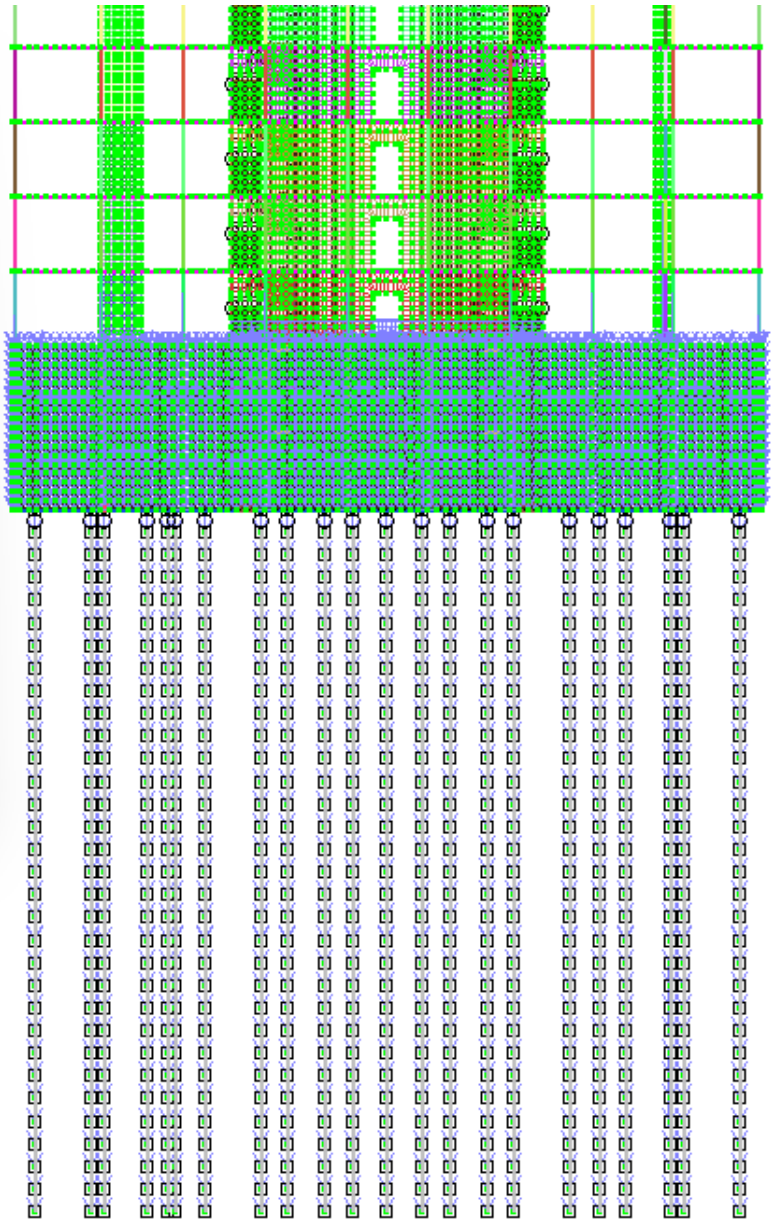
Проделываем для всех загружений с собственным весом.

Нагрузки от ступеней лестниц придется прикладывать в каждом загружении собственного веса отдельно.


Нагрузки
Конструирование
Опции
Окно
?
Редактор загружений...
Копировать загружение...
Добавить собственный вес...
Удалить собственный вес
Импортировать температурные нагрузки...
Нагрузка на узлы и элементы
Ctrl+Shift+L
Нагрузка-штамп
Создание и редактирование нагрузок в САПФИР
Создание ветровой нагрузки в САПФИР
Удаление нагрузок в текущем загружении
Удаление нагрузок во всех загружениях
Мозаика нагрузок...
Просуммировать нагрузки...
Р С У
Р С Н...
Нагрузка на фрагмент
ЛИТЕРА
Динамика
Устойчивость
Моделирование нелин. загружений


1. Собственный вес
Добавить собственный вес
Собственный вес назначить на:
элементы по типам жесткостей:
стандартные
металлические
сталежелезобетонные
пластинчатые, объемные, численные
все
смонтированные на текущей стадии
смонтированные на всех стадиях
отмеченные элементы
исключать жесткие вставки стержней
Коэф. для сбора нагрузки от с.в.
1.1
обновлять заданный ранее собственный вес

Результат добавления собственного только на конструкции подвала:



Для создания «монтажа»:

1) Добавляем таблицу нелинейных загружений;

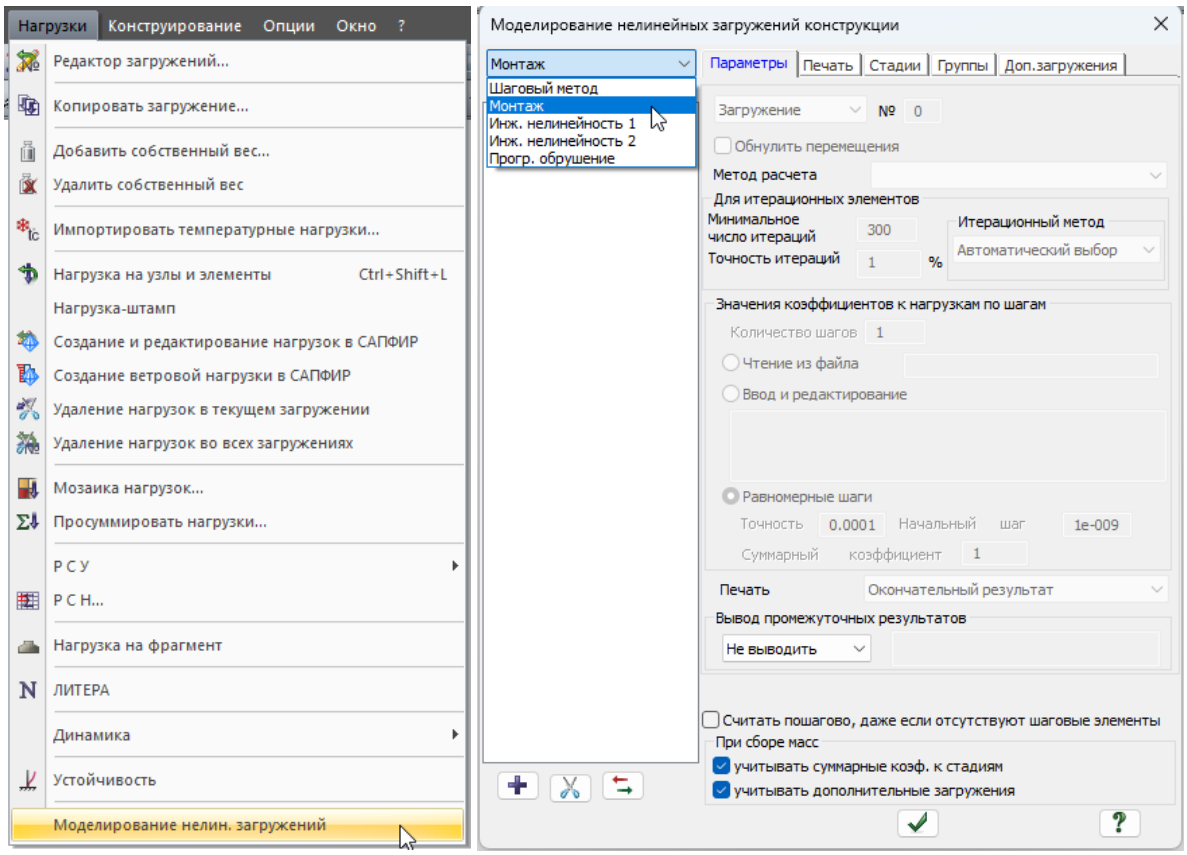
2) Выбираем «монтаж»;

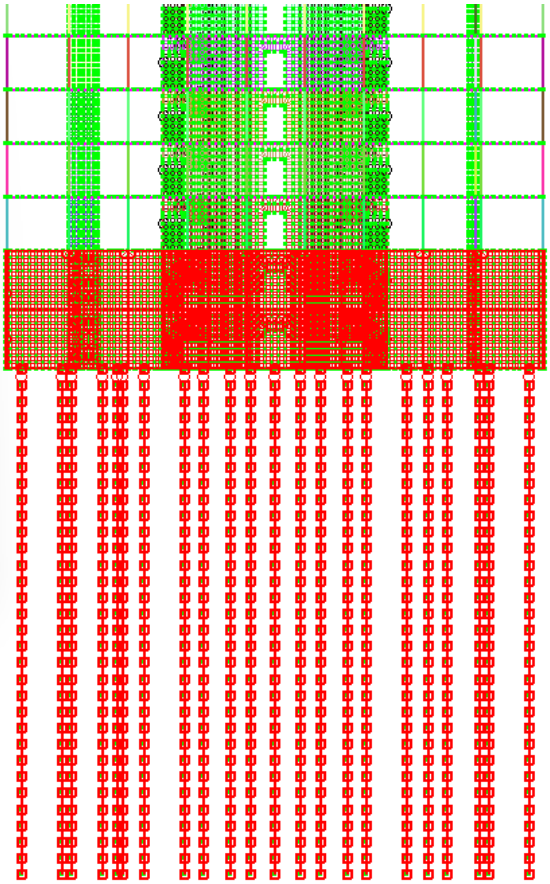
3) В монтаже добавляем все загружения, которые используем в расчете  ;

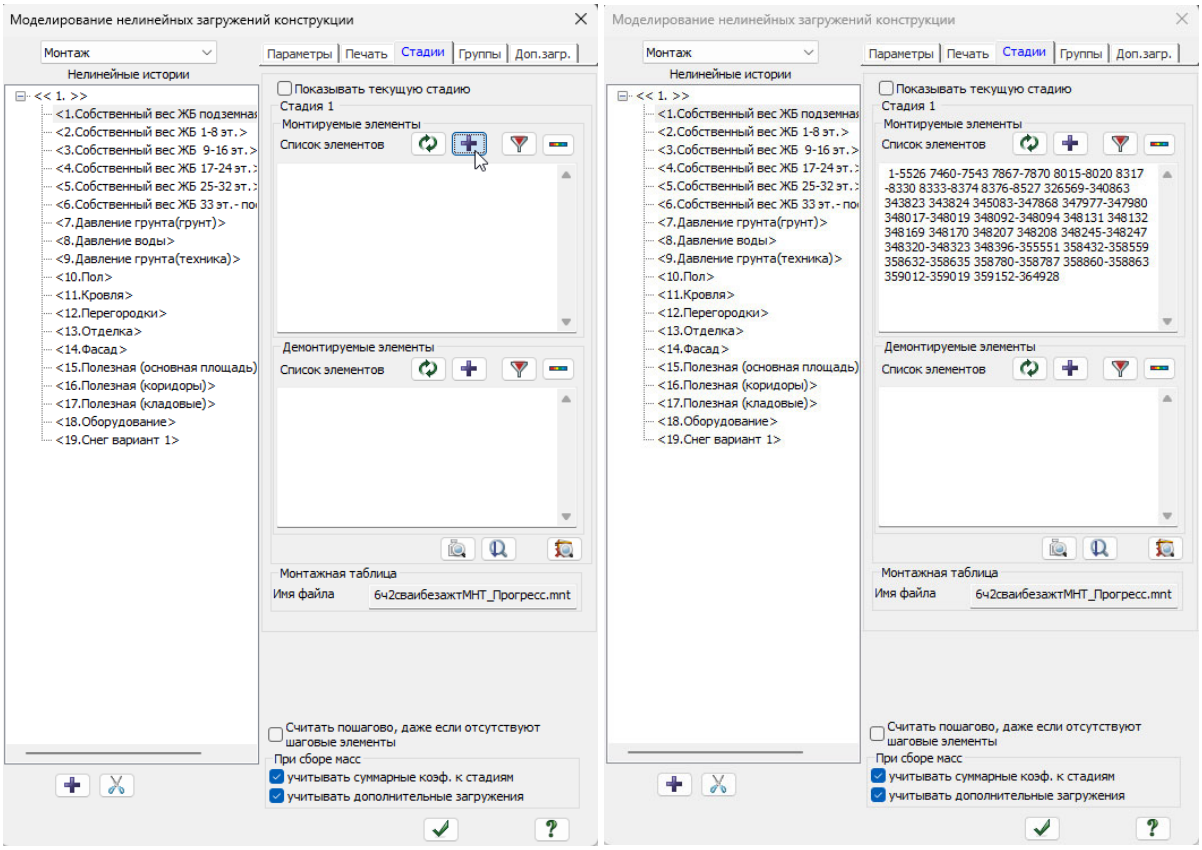
4) Отмечаем все элементы, входящие в загружение №1 с собственным весом  ;

5) Во вкладке «Стадии» в «Монтируемых элементах» нажмаем «все отмеченные» или  .
Должен появиться список. Тем самым мы сделали элементы смонтированными на данной стадии.

6) Проделываем операцию по п. 4)-5) для других загружений с собственным весом.

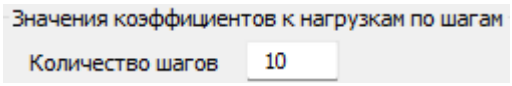

Нагрузки
Конструирование
Опции
Окно
?
Редактор загружений...
Копировать загружение...
Добавить собственный вес...
Удалить собственный вес
Импортировать температурные нагрузки...
Нагрузка на узлы и элементы
Ctrl+Shift+L
Нагрузка-штамп
Создание и редактирование нагрузок в САПФИР
Создание ветровой нагрузки в САПФИР
Удаление нагрузок в текущем загружении
Удаление нагрузок во всех загружениях
Мозаика нагрузок...
Просуммировать нагрузки...
Р С У
Р С Н...
Нагрузка на фрагмент
ЛИТЕРА
Динамика
Устойчивость
Моделирование нелин. загружений
Моделирование нелинейных загружений конструкции
Монтаж
Шаговый метод
Монтаж
Инж. нелинейность 1
Инж. нелинейность 2
Прогр. обрушение
Параметры
Печать
Стадии
Группы
Доп.загружения
Загружение
№
0
Обнулить перемещения
Метод расчета
Для итерационных элементов
Минимальное число итераций
300
Точность итераций
1
%
Итерационный метод
Автоматический выбор
Значения коэффициентов к нагрузкам по шагам
Количество шагов
1
Чтение из файла
Ввод и редактирование
Равномерные шаги
Точность
0.0001
Начальный шаг
1e-009
Суммарный коэффициент
1
Печать
Окончательный результат
Вывод промежуточных результатов
Не выводить
Считать пошагово, даже если отсутствуют шаговые элементы
При сборе масс
учитывать суммарные коэф. к стадиям
учитывать дополнительные загружения





Количество шагов принимают от степени влияния загружения. Всего шагов от всех загружений рекомендовано, чтобы было не менее 20. Чем больше шагов, тем будет легче определить момент при котором конструкция разрушается.

В примере для собственного веса назначено 10 шагов. Для остальных загружений по 1...5.



«Суммарный коэффициент» получают путем перемножения следующих коэффициентов:

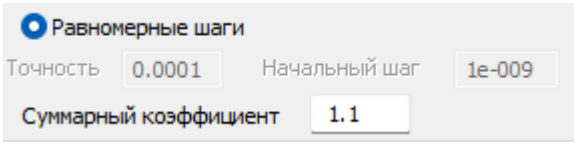
1) Коэффициент надежности по ответственности γ_n Для здания в рассматриваемом примере здание повышенного уровня ответственности, поэтому для оценки прочности принимается коэффициент равный $\gamma_n = 1,1$, а для оценки перемещений $\gamma_n = 1$.

2) Коэффициент надежности по нагрузке γ_f. Изначально в программу задаются расчетные нагрузки уже с $\gamma_f > 1$.

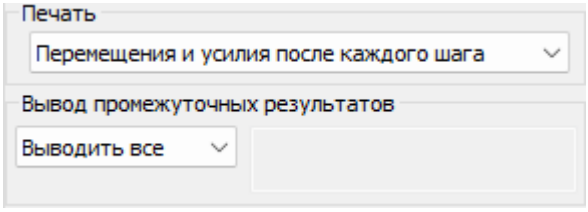
Если нужен расчет с нормативными нагрузками, то используют коэффициент, вычисленный по формуле: $1/\gamma_f$.

Если нужен расчет с нормативными длительными нагрузками, то используют коэффициент, вычисленный по формуле: d_d/γ_f . d_d – доля длительности.

3) Если загружением является ветер, то дополнительно идет домножение средней составляющей ветровой нагрузки на K_w , для учета пульсационной составляющей (подробнее см. Часть №3 или Часть №6. Пульсационная нагрузка не может быть включена в нелинейные задачи (нет такой функции).

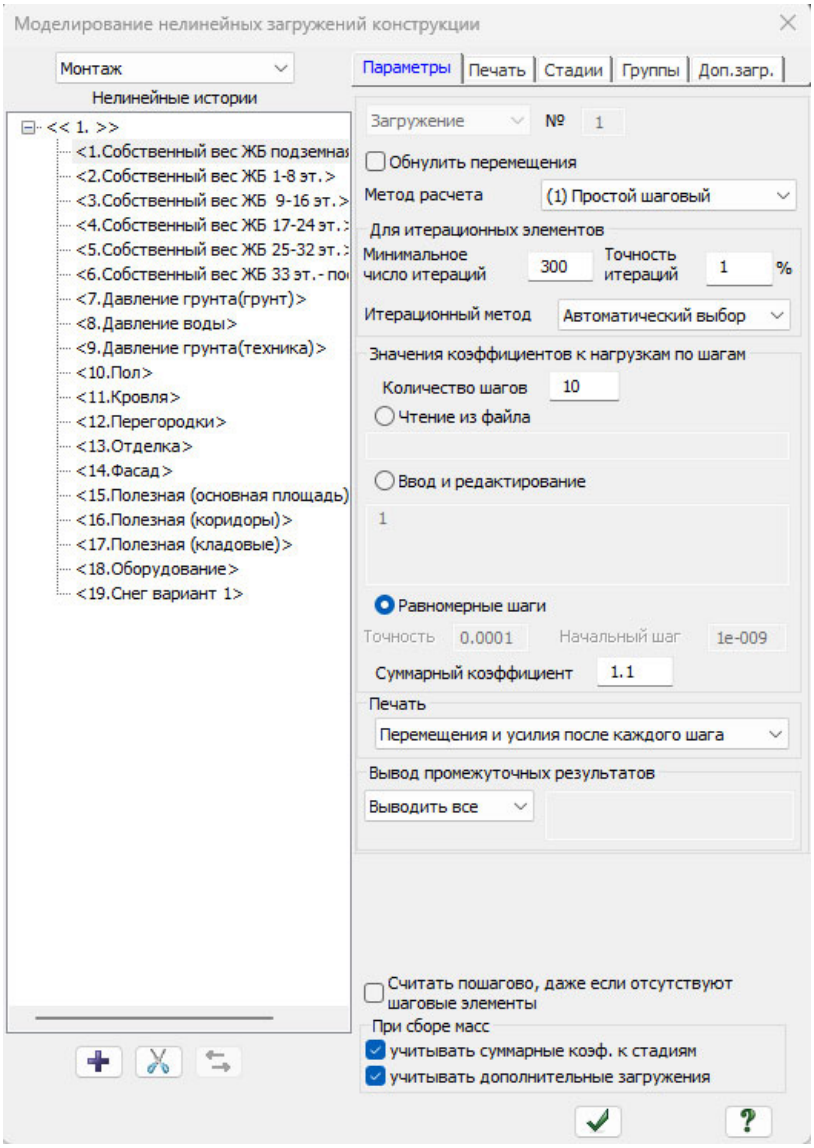


Для более детального анализа рекомендовано выбрать:

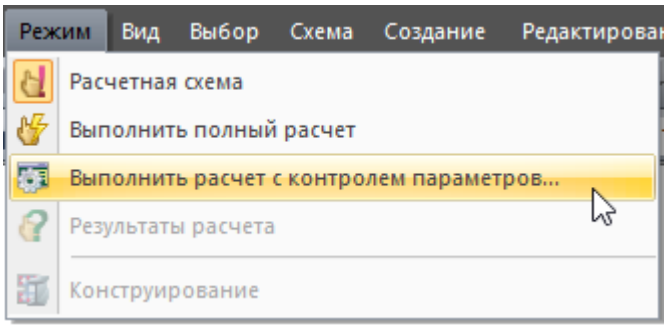


Результат задания параметров для шагового метода для расчета перекрытия. Используется только один сценарий. Множество сценариев пока не реализовано в ЛИРА-САПР.

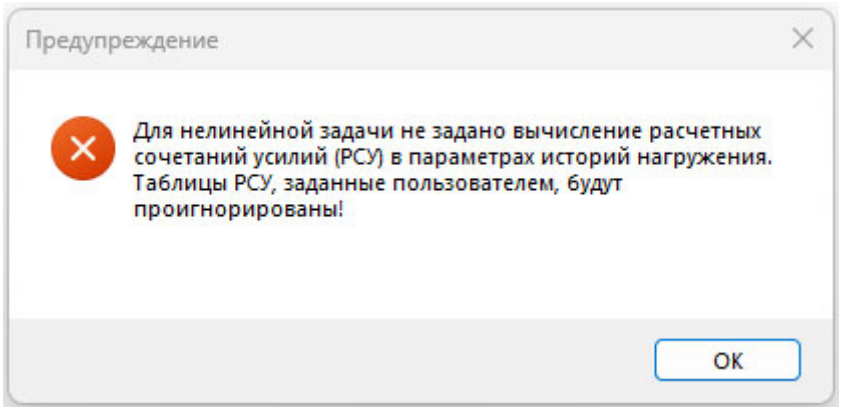
Примечание. Если бы было необходимо просчитать колонны, то необходимо было бы сделать несколько Расчетных схем (отдельных файлов lir) с различными ветрами.

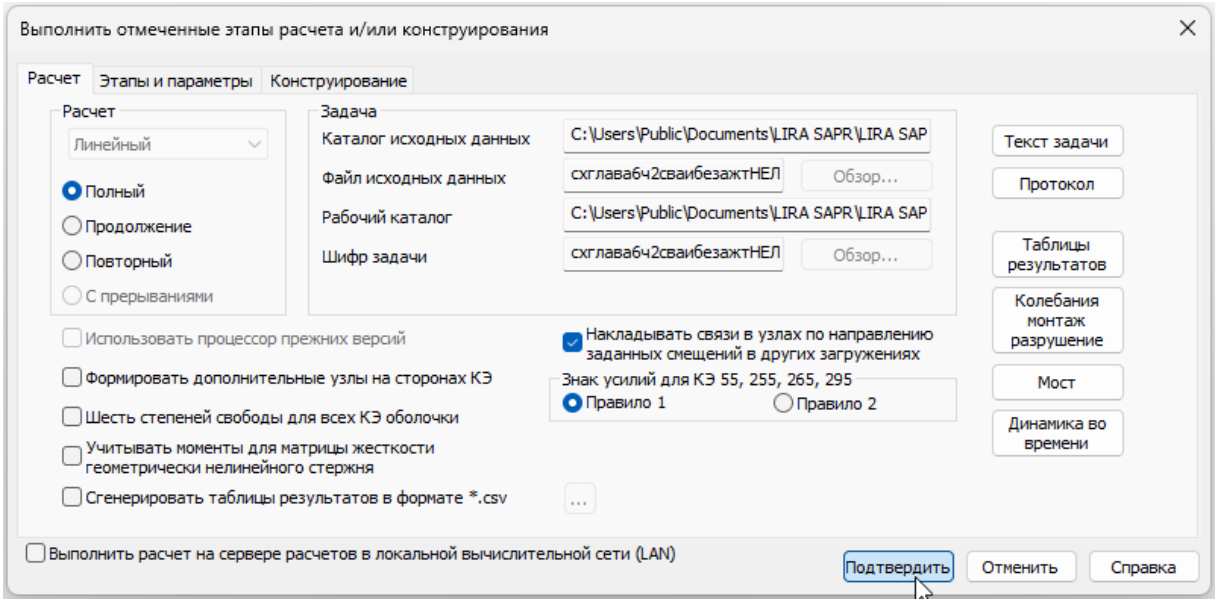


4. После задания Параметров «Монтажа» или «Шагового метода» проводим расчет:



Уведомление игнорируем.





5.4. Результаты расчета

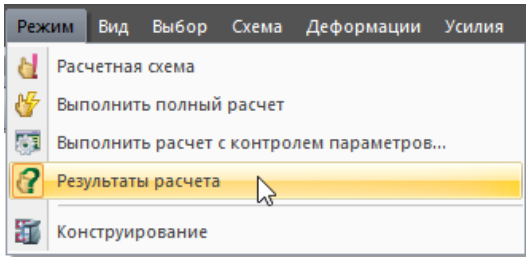
5.4.1. Случай без разрушенных элементов

После выполнения расчета проверяются следующие :

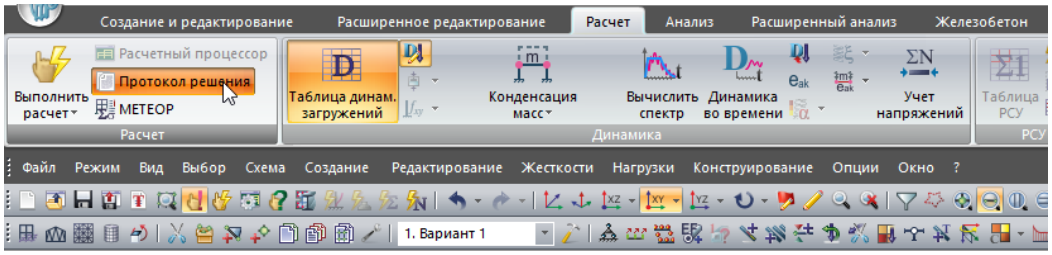
1) отсутствие разрушенных элементов в протоколе решения.

2) отсутствие разрушения на изополях.

Переходим в результаты расчета:



Просмотр протокола решения:

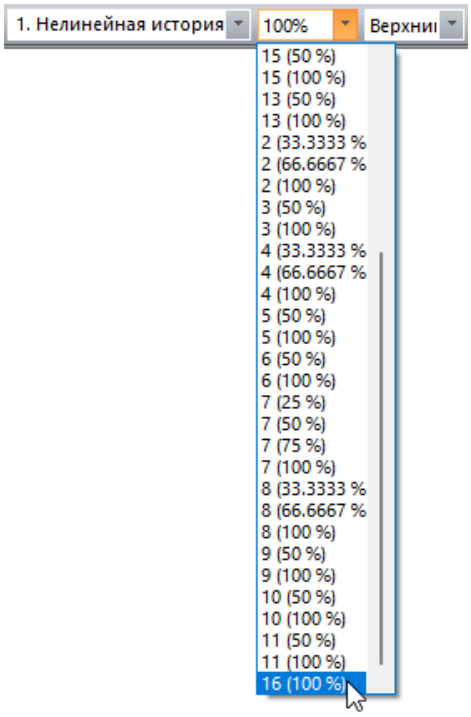


Фрагмент расчета (финальная стадия нагружения):

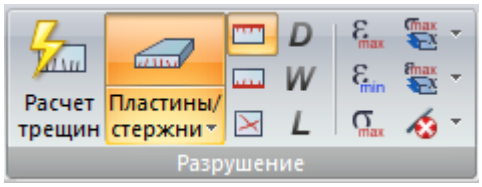
```
Величина выполненного шага = 0.55; Величина всех выполненных шагов = 0.55
НЕЛИНЕЙНАЯ ИСТОРИЯ 1. загружение 11. шаг 2
12:11  Пересчет жесткостных характеристик элементов
12:12  Формирование матрицы жесткости
12:12  Формирование векторов нагрузок
12:12  Разложение матрицы жесткости
12:15  Вычисление неизвестных
12:15  Контроль решения
12:16  Суммирование результатов
Величина выполненного шага = 0.55; Величина всех выполненных шагов = 1.1
Количество неизвестных = 1715245
НЕЛИНЕЙНАЯ ИСТОРИЯ 1. загружение 16. шаг 1
12:16  Пересчет жесткостных характеристик элементов
12:16  Формирование матрицы жесткости
12:16  Формирование векторов нагрузок
12:16  Разложение матрицы жесткости
12:20  Вычисление неизвестных
12:20  Контроль решения
12:20  Суммирование результатов
Величина выполненного шага = 1.1; Величина всех выполненных шагов = 1.1
Формирование результатов
12:20  Формирование топологии
12:20  Формирование перемещений
12:20  Вычисление и формирование усилий в элементах
12:20  Вычисление и формирование реакций в элементах
12:20  Вычисление и формирование эпюр усилий в стержнях
12:20  Вычисление и формирование эпюр прогибов в стержнях
Расчет успешно завершен
Затраченное время = 190 мин
```

Просматриваем результаты вычисления изополей.

Выбираем стадию расчета (как правило, интересует последняя).



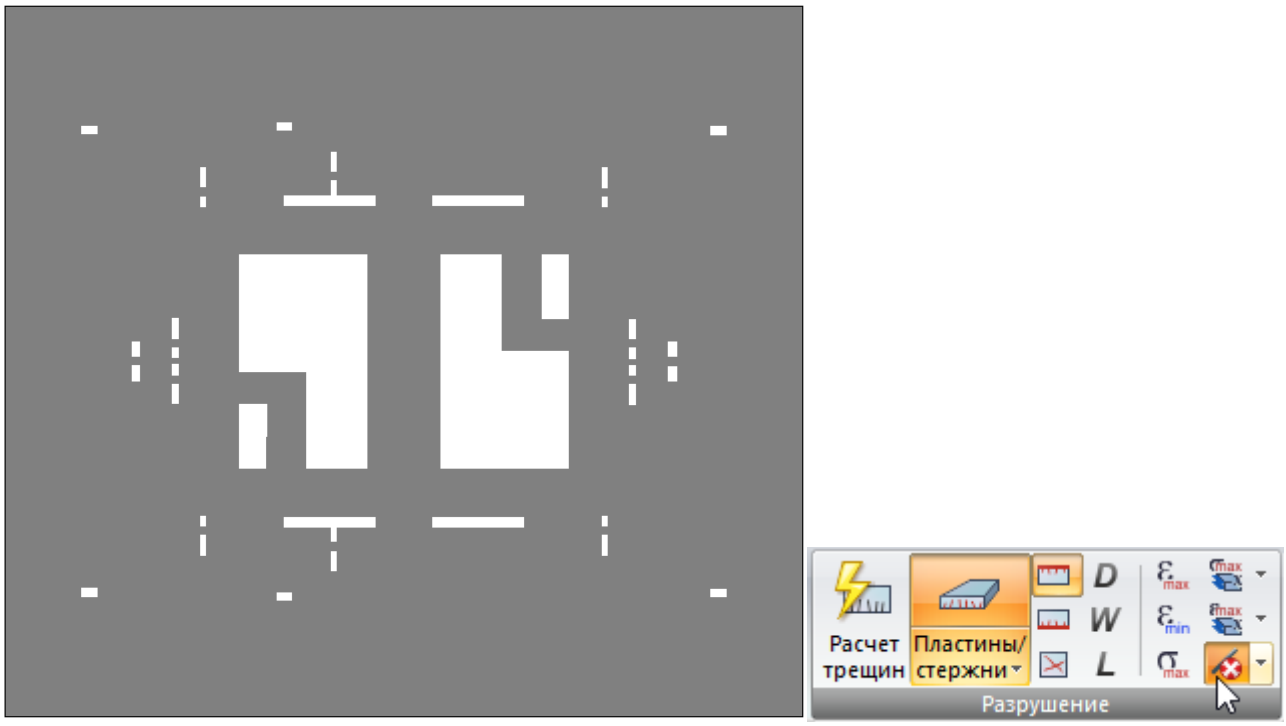
Диалоговое окно для расчета.



Для выполнения расчета необходимо необходимо запустить расчет трещин

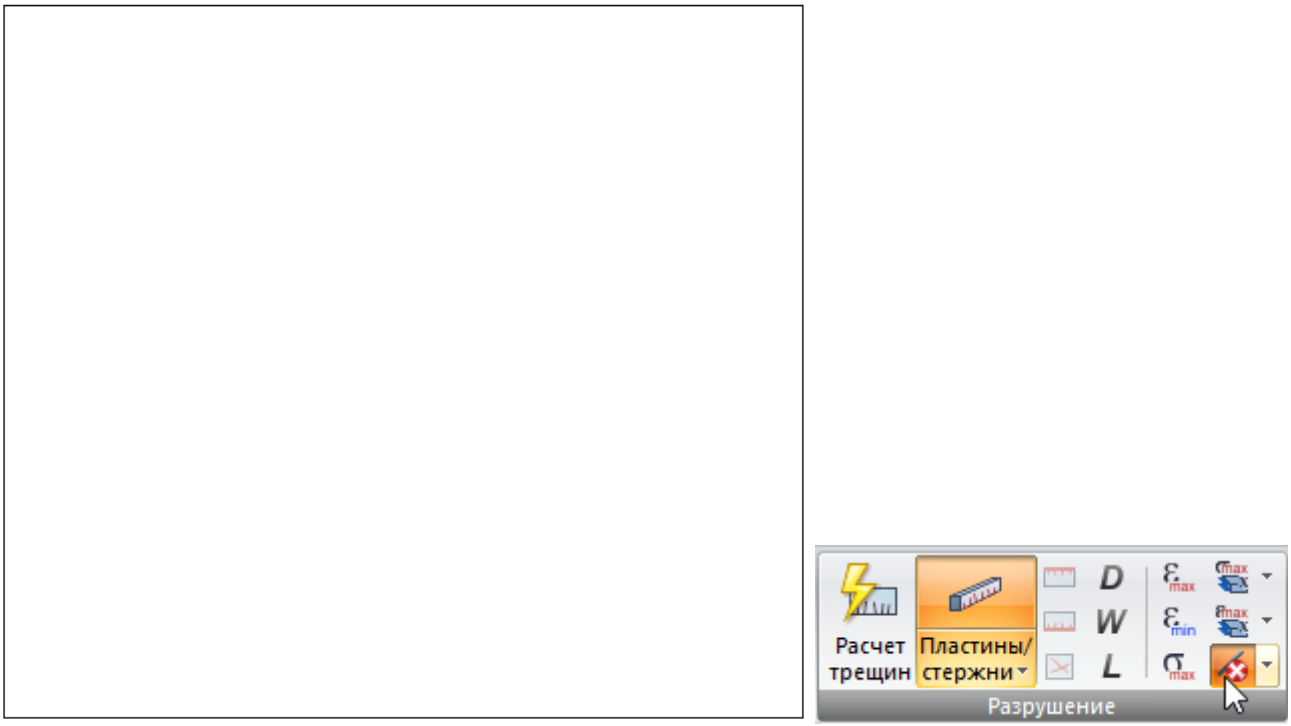


Проверяем наличие разрушения у пластин.



Разрушенные элементы отсутствуют (изображение полностью серое)

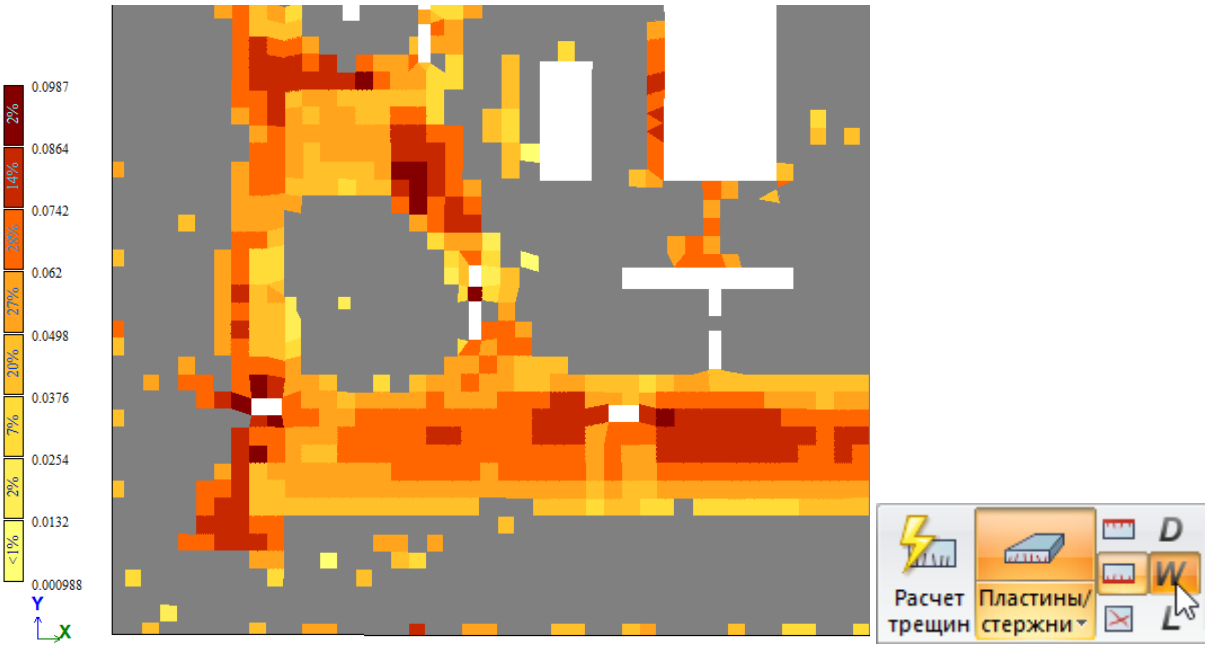
Проверяем наличие разрушения у стержней.



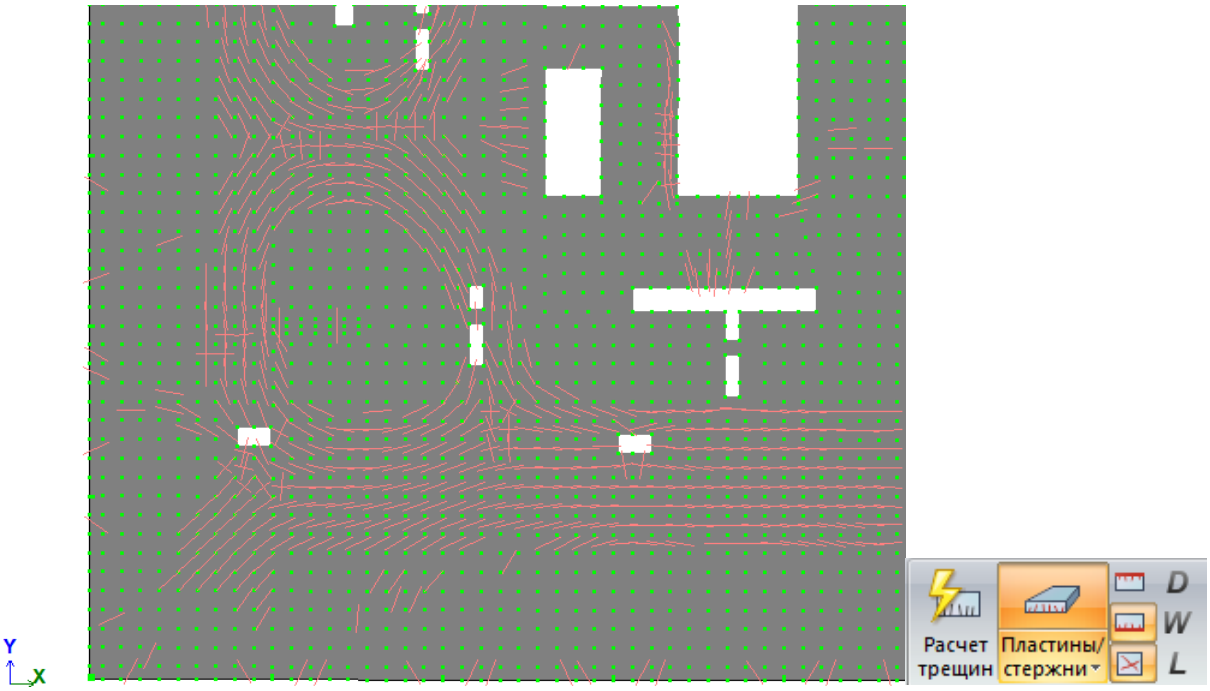
Разрушенные элементы балок отсутствуют (изображение полностью серое)

Проверка трещин может осуществляться по расчетным нагрузкам в запас. Если проверка проходит, то необходимости приводить нагрузки к нормативным значениям и делать дополнительные расчеты. В примере получен именно такой случай.

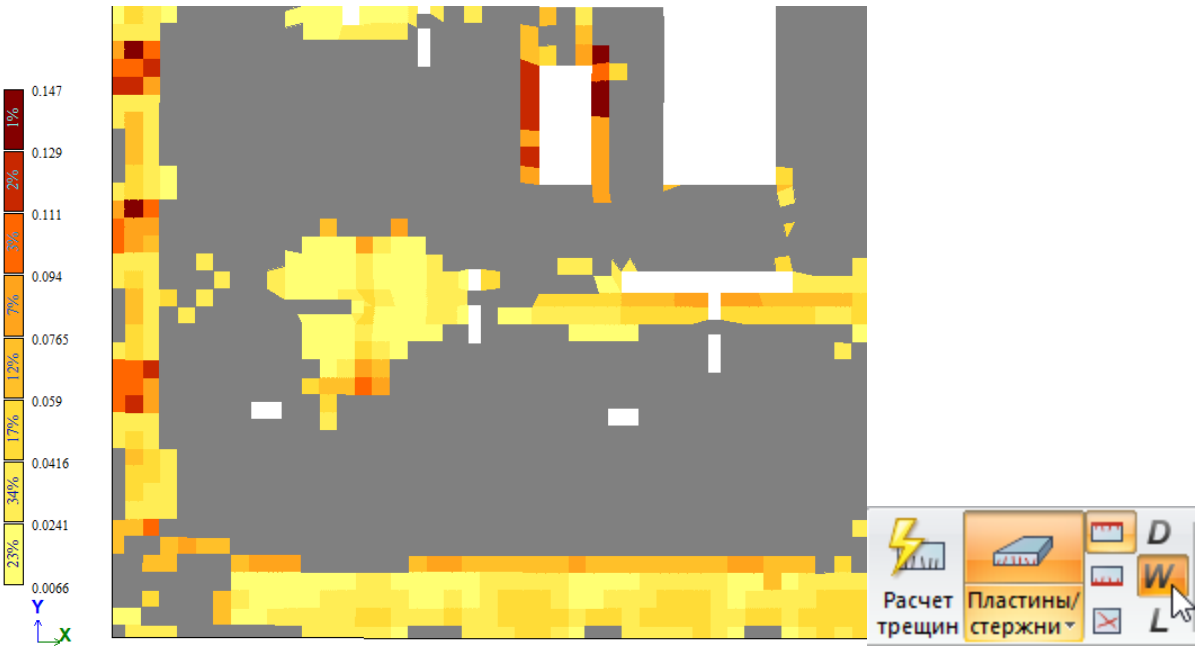
Прогибы могут проверяться только по длительной диаграмме. При расчете по кратковременной диаграмме прогибы будут завышены.



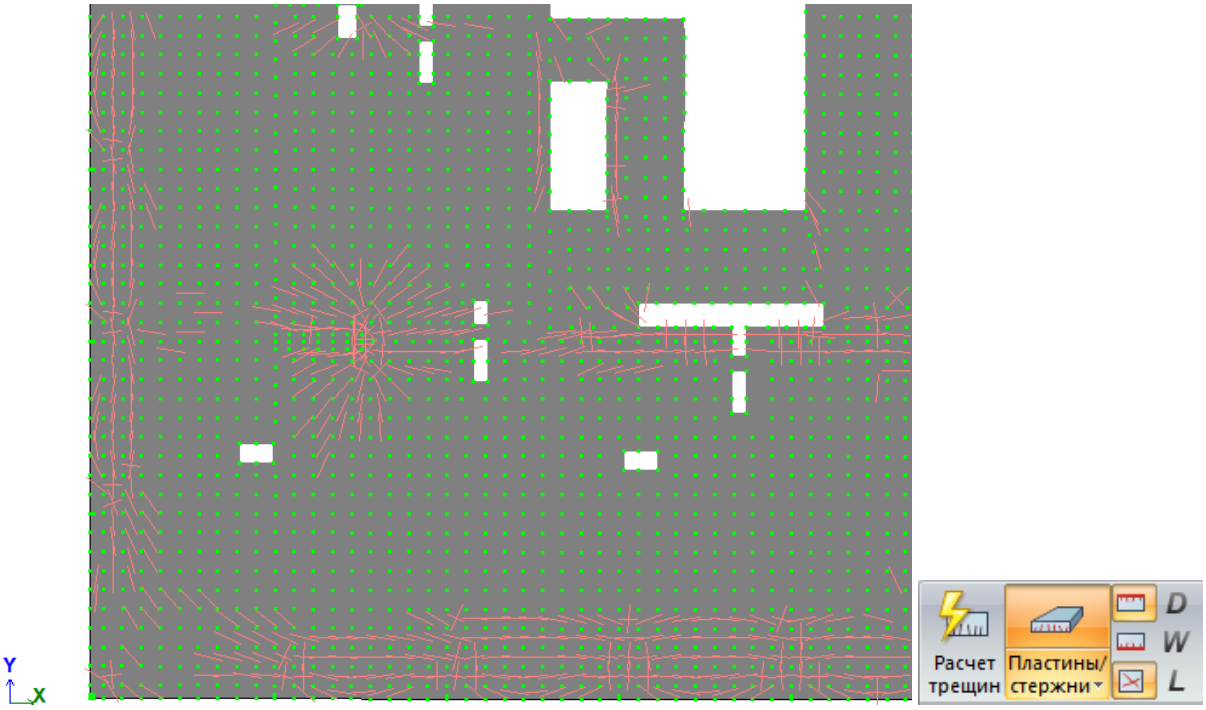
Ширина раскрытия трещин у нижней грани при полных нагрузках



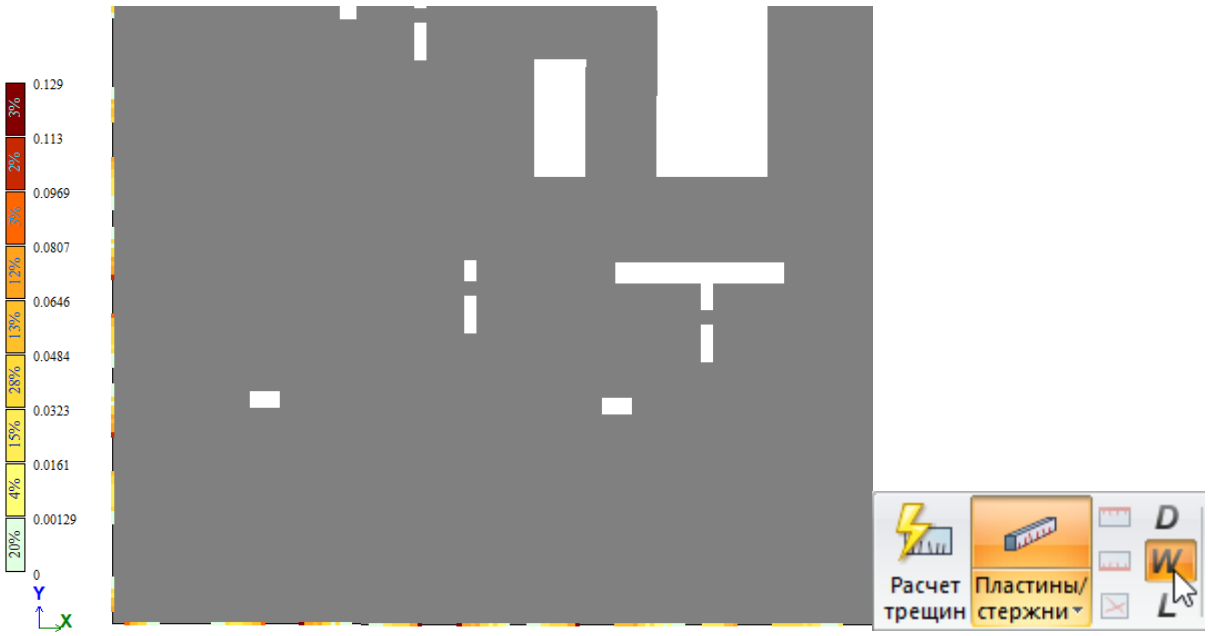
Направление трещин по нижней грани



Ширина раскрытия трещин у нижней грани при полных нагрузках



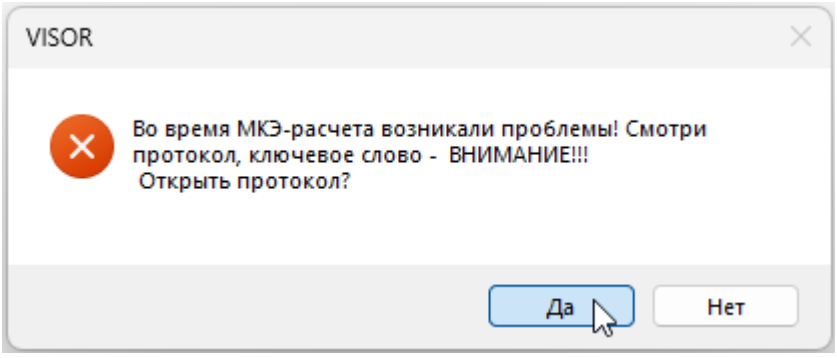
Направление трещин по верхней грани



Параметр	Предельно допустимое значение	Расчетное значение	Вывод
Разрушенные элементы при полной нагрузке	Не допустимо	Разрушенные элементы в протоколе расчета отсутствуют	Прочность обеспечена
Ширина раскрытия трещин при полных нагрузках Примечание: рассчитано при расчетной нагрузке	**0,4мм**	Не превышает **0,13 мм** Примечание: рассчитано при расчетной нагрузке	**Трещиностойкость обеспечена**

5.4.2. Случай с разрушенными элементами

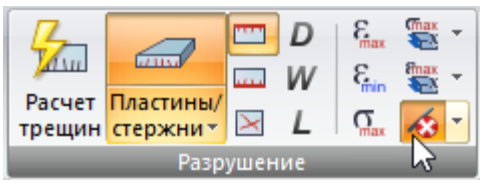
При наличии разрушенных элементов после расчета будет всплывать вот такое сообщение:

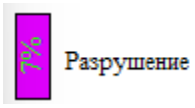


В протоколе будут такие сообщения:

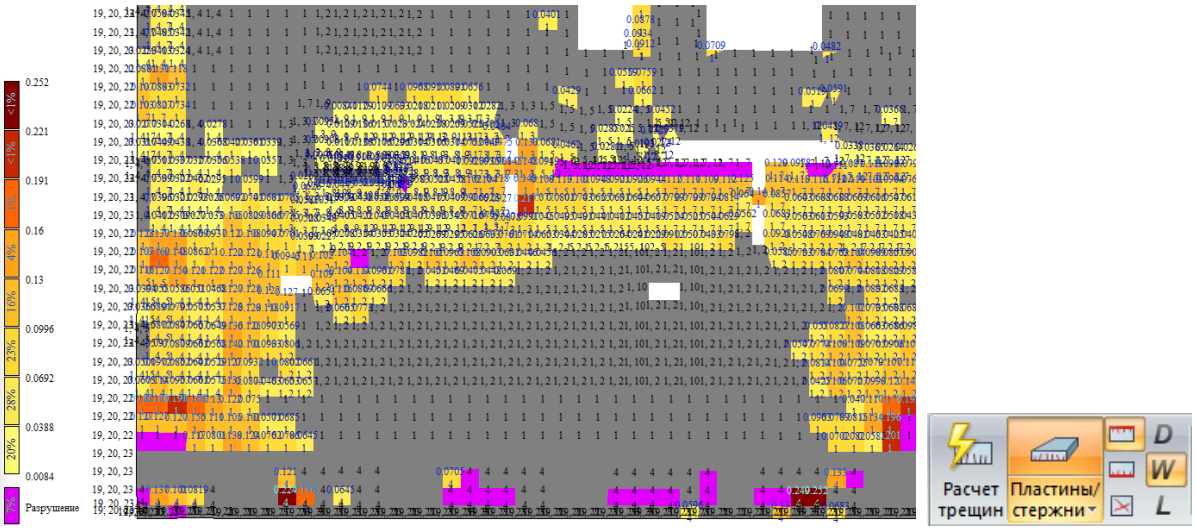
```
Величина выполненного шага = 0.55; Величина всех выполненных шагов = 0.55
НЕЛИНЕЙНАЯ ИСТОРИЯ 1. загружение 11. шаг 2
08:28  Пересчет жесткостных характеристик элементов
ВНИМАНИЕ!!!!!!! Разрушено 12 элементов. Разрушенные элементы на схеме выделены красным цветом.
Номера разрушенных элементов:
10617 13857 15297 15405 16773 18213 20085 36645 36861 36897 36933 36969
08:28  Формирование матрицы жесткости
08:28  Формирование векторов нагрузок
08:28  Разложение матрицы жесткости
08:32  Вычисление неизвестных
08:32  Контроль решения
08:32  Суммирование результатов
Величина выполненного шага = 0.55; Величина всех выполненных шагов = 1.1
Количество неизвестных = 1715245
НЕЛИНЕЙНАЯ ИСТОРИЯ 1. загружение 16. шаг 1
08:32  Пересчет жесткостных характеристик элементов
ВНИМАНИЕ!!!!!!! Разрушено 14 элементов. Разрушенные элементы на схеме выделены красным цветом.
Номера разрушенных элементов:
10617 13857 15261 15297 15405 16773 18213 20085 36645 36861 36897 36933 36969 37185
08:32  Формирование матрицы жесткости
08:33  Формирование векторов нагрузок
08:33  Разложение матрицы жесткости
08:36  Вычисление неизвестных
08:36  Контроль решения
08:36  Суммирование результатов
Величина выполненного шага = 1.1; Величина всех выполненных шагов = 1.1
Формирование результатов
08:37  Формирование топологии
08:37  Формирование перемещений
08:37  Вычисление и формирование усилий в элементах
08:37  Вычисление и формирование реакций в элементах
08:37  Вычисление и формирование эпюр усилий в стержнях
08:37  Вычисление и формирование эпюр прогибов в стержнях
Расчет завершен
Затраченное время = 187 мин
```

При этом при попытке просмотреть изополя разрушения в **пластинах** в большинстве случаев разрушение НЕ будет показываться. Это связано с тем, что программа показывает элементы разрушенные одновремено в двух направлениях, и с разрушением. Данный вид разрушения не реализуется на практике на большинстве элементов.

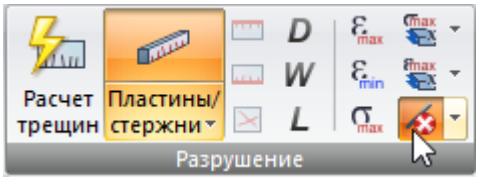


Разрушение 

по одному направлению можно будет увидеть на изополях с трещинами:



Для **стержней** разрушение на изополях разрушения будет соответствовать протоколу решения.



Частые вопросы:

1. Согласно п. 5.1.2. СП 63.13330.2018 допускается разрушение отдельных элементов:

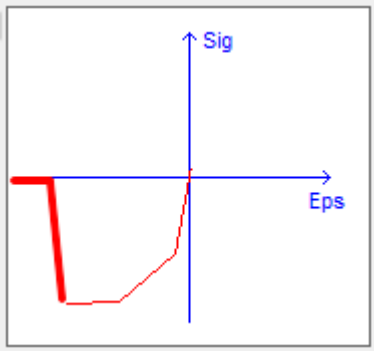
*«При расчете конструкций по прочности, деформациям, образованию и раскрытию трещин на основе метода конечных элементов должны быть проверены условия прочности и трещиностойкости для всех конечных элементов, составляющих конструкцию, а также условия возникновения чрезмерных перемещений конструкции. При оценке предельного состояния по прочности допускается полагать **отдельные конечные элементы разрушенными**, если это не влечет за собой прогрессирующего разрушения здания или сооружения, и по истечении действия рассматриваемой нагрузки эксплуатационная пригодность здания или сооружения сохраняется или может быть восстановлена.»*

Как это трактовать? И как это использовать при расчете в ПК ЛИРА-САПР?

При разрушении элемента в ПК ЛИРА-САПР усилия с элемента полностью НЕ уходят на соседние элементы. В элементе продолжают действовать усилия по всем направлениям! Это связано с тем, что в диаграммах деформирования отсутствуют ниспадающие ветви,

отвечающие за обнуление усилий при разрушении. Элемент продолжает работать по «краевой» точке диаграммы.

Пример ниспадающей ветви, которая учитывает разрушение элемента при достижении предельных усилий и деформаций (реализовано не во всех программах и не всегда стабильно работает).



При ручном удалении (вырезании ) разрушенного элемента (перечень разрушенных см. Протокол решения) из схемы и повторном расчете не должно происходить дальнейшего разрушения. Если разрушение происходит (элементы в Протоколе прибавляются) и распространяется дальше на смежные участки, то необходимо корректировать конструктивное решение (увеличивать сечение элемента или армирование).

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 24.13330.2021 Свайные фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 2.02.03-85 (с Изменениями N 1) : свод правил : дата введения 2022-01-15 / Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ – Изд. официальное. – Москва: Стандартинформ, 2022;

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;

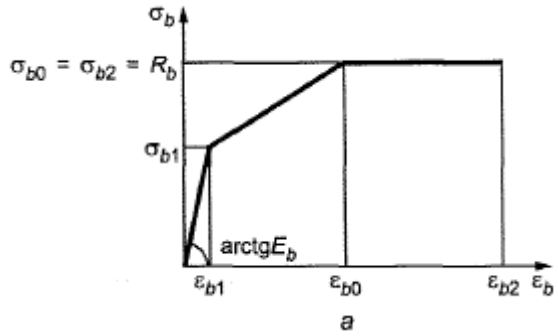
35. СП 468.1325800.2019 Бетонные и железобетонные конструкции. Правила обеспечения огнестойкости и огнесохранности (с Изменением N 1) : свод правил : дата введения 2020-06-11 / Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ – Изд. официальное. – Москва: Стандартинформ, 2020;

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.

Приложение А. Расчетные нагрузки. Диаграммы деформирования бетона для конструкций высотой более 1,5м (колонны, пилоны, толстые фундаментные плиты)

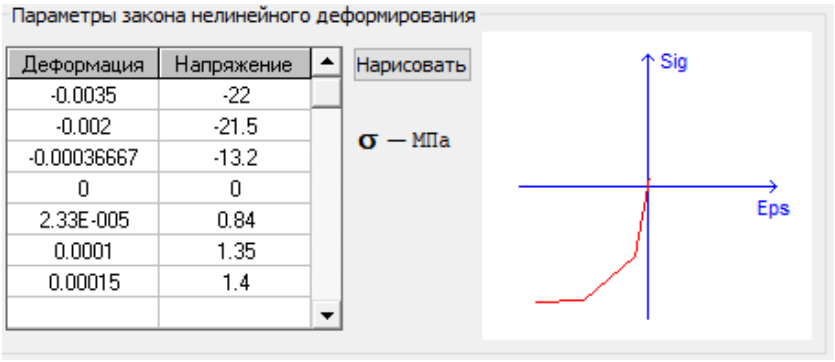
Инструкция по использованию диаграмм.

1. Точки диаграммы определены по трехлинейной зависимости



а

2. Программа не всегда адекватно может воспринять горизонтальные участки в диаграмме. Поскольку в СП приводится горизонтальный участок диаграммы (участок между ε_{b0} и ε_{b2}), то для программного комплекса напряжение в точке, соответствующее ε_{b0} нужно немного понизить (на 3….5 %) с целью возможности восприятия программой.



3. Размерность напряжений в таблицах далее приведена в МПа.

Влажность выше 75%

для конструкций высотой более 1,5м

Кратковременное		Длительное	
B10			
-0,0035	-5,1	-0,0042	-4,59
-0,002	-5,1	-0,003	-4,59
-0,00016105	-3,06	-0,0005508	-2,754
0	0	0	0
1,77E-05	0,336	0,00006048	0,3024
0,0001	0,56	0,00021	0,504
0,00015	0,56	0,00027	0,504
B15			
-0,0035	-7,225	-0,0042	-6,5025
-0,002	-7,225	-0,003	-6,5025
-0,00018063	-4,335	-0,00055271	-3,9015
0	0	0	0
0,00001875	0,45	0,000057375	0,405
0,0001	0,75	0,00021	0,675
0,00015	0,75	0,00027	0,675
B20			
-0,0035	-9,775	-0,0042	-8,7975
-0,002	-9,775	-0,003	-8,7975
-0,00021327	-5,865	-0,00057584	-5,2785
0	0	0	0
1,96E-05	0,54	0,000053018	0,486
0,0001	0,9	0,00021	0,81
0,00015	0,9	0,00027	0,81
B25			
-0,0035	-12,325	-0,0042	-11,0925
-0,002	-12,325	-0,003	-11,0925
-0,0002465	-7,395	-0,00062118	-6,6555
0	0	0	0
0,000021	0,63	0,00005292	0,567
0,0001	1,05	0,00021	0,945
0,00015	1,05	0,00027	0,945
B30			
-0,0035	-14,45	-0,0042	-13,005
-0,002	-14,45	-0,003	-13,005
-0,00026677	-8,67	-0,00062424	-7,803
0	0	0	0
2,12E-05	0,69	0,00004968	0,621
0,0001	1,15	0,00021	1,035
0,00015	1,15	0,00027	1,035
B35			
-0,0035	-16,575	-0,0042	-14,9175
-0,002	-16,575	-0,003	-14,9175
-0,00028826	-9,945	-0,00064859	-8,9505
0	0	0	0
2,26E-05	0,78	0,00005087	0,702
0,0001	1,3	0,00021	1,17
0,00015	1,3	0,00027	1,17

Влажность выше 75%

для конструкций высотой более 1,5м

Кратковременное		Длительное	
B40			
-0,0035	-18,7	-0,0042	-16,83
-0,002	-18,7	-0,003	-16,83
-0,00031167	-11,22	-0,0006732	-10,098
0	0	0	0
2,33E-05	0,84	0,0000504	0,756
0,0001	1,4	0,00021	1,26
0,00015	1,4	0,00027	1,26
B45			
-0,0035	-21,25	-0,0042	-19,125
-0,002	-21,25	-0,003	-19,125
-0,00034459	-12,75	-0,00071331	-11,475
0	0	0	0
2,43E-05	0,9	0,000050351	0,81
0,0001	1,5	0,00021	1,35
0,00015	1,5	0,00027	1,35
B50			
-0,0035	-23,375	-0,0042	-21,0375
-0,002	-23,375	-0,003	-21,0375
-0,00036908	-14,025	-0,00073078	-12,6225
0	0	0	0
2,53E-05	0,96	0,000050021	0,864
0,0001	1,6	0,00021	1,44
0,00015	1,6	0,00027	1,44
B55			
-0,0035	-25,5	-0,0042	-22,95
-0,002	-25,5	-0,003	-22,95
-0,00039231	-15,3	-0,00074146	-13,77
0	0	0	0
2,62E-05	1,02	0,000049431	0,918
0,0001	1,7	0,00021	1,53
0,00015	1,7	0,00027	1,53
B60			
-0,0035	-28,05	-0,0042	-25,245
-0,002	-28,05	-0,003	-25,245
-0,00042608	-16,83	-0,00076694	-15,147
0	0	0	0
2,73E-05	1,08	0,000049215	0,972
0,0001	1,8	0,00021	1,62
0,00015	1,8	0,00027	1,62

Влажность от 40 до 75%

для конструкций высотой более 1,5м

Кратковременное		Длительное	
B10			
-0,0035	-5,1	-0,0048	-4,59
-0,002	-5,1	-0,0034	-4,59
-0,000161053	-3,06	-0,000710242	-2,754
0	0	0	0
1,77E-05	0,336	0,000077987	0,3024
0,0001	0,56	0,00024	0,504
0,00015	0,56	0,00031	0,504
B15			
-0,0035	-7,225	-0,0048	-6,5025
-0,002	-7,225	-0,0034	-6,5025
-0,000180625	-4,335	-0,000715275	-3,9015
0	0	0	0
0,00001875	0,45	0,00007425	0,405
0,0001	0,75	0,00024	0,675
0,00015	0,75	0,00031	0,675
B20			
-0,0035	-9,775	-0,0048	-8,7975
-0,002	-9,775	-0,0034	-8,7975
-0,000213273	-5,865	-0,000729393	-5,2785
0	0	0	0
1,96E-05	0,54	0,000067156	0,486
0,0001	0,9	0,00024	0,81
0,00015	0,9	0,00031	0,81
B25			
-0,0035	-12,325	-0,0048	-11,0925
-0,002	-12,325	-0,0034	-11,0925
-0,0002465	-7,395	-0,000776475	-6,6555
0	0	0	0
0,000021	0,63	0,00006615	0,567
0,0001	1,05	0,00024	0,945
0,00015	1,05	0,00031	0,945
B30			
-0,0035	-14,45	-0,0048	-13,005
-0,002	-14,45	-0,0034	-13,005
-0,000266769	-8,67	-0,000792305	-7,803
0	0	0	0
2,12E-05	0,69	0,000063055	0,621
0,0001	1,15	0,00024	1,035
0,00015	1,15	0,00031	1,035
B35			
-0,0035	-16,575	-0,0048	-14,9175
-0,002	-16,575	-0,0034	-14,9175
-0,000288261	-9,945	-0,000804248	-8,9505
0	0	0	0
2,26E-05	0,78	0,000063078	0,702
0,0001	1,3	0,00024	1,17
0,00015	1,3	0,00031	1,17

Влажность от 40 до 75%

для конструкций высотой более 1,5м

Кратковременное		Длительное	
B40			
-0,0035	-18,7	-0,0048	-16,83
-0,002	-18,7	-0,0034	-16,83
-0,000311667	-11,22	-0,00081345	-10,098
0	0	0	0
2,33E-05	0,84	0,0000609	0,756
0,0001	1,4	0,00024	1,26
0,00015	1,4	0,00031	1,26
B45			
-0,0035	-21,25	-0,0048	-19,125
-0,002	-21,25	-0,0034	-19,125
-0,000344595	-12,75	-0,000868378	-11,475
0	0	0	0
2,43E-05	0,9	0,000061297	0,81
0,0001	1,5	0,00024	1,35
0,00015	1,5	0,00031	1,35
B50			
-0,0035	-23,375	-0,0048	-21,0375
-0,002	-23,375	-0,0034	-21,0375
-0,000369079	-14,025	-0,000863645	-12,6225
0	0	0 0	0
2,53E-05	0,96	0,000059116	0,864
0,0001	1,6	0,00024	1,44
0,00015	1,6	0,00031	1,44
B55			
-0,0035	-25,5	-0,0048	-22,95
-0,002	-25,5	-0,0034	-22,95
-0,000392308	-15,3	-0,000882692	-13,77
0	0	0	0
2,62E-05	1,02	0,000058846	0,918
0,0001	1,7	0,00024	1,53
0,00015	1,7	0,00031	1,53
B60			
-0,0035	-28,05	-0,0048	-25,245
-0,002	-28,05	-0,0034	-25,245
-0,000426076	-16,83	-0,000920324	-15,147
0	0	0	0
2,73E-05	1,08	0,000059058	0,972
0,0001	1,8	0,00024	1,62
0,00015	1,8	0,00031	1,62

Влажность ниже 40%

для конструкций высотой более 1,5м

Кратковременное		Длительное	
B10			
-0,0035	-5,1	-0,0056	-4,59
-0,002	-5,1	-0,004	-4,59
-0,000161053	-3,06	-0,000956653	-2,754
0	0	0	0
1,77E-05	0,336	0,000105044	0,3024
0,0001	0,56	0,00028	0,504
0,00015	0,56	0,00036	0,504
B15			
-0,0035	-7,225	-0,0056	-6,5025
-0,002	-7,225	-0,004	-6,5025
-0,000180625	-4,335	-0,000942863	-3,9015
0	0	0	0
0,00001875	0,45	0,000097875	0,405
0,0001	0,75	0,00028	0,675
0,00015	0,75	0,00036	0,675
B20			
-0,0035	-9,775	-0,0056	-8,7975
-0,002	-9,775	-0,004	-8,7975
-0,000213273	-5,865	-0,000959727	-5,2785
0	0	0	0
1,96E-05	0,54	0,000088364	0,486
0,0001	0,9	0,00028	0,81
0,00015	0,9	0,00036	0,81
B25			
-0,0035	-12,325	-0,0056	-11,0925
-0,002	-12,325	-0,004	-11,0925
-0,0002465	-7,395	-0,00102051	-6,6555
0	0	0	0
0,000021	0,63	0,00008694	0,567
0,0001	1,05	0,00028	0,945
0,00015	1,05	0,00036	0,945
B30			
-0,0035	-14,45	-0,0056	-13,005
-0,002	-14,45	-0,004	-13,005
-0,000266769	-8,67	-0,001008388	-7,803
0	0	0	0
2,12E-05	0,69	0,000080252	0,621
0,0001	1,15	0,00028	1,035
0,00015	1,15	0,00036	1,035
B35			
-0,0035	-16,575	-0,0056	-14,9175
-0,002	-16,575	-0,004	-14,9175
-0,000288261	-9,945	-0,001037739	-8,9505
0	0	0	0
2,26E-05	0,78	0,000081391	0,702
0,0001	1,3	0,00028	1,17
0,00015	1,3	0,00036	1,17

Влажность ниже 40%

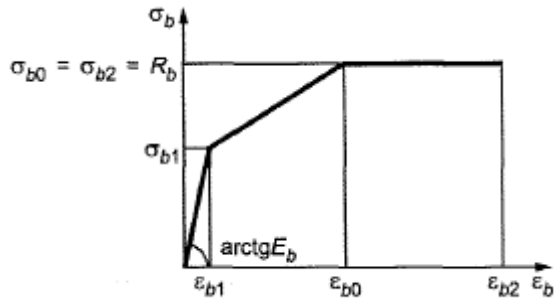
для конструкций высотой более 1,5м

Кратковременное		Длительное	
B40			
-0,0035	-18,7	-0,0056	-16,83
-0,002	-18,7	-0,004	-16,83
-0,000311667	-11,22	-0,0010659	-10,098
0	0	0	0
2,33E-05	0,84	0,0000798	0,756
0,0001	1,4	0,00028	1,26
0,00015	1,4	0,00036	1,26
B45			
-0,0035	-21,25	-0,0056	-19,125
-0,002	-21,25	-0,004	-19,125
-0,000344595	-12,75	-0,001116486	-11,475
0	0	0	0
2,43E-05	0,9	0,000078811	0,81
0,0001	1,5	0,00028	1,35
0,00015	1,5	0,00036	1,35
B50			
-0,0035	-23,375	-0,0056	-21,0375
-0,002	-23,375	-0,004	-21,0375
-0,000369079	-14,025	-0,001129382	-12,6225
0	0	0	0
2,53E-05	0,96	0,000077305	0,864
0,0001	1,6	0,00028	1,44
0,00015	1,6	0,00036	1,44
B55			
-0,0035	-25,5	-0,0056	-22,95
-0,002	-25,5	-0,004	-22,95
-0,000392308	-15,3	-0,001129846	-13,77
0	0	0	0
2,62E-05	1,02	0,000075323	0,918
0,0001	1,7	0,00028	1,53
0,00015	1,7	0,00036	1,53
B60			
-0,0035	-28,05	-0,0056	-25,245
-0,002	-28,05	-0,004	-25,245
-0,000426076	-16,83	-0,001150405	-15,147
0	0	0	0
2,73E-05	1,08	0,000073823	0,972
0,0001	1,8	0,00028	1,62
0,00015	1,8	0,00036	1,62

Приложение Б. Расчетные нагрузки. Диаграммы деформирования бетона для конструкций высотой менее 1,5м (плиты перекрытия, балки, лестничные площадки)

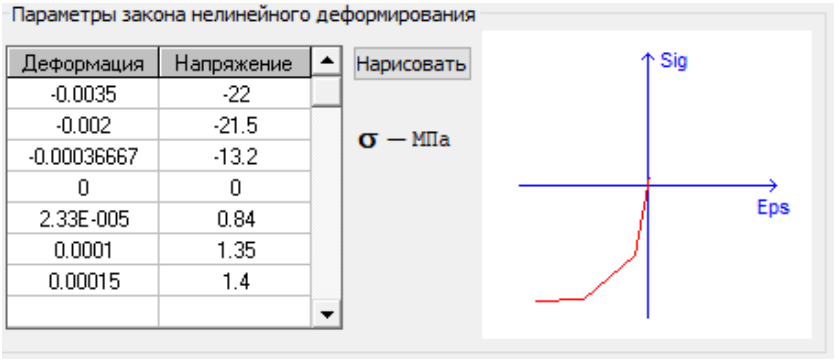
Инструкция по использованию диаграмм.

1. Точки диаграммы определены по трехлинейной зависимости



а

2. Программа не всегда адекватно может воспринять горизонтальные участки в диаграмме. Поскольку в СП приводится горизонтальный участок диаграммы (участок между ε_{b0} и ε_{b2}), то для программного комплекса напряжение в точке, соответствующее ε_{b0} нужно немного понизить (на 3….5 %) с целью возможности восприятия программой.



3. Размерность напряжений в таблицах далее приведена в МПа.

Влажность выше 75%

для конструкций высотой менее 1,5м

Кратковременное		Длительное	
B10			
-0,0035	-6	-0,0042	-5,4
-0,002	-6	-0,003	-5,4
-0,00019	-3,6	-0,00065	-3,24
0	0	0	0
1,77E-05	0,336	6,05E-05	0,3024
0,0001	0,56	0,00021	0,504
0,00015	0,56	0,00027	0,504
B15			
-0,0035	-8,5	-0,0042	-7,65
-0,002	-8,5	-0,003	-7,65
-0,00021	-5,1	-0,00065	-4,59
0	0	0	0
1,88E-05	0,45	5,74E-05	0,405
0,0001	0,75	0,00021	0,675
0,00015	0,75	0,00027	0,675
B20			
-0,0035	-11,5	-0,0042	-10,35
-0,002	-11,5	-0,003	-10,35
-0,00025	-6,9	-0,00068	-6,21
0	0	0	0
1,96E-05	0,54	5,3E-05	0,486
0,0001	0,9	0,00021	0,81
0,00015	0,9	0,00027	0,81
B25			
-0,0035	-14,5	-0,0042	-13,05
-0,002	-14,5	-0,003	-13,05
-0,00029	-8,7	-0,00073	-7,83
0	0	0	0
0,000021	0,63	5,29E-05	0,567
0,0001	1,05	0,00021	0,945
0,00015	1,05	0,00027	0,945
B30			
-0,0035	-17	-0,0042	-15,3
-0,002	-17	-0,003	-15,3
-0,00031	-10,2	-0,00073	-9,18
0	0	0	0
2,12E-05	0,69	4,97E-05	0,621
0,0001	1,15	0,00021	1,035
0,00015	1,15	0,00027	1,035
B35			
-0,0035	-19,5	-0,0042	-17,55
-0,002	-19,5	-0,003	-17,55
-0,00034	-11,7	-0,00076	-10,53
0	0	0	0
2,26E-05	0,78	5,09E-05	0,702
0,0001	1,3	0,00021	1,17
0,00015	1,3	0,00027	1,17

Влажность выше 75%

для конструкций высотой менее 1,5м

Кратковременное		Длительное	
B40			
-0,0035	-22	-0,0042	-19,8
-0,002	-22	-0,003	-19,8
-0,00037	-13,2	-0,00079	-11,88
0	0	0	0
2,33E-05	0,84	5,04E-05	0,756
0,0001	1,4	0,00021	1,26
0,00015	1,4	0,00027	1,26
B45			
-0,0035	-25	-0,0042	-22,5
-0,002	-25	-0,003	-22,5
-0,00041	-15	-0,00084	-13,5
0	0	0	0
2,43E-05	0,9	5,04E-05	0,81
0,0001	1,5	0,00021	1,35
0,00015	1,5	0,00027	1,35
B50			
-0,0035	-27,5	-0,0042	-24,75
-0,002	-27,5	-0,003	-24,75
-0,00043	-16,5	-0,00086	-14,85
0	0	0	0
2,53E-05	0,96	5E-05	0,864
0,0001	1,6	0,00021	1,44
0,00015	1,6	0,00027	1,44
B55			
-0,0035	-30	-0,0042	-27
-0,002	-30	-0,003	-27
-0,00046	-18	-0,00087	-16,2
0	0	0	0
2,62E-05	1,02	4,94E-05	0,918
0,0001	1,7	0,00021	1,53
0,00015	1,7	0,00027	1,53
B60			
-0,0035	-33	-0,0042	-29,7
-0,002	-33	-0,003	-29,7
-0,0005	-19,8	-0,0009	-17,82
0	0	0	0
2,73E-05	1,08	4,92E-05	0,972
0,0001	1,8	0,00021	1,62
0,00015	1,8	0,00027	1,62

Влажность от 40 до 75%

для конструкций высотой менее 1,5м

Кратковременное		Длительное	
B10			
-0,0035	-6	-0,0048	-5,4
-0,002	-6	-0,0034	-5,4
-0,00019	-3,6	-0,00084	-3,24
0	0	0	0
1,77E-05	0,336	7,8E-05	0,3024
0,0001	0,56	0,00024	0,504
0,00015	0,56	0,00031	0,504
B15			
-0,0035	-8,5	-0,0048	-7,65
-0,002	-8,5	-0,0034	-7,65
-0,00021	-5,1	-0,00084	-4,59
0	0	0	0
1,88E-05	0,45	7,43E-05	0,405
0,0001	0,75	0,00024	0,675
0,00015	0,75	0,00031	0,675
B20			
-0,0035	-11,5	-0,0048	-10,35
-0,002	-11,5	-0,0034	-10,35
-0,00025	-6,9	-0,00086	-6,21
0	0	0	0
1,96E-05	0,54	6,72E-05	0,486
0,0001	0,9	0,00024	0,81
0,00015	0,9	0,00031	0,81
B25			
-0,0035	-14,5	-0,0048	-13,05
-0,002	-14,5	-0,0034	-13,05
-0,00029	-8,7	-0,00091	-7,83
0	0	0	0
0,000021	0,63	6,62E-05	0,567
0,0001	1,05	0,00024	0,945
0,00015	1,05	0,00031	0,945
B30			
-0,0035	-17	-0,0048	-15,3
-0,002	-17	-0,0034	-15,3
-0,00031	-10,2	-0,00093	-9,18
0	0	0	0
2,12E-05	0,69	6,31E-05	0,621
0,0001	1,15	0,00024	1,035
0,00015	1,15	0,00031	1,035
B35			
-0,0035	-19,5	-0,0048	-17,55
-0,002	-19,5	-0,0034	-17,55
-0,00034	-11,7	-0,00095	-10,53
0	0	0	0
2,26E-05	0,78	6,31E-05	0,702
0,0001	1,3	0,00024	1,17
0,00015	1,3	0,00031	1,17

Влажность от 40 до 75%

для конструкций высотой менее 1,5м

Кратковременное		Длительное	
B40			
-0,0035	-22	-0,0048	-19,8
-0,002	-22	-0,0034	-19,8
-0,00037	-13,2	-0,00096	-11,88
0	0	0	0
2,33E-05	0,84	6,09E-05	0,756
0,0001	1,4	0,00024	1,26
0,00015	1,4	0,00031	1,26
B45			
-0,0035	-25	-0,0048	-22,5
-0,002	-25	-0,0034	-22,5
-0,00041	-15	-0,00102	-13,5
0	0	0	0
2,43E-05	0,9	6,13E-05	0,81
0,0001	1,5	0,00024	1,35
0,00015	1,5	0,00031	1,35
B50			
-0,0035	-27,5	-0,0048	-24,75
-0,002	-27,5	-0,0034	-24,75
-0,00043	-16,5	-0,00102	-14,85
0	0	0 0	0
2,53E-05	0,96	5,91E-05	0,864
0,0001	1,6	0,00024	1,44
0,00015	1,6	0,00031	1,44
B55			
-0,0035	-30	-0,0048	-27
-0,002	-30	-0,0034	-27
-0,00046	-18	-0,00104	-16,2
0	0	0	0
2,62E-05	1,02	5,88E-05	0,918
0,0001	1,7	0,00024	1,53
0,00015	1,7	0,00031	1,53
B60			
-0,0035	-33	-0,0048	-29,7
-0,002	-33	-0,0034	-29,7
-0,0005	-19,8	-0,00108	-17,82
0	0	0	0
2,73E-05	1,08	5,91E-05	0,972
0,0001	1,8	0,00024	1,62
0,00015	1,8	0,00031	1,62

Влажность ниже 40%

для конструкций высотой менее 1,5м

Кратковременное		Длительное	
B10			
-0,0035	-6	-0,0056	-5,4
-0,002	-6	-0,004	-5,4
-0,00019	-3,6	-0,00113	-3,24
0	0	0	0
1,77E-05	0,336	0,000105	0,3024
0,0001	0,56	0,00028	0,504
0,00015	0,56	0,00036	0,504
B15			
-0,0035	-8,5	-0,0056	-7,65
-0,002	-8,5	-0,004	-7,65
-0,00021	-5,1	-0,00111	-4,59
0	0	0	0
1,88E-05	0,45	9,79E-05	0,405
0,0001	0,75	0,00028	0,675
0,00015	0,75	0,00036	0,675
B20			
-0,0035	-11,5	-0,0056	-10,35
-0,002	-11,5	-0,004	-10,35
-0,00025	-6,9	-0,00113	-6,21
0	0	0	0
1,96E-05	0,54	8,84E-05	0,486
0,0001	0,9	0,00028	0,81
0,00015	0,9	0,00036	0,81
B25			
-0,0035	-14,5	-0,0056	-13,05
-0,002	-14,5	-0,004	-13,05
-0,00029	-8,7	-0,0012	-7,83
0	0	0	0
0,000021	0,63	8,69E-05	0,567
0,0001	1,05	0,00028	0,945
0,00015	1,05	0,00036	0,945
B30			
-0,0035	-17	-0,0056	-15,3
-0,002	-17	-0,004	-15,3
-0,00031	-10,2	-0,00119	-9,18
0	0	0	0
2,12E-05	0,69	8,03E-05	0,621
0,0001	1,15	0,00028	1,035
0,00015	1,15	0,00036	1,035
B35			
-0,0035	-19,5	-0,0056	-17,55
-0,002	-19,5	-0,004	-17,55
-0,00034	-11,7	-0,00122	-10,53
0	0	0	0
2,26E-05	0,78	8,14E-05	0,702
0,0001	1,3	0,00028	1,17
0,00015	1,3	0,00036	1,17

Влажность ниже 40%

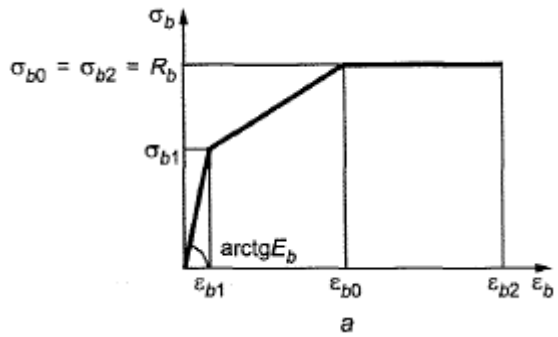
для конструкций высотой менее 1,5м

Кратковременное		Длительное	
B40			
-0,0035	-22	-0,0056	-19,8
-0,002	-22	-0,004	-19,8
-0,00037	-13,2	-0,00125	-11,88
0	0	0	0
2,33E-05	0,84	7,98E-05	0,756
0,0001	1,4	0,00028	1,26
0,00015	1,4	0,00036	1,26
B45			
-0,0035	-25	-0,0056	-22,5
-0,002	-25	-0,004	-22,5
-0,00041	-15	-0,00131	-13,5
0	0	0	0
2,43E-05	0,9	7,88E-05	0,81
0,0001	1,5	0,00028	1,35
0,00015	1,5	0,00036	1,35
B50			
-0,0035	-27,5	-0,0056	-24,75
-0,002	-27,5	-0,004	-24,75
-0,00043	-16,5	-0,00133	-14,85
0	0	0	0
2,53E-05	0,96	7,73E-05	0,864
0,0001	1,6	0,00028	1,44
0,00015	1,6	0,00036	1,44
B55			
-0,0035	-30	-0,0056	-27
-0,002	-30	-0,004	-27
-0,00046	-18	-0,00133	-16,2
0	0	0	0
2,62E-05	1,02	7,53E-05	0,918
0,0001	1,7	0,00028	1,53
0,00015	1,7	0,00036	1,53
B60			
-0,0035	-33	-0,0056	-29,7
-0,002	-33	-0,004	-29,7
-0,0005	-19,8	-0,00135	-17,82
0	0	0	0
2,73E-05	1,08	7,38E-05	0,972
0,0001	1,8	0,00028	1,62
0,00015	1,8	0,00036	1,62

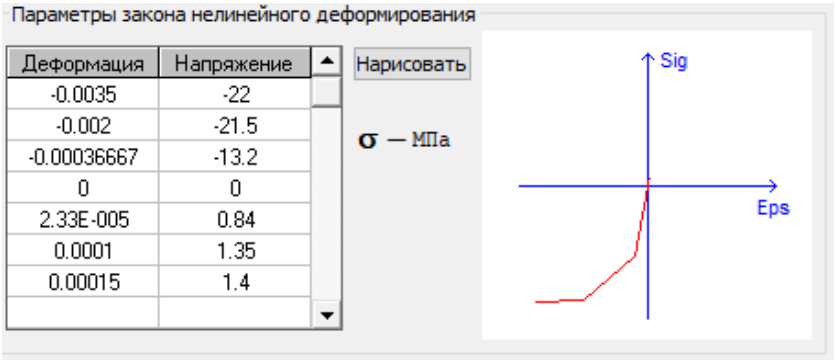
Приложение В. Нормативные диаграммы деформирования бетона для конструкций высотой более 1,5м (колонны, пилоны, толстые фундаментные плиты)

Инструкция по использованию диаграмм.

1. Точки диаграммы определены по трехлинейной зависимости



2. Программа не всегда адекватно может воспринять горизонтальные участки в диаграмме. Поскольку в СП приводится горизонтальный участок диаграммы (участок между ε_{b0} и ε_{b2}), то для программного комплекса напряжение в точке, соответствующее ε_{b0} нужно немного понизить (на 3....5 %) с целью возможности восприятия программой.



3. Размерность напряжений в таблицах далее приведена в МПа.

Влажность выше 75%

для конструкций высотой более 1,5м

Кратковременное		Длительное	
B10			
-0,0035	-6,375	-0,0042	-5,7375
-0,002	-6,375	-0,003	-5,7375
-0,0002	-3,825	-0,0006885	-3,4425
0	0	0	0
2,68E-05	0,51	0,0000918	0,459
1,00E-04	0,85	0,00021	0,765
0,00015	0,85	0,00027	0,765
B15			
-0,0035	-9,35	-0,0042	-8,415
-0,002	-9,35	-0,003	-8,415
-0,00023	-5,61	-0,0007153	-5,049
0	0	0	0
2,75E-05	0,66	0,00008415	0,594
1,00E-04	1,1	0,00021	0,99
0,00015	1,1	0,00027	0,99
B20			
-0,0035	-12,75	-0,0042	-11,475
-0,002	-12,75	-0,003	-11,475
-0,00028	-7,65	-0,0007511	-6,885
0	0	0	0
2,95E-05	0,81	7,9527E-05	0,729
1,00E-04	1,35	0,00021	1,215
0,00015	1,35	0,00027	1,215
B25			
-0,0035	-15,725	-0,0042	-14,1525
-0,002	-15,725	-0,003	-14,1525
-0,00031	-9,435	-0,0007925	-8,4915
0	0	0	0
3,10E-05	0,93	0,00007812	0,837
1,00E-04	1,55	0,00021	1,395
0,00015	1,55	0,00027	1,395
B30			
-0,0035	-18,7	-0,0042	-16,83
-0,002	-18,7	-0,003	-16,83
-0,00035	-11,22	-0,0008078	-10,098
0	0	0	0
3,23E-05	1,05	0,0000756	0,945
1,00E-04	1,75	0,00021	1,575
0,00015	1,75	0,00027	1,575
B35			
-0,0035	-21,675	-0,0042	-19,5075
-0,002	-21,675	-0,003	-19,5075
-0,00038	-13,005	-0,0008482	-11,7045
0	0	0	0
3,39E-05	1,17	7,6304E-05	1,053
1,00E-04	1,95	0,00021	1,755
0,00015	1,95	0,00027	1,755

Влажность выше 75%

для конструкций высотой более 1,5м

Кратковременное		Длительное	
B40			
-0,0035	-24,65	-0,0042	-22,185
-0,002	-24,65	-0,003	-22,185
-0,00041	-14,79	-0,0008874	-13,311
0	0	0	0
3,50E-05	1,26	0,0000756	1,134
1,00E-04	2,1	0,00021	1,89
0,00015	2,1	0,00027	1,89
B45			
-0,0035	-27,2	-0,0042	-24,48
-0,002	-27,2	-0,003	-24,48
-0,00044	-16,32	-0,000913	-14,688
0	0	0	0
3,65E-05	1,35	7,5527E-05	1,215
1,00E-04	2,25	0,00021	2,025
0,00015	2,25	0,00027	2,025
B50			
-0,0035	-30,6	-0,0042	-27,54
-0,002	-30,6	-0,003	-27,54
-0,00048	-18,36	-0,0009567	-16,524
0	0	0	0
3,87E-05	1,47	7,6595E-05	1,323
1,00E-04	2,45	0,00021	2,205
0,00015	2,45	0,00027	2,205
B55			
-0,0035	-33,575	-0,0042	-30,2175
-0,002	-33,575	-0,003	-30,2175
-0,00052	-20,145	-0,0009763	-18,1305
0	0	0	0
4,00E-05	1,56	0,0000756	1,404
1,00E-04	2,6	0,00021	2,34
0,00015	2,6	0,00027	2,34
B60			
-0,0035	-36,55	-0,0042	-32,895
-0,002	-36,55	-0,003	-32,895
-0,00056	-21,93	-0,0009993	-19,737
0	0	0	0
4,18E-05	1,65	7,519E-05	1,485
1,00E-04	2,75	0,00021	2,475
0,00015	2,75	0,00027	2,475

Влажность от 40 до 75%

для конструкций высотой более 1,5м

Кратковременное		Длительное	
B10			
-0,0035	-6,375	-0,0048	-5,7375
-0,002	-6,375	-0,0034	-5,7375
-0,0002	-3,825	-0,00089	-3,4425
0	0	0	0
2,68E-05	0,51	0,000118	0,459
1,00E-04	0,85	0,00024	0,765
0,00015	0,85	0,00031	0,765
B15			
-0,0035	-9,35	-0,0048	-8,415
-0,002	-9,35	-0,0034	-8,415
-0,00023	-5,61	-0,00093	-5,049
0	0	0	0
2,75E-05	0,66	0,000109	0,594
1,00E-04	1,1	0,00024	0,99
0,00015	1,1	0,00031	0,99
B20			
-0,0035	-12,75	-0,0048	-11,475
-0,002	-12,75	-0,0034	-11,475
-0,00028	-7,65	-0,00095	-6,885
0	0	0	0
2,95E-05	0,81	0,000101	0,729
1,00E-04	1,35	0,00024	1,215
0,00015	1,35	0,00031	1,215
B25			
-0,0035	-15,725	-0,0048	-14,1525
-0,002	-15,725	-0,0034	-14,1525
-0,00031	-9,435	-0,00099	-8,4915
0	0	0	0
3,10E-05	0,93	9,77E-05	0,837
1,00E-04	1,55	0,00024	1,395
0,00015	1,55	0,00031	1,395
B30			
-0,0035	-18,7	-0,0048	-16,83
-0,002	-18,7	-0,0034	-16,83
-0,00035	-11,22	-0,00103	-10,098
0	0	0	0
3,23E-05	1,05	9,6E-05	0,945
1,00E-04	1,75	0,00024	1,575
0,00015	1,75	0,00031	1,575
B35			
-0,0035	-21,675	-0,0048	-19,5075
-0,002	-21,675	-0,0034	-19,5075
-0,00038	-13,005	-0,00105	-11,7045
0	0	0	0
3,39E-05	1,17	9,46E-05	1,053
1,00E-04	1,95	0,00024	1,755
0,00015	1,95	0,00031	1,755

Влажность от 40 до 75%

для конструкций высотой более 1,5м

Кратковременное		Длительное	
B40			
-0,0035	-24,65	-0,0048	-22,185
-0,002	-24,65	-0,0034	-22,185
-0,00041	-14,79	-0,00107	-13,311
0	0	0	0
3,50E-05	1,26	9,14E-05	1,134
1,00E-04	2,1	0,00024	1,89
0,00015	2,1	0,00031	1,89
B45			
-0,0035	-27,2	-0,0048	-24,48
-0,002	-27,2	-0,0034	-24,48
-0,00044	-16,32	-0,00111	-14,688
0	0	0	0
3,65E-05	1,35	9,19E-05	1,215
1,00E-04	2,25	0,00024	2,025
0,00015	2,25	0,00031	2,025
B50			
-0,0035	-30,6	-0,0048	-27,54
-0,002	-30,6	-0,0034	-27,54
-0,00048	-18,36	-0,00113	-16,524
0	0	0	0
3,87E-05	1,47	9,05E-05	1,323
1,00E-04	2,45	0,00024	2,205
0,00015	2,45	0,00031	2,205
B55			
-0,0035	-33,575	-0,0048	-30,2175
-0,002	-33,575	-0,0034	-30,2175
-0,00052	-20,145	-0,00116	-18,1305
0	0	0	0
4,00E-05	1,56	0,00009	1,404
1,00E-04	2,6	0,00024	2,34
0,00015	2,6	0,00031	2,34
B60			
-0,0035	-36,55	-0,0048	-32,895
-0,002	-36,55	-0,0034	-32,895
-0,00056	-21,93	-0,0012	-19,737
0	0	0	0
4,18E-05	1,65	9,02E-05	1,485
1,00E-04	2,75	0,00024	2,475
0,00015	2,75	0,00031	2,475

Влажность ниже 40%

для конструкций высотой более 1,5м

Кратковременное		Длительное	
B10			
-0,0035	-6,375	-0,0056	-5,7375
-0,002	-6,375	-0,004	-5,7375
-0,0002	-3,825	-0,0012	-3,4425
0	0	0	0
2,68E-05	0,51	0,000159	0,459
1,00E-04	0,85	0,00028	0,765
0,00015	0,85	0,00036	0,765
B15			
-0,0035	-9,35	-0,0056	-8,415
-0,002	-9,35	-0,004	-8,415
-0,00023	-5,61	-0,00122	-5,049
0	0	0	0
2,75E-05	0,66	0,000144	0,594
1,00E-04	1,1	0,00028	0,99
0,00015	1,1	0,00036	0,99
B20			
-0,0035	-12,75	-0,0056	-11,475
-0,002	-12,75	-0,004	-11,475
-0,00028	-7,65	-0,00125	-6,885
0	0	0	0
2,95E-05	0,81	0,000133	0,729
1,00E-04	1,35	0,00028	1,215
0,00015	1,35	0,00036	1,215
B25			
-0,0035	-15,725	-0,0056	-14,1525
-0,002	-15,725	-0,004	-14,1525
-0,00031	-9,435	-0,0013	-8,4915
0	0	0	0
3,10E-05	0,93	0,000128	0,837
1,00E-04	1,55	0,00028	1,395
0,00015	1,55	0,00036	1,395
B30			
-0,0035	-18,7	-0,0056	-16,83
-0,002	-18,7	-0,004	-16,83
-0,00035	-11,22	-0,0013	-10,098
0	0	0	0
3,23E-05	1,05	0,000122	0,945
1,00E-04	1,75	0,00028	1,575
0,00015	1,75	0,00036	1,575
B35			
-0,0035	-21,675	-0,0056	-19,5075
-0,002	-21,675	-0,004	-19,5075
-0,00038	-13,005	-0,00136	-11,7045
0	0	0	0
3,39E-05	1,17	0,000122	1,053
1,00E-04	1,95	0,00028	1,755
0,00015	1,95	0,00036	1,755

Влажность ниже 40%

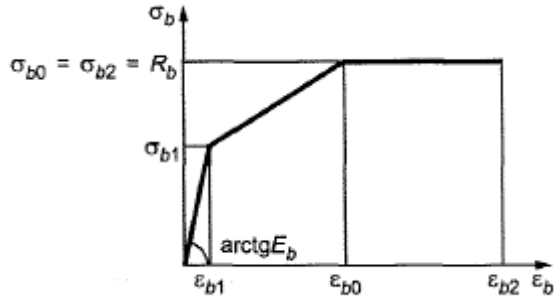
для конструкций высотой более 1,5м

Кратковременное		Длительное	
B40			
-0,0035	-24,65	-0,0056	-22,185
-0,002	-24,65	-0,004	-22,185
-0,00041	-14,79	-0,00141	-13,311
0	0	0	0
3,50E-05	1,26	0,00012	1,134
1,00E-04	2,1	0,00028	1,89
0,00015	2,1	0,00036	1,89
B45			
-0,0035	-27,2	-0,0056	-24,48
-0,002	-27,2	-0,004	-24,48
-0,00044	-16,32	-0,00143	-14,688
0	0	0	0
3,65E-05	1,35	0,000118	1,215
1,00E-04	2,25	0,00028	2,025
0,00015	2,25	0,00036	2,025
B50			
-0,0035	-30,6	-0,0056	-27,54
-0,002	-30,6	-0,004	-27,54
-0,00048	-18,36	-0,00148	-16,524
0	0	0	0
3,87E-05	1,47	0,000118	1,323
1,00E-04	2,45	0,00028	2,205
0,00015	2,45	0,00036	2,205
B55			
-0,0035	-33,575	-0,0056	-30,2175
-0,002	-33,575	-0,004	-30,2175
-0,00052	-20,145	-0,00149	-18,1305
0	0	0	0
4,00E-05	1,56	0,000115	1,404
1,00E-04	2,6	0,00028	2,34
0,00015	2,6	0,00036	2,34
B60			
-0,0035	-36,55	-0,0056	-32,895
-0,002	-36,55	-0,004	-32,895
-0,00056	-21,93	-0,0015	-19,737
0	0	0	0
4,18E-05	1,65	0,000113	1,485
1,00E-04	2,75	0,00028	2,475
0,00015	2,75	0,00036	2,475

Приложение Г. Нормативные диаграммы деформирования бетона для конструкций высотой менее 1,5м (плиты перекрытия, балки, лестничные площадки)

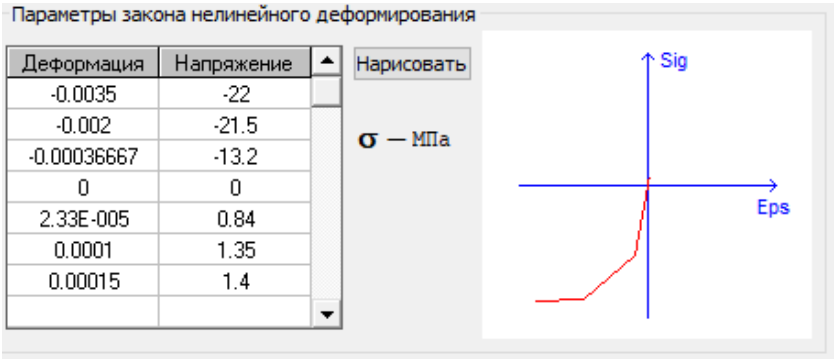
Инструкция по использованию диаграмм.

1. Точки диаграммы определены по трехлинейной зависимости



а

2. Программа не всегда адекватно может воспринять горизонтальные участки в диаграмме. Поскольку в СП приводится горизонтальный участок диаграммы (участок между ε_{b0} и ε_{b2}), то для программного комплекса напряжение в точке, соответствующее ε_{b0} нужно немного понизить (на 3….5 %) с целью возможности восприятия программой.



3. Размерность напряжений в таблицах далее приведена в МПа.

Влажность выше 75%

для конструкций высотой менее 1,5м

Кратковременное		Длительное	
B10			
-0,0035	-7,5	-0,0042	-6,75
-0,002	-7,5	-0,003	-6,75
-0,000236842	-4,5	-0,00081	-4,05
0	0	0	0
2,68E-05	0,51	0,0000918	0,459
1,00E-04	0,85	0,00021	0,765
0,00015	0,85	0,00027	0,765
B15			
-0,0035	-11	-0,0042	-9,9
-0,002	-11	-0,003	-9,9
-0,000275	-6,6	-0,000842	-5,94
0	0	0	0
2,75E-05	0,66	8,415E-05	0,594
1,00E-04	1,1	0,00021	0,99
0,00015	1,1	0,00027	0,99
B20			
-0,0035	-15	-0,0042	-13,5
-0,002	-15	-0,003	-13,5
-0,000327273	-9	-0,000884	-8,1
0	0	0	0
2,95E-05	0,81	7,953E-05	0,729
1,00E-04	1,35	0,00021	1,215
0,00015	1,35	0,00027	1,215
B25			
-0,0035	-18,5	-0,0042	-16,65
-0,002	-18,5	-0,003	-16,65
-0,00037	-11,1	-0,000932	-9,99
0	0	0	0
3,10E-05	0,93	7,812E-05	0,837
1,00E-04	1,55	0,00021	1,395
0,00015	1,55	0,00027	1,395
B30			
-0,0035	-22	-0,0042	-19,8
-0,002	-22	-0,003	-19,8
-0,000406154	-13,2	-0,00095	-11,88
0	0	0	0
3,23E-05	1,05	0,0000756	0,945
1,00E-04	1,75	0,00021	1,575
0,00015	1,75	0,00027	1,575
B35			
-0,0035	-25,5	-0,0042	-22,95
-0,002	-25,5	-0,003	-22,95
-0,000443478	-15,3	-0,000998	-13,77
0	0	0	0
3,39E-05	1,17	7,63E-05	1,053
1,00E-04	1,95	0,00021	1,755
0,00015	1,95	0,00027	1,755

Влажность выше 75%

для конструкций высотой менее 1,5м

Кратковременное		Длительное	
B40			
-0,0035	-29	-0,0042	-26,1
-0,002	-29	-0,003	-26,1
-0,000483333	-17,4	-0,001044	-15,66
0	0	0	0
3,50E-05	1,26	0,0000756	1,134
1,00E-04	2,1	0,00021	1,89
0,00015	2,1	0,00027	1,89
B45			
-0,0035	-32	-0,0042	-28,8
-0,002	-32	-0,003	-28,8
-0,000518919	-19,2	-0,001074	-17,28
0	0	0	0
3,65E-05	1,35	7,553E-05	1,215
1,00E-04	2,25	0,00021	2,025
0,00015	2,25	0,00027	2,025
B50			
-0,0035	-36	-0,0042	-32,4
-0,002	-36	-0,003	-32,4
-0,000568421	-21,6	-0,001125	-19,44
0	0	0	0
3,87E-05	1,47	7,659E-05	1,323
1,00E-04	2,45	0,00021	2,205
0,00015	2,45	0,00027	2,205
B55			
-0,0035	-39,5	-0,0042	-35,55
-0,002	-39,5	-0,003	-35,55
-0,000607692	-23,7	-0,001149	-21,33
0	0	0	0
4,00E-05	1,56	0,0000756	1,404
1,00E-04	2,6	0,00021	2,34
0,00015	2,6	0,00027	2,34
B60			
-0,0035	-43	-0,0042	-38,7
-0,002	-43	-0,003	-38,7
-0,000653165	-25,8	-0,001176	-23,22
0	0	0	0
4,18E-05	1,65	7,519E-05	1,485
1,00E-04	2,75	0,00021	2,475
0,00015	2,75	0,00027	2,475

Влажность от 40 до 75%

для конструкций высотой менее 1,5м

Кратковременное		Длительное	
B10			
-0,0035	-7,5	-0,0048	-6,75
-0,002	-7,5	-0,0034	-6,75
-0,00024	-4,5	-0,00104	-4,05
0	0	0	0
2,68E-05	0,51	0,000118	0,459
1,00E-04	0,85	0,00024	0,765
0,00015	0,85	0,00031	0,765
B15			
-0,0035	-11	-0,0048	-9,9
-0,002	-11	-0,0034	-9,9
-0,00028	-6,6	-0,00109	-5,94
0	0	0	0
2,75E-05	0,66	0,000109	0,594
1,00E-04	1,1	0,00024	0,99
0,00015	1,1	0,00031	0,99
B20			
-0,0035	-15	-0,0048	-13,5
-0,002	-15	-0,0034	-13,5
-0,00033	-9	-0,00112	-8,1
0	0	0	0
2,95E-05	0,81	0,000101	0,729
1,00E-04	1,35	0,00024	1,215
0,00015	1,35	0,00031	1,215
B25			
-0,0035	-18,5	-0,0048	-16,65
-0,002	-18,5	-0,0034	-16,65
-0,00037	-11,1	-0,00117	-9,99
0	0	0	0
3,10E-05	0,93	9,77E-05	0,837
1,00E-04	1,55	0,00024	1,395
0,00015	1,55	0,00031	1,395
B30			
-0,0035	-22	-0,0048	-19,8
-0,002	-22	-0,0034	-19,8
-0,00041	-13,2	-0,00121	-11,88
0	0	0	0
3,23E-05	1,05	9,6E-05	0,945
1,00E-04	1,75	0,00024	1,575
0,00015	1,75	0,00031	1,575
B35			
-0,0035	-25,5	-0,0048	-22,95
-0,002	-25,5	-0,0034	-22,95
-0,00044	-15,3	-0,00124	-13,77
0	0	0	0
3,39E-05	1,17	9,46E-05	1,053
1,00E-04	1,95	0,00024	1,755
0,00015	1,95	0,00031	1,755

Влажность от 40 до 75%

для конструкций высотой менее 1,5м

Кратковременное		Длительное	
B40			
-0,0035	-29	-0,0048	-26,1
-0,002	-29	-0,0034	-26,1
-0,00048	-17,4	-0,00126	-15,66
0	0	0	0
3,50E-05	1,26	9,14E-05	1,134
1,00E-04	2,1	0,00024	1,89
0,00015	2,1	0,00031	1,89
B45			
-0,0035	-32	-0,0048	-28,8
-0,002	-32	-0,0034	-28,8
-0,00052	-19,2	-0,00131	-17,28
0	0	0	0
3,65E-05	1,35	9,19E-05	1,215
1,00E-04	2,25	0,00024	2,025
0,00015	2,25	0,00031	2,025
B50			
-0,0035	-36	-0,0048	-32,4
-0,002	-36	-0,0034	-32,4
-0,00057	-21,6	-0,00133	-19,44
0	0	0	0
3,87E-05	1,47	9,05E-05	1,323
1,00E-04	2,45	0,00024	2,205
0,00015	2,45	0,00031	2,205
B55			
-0,0035	-39,5	-0,0048	-35,55
-0,002	-39,5	-0,0034	-35,55
-0,00061	-23,7	-0,00137	-21,33
0	0	0	0
4,00E-05	1,56	0,00009	1,404
1,00E-04	2,6	0,00024	2,34
0,00015	2,6	0,00031	2,34
B60			
-0,0035	-43	-0,0048	-38,7
-0,002	-43	-0,0034	-38,7
-0,00065	-25,8	-0,00141	-23,22
0	0	0	0
4,18E-05	1,65	9,02E-05	1,485
1,00E-04	2,75	0,00024	2,475
0,00015	2,75	0,00031	2,475

Влажность ниже 40%

для конструкций высотой менее 1,5м

Кратковременное		Длительное	
B10			
-0,0035	-7,5	-0,0056	-6,75
-0,002	-7,5	-0,004	-6,75
-0,00024	-4,5	-0,00141	-4,05
0	0	0	0
2,68E-05	0,51	0,000159	0,459
1,00E-04	0,85	0,00028	0,765
0,00015	0,85	0,00036	0,765
B15			
-0,0035	-11	-0,0056	-9,9
-0,002	-11	-0,004	-9,9
-0,00028	-6,6	-0,00144	-5,94
0	0	0	0
2,75E-05	0,66	0,000144	0,594
1,00E-04	1,1	0,00028	0,99
0,00015	1,1	0,00036	0,99
B20			
-0,0035	-15	-0,0056	-13,5
-0,002	-15	-0,004	-13,5
-0,00033	-9	-0,00147	-8,1
0	0	0	0
2,95E-05	0,81	0,000133	0,729
1,00E-04	1,35	0,00028	1,215
0,00015	1,35	0,00036	1,215
B25			
-0,0035	-18,5	-0,0056	-16,65
-0,002	-18,5	-0,004	-16,65
-0,00037	-11,1	-0,00153	-9,99
0	0	0	0
3,10E-05	0,93	0,000128	0,837
1,00E-04	1,55	0,00028	1,395
0,00015	1,55	0,00036	1,395
B30			
-0,0035	-22	-0,0056	-19,8
-0,002	-22	-0,004	-19,8
-0,00041	-13,2	-0,00154	-11,88
0	0	0	0
3,23E-05	1,05	0,000122	0,945
1,00E-04	1,75	0,00028	1,575
0,00015	1,75	0,00036	1,575
B35			
-0,0035	-25,5	-0,0056	-22,95
-0,002	-25,5	-0,004	-22,95
-0,00044	-15,3	-0,0016	-13,77
0	0	0	0
3,39E-05	1,17	0,000122	1,053
1,00E-04	1,95	0,00028	1,755
0,00015	1,95	0,00036	1,755

Влажность ниже 40%

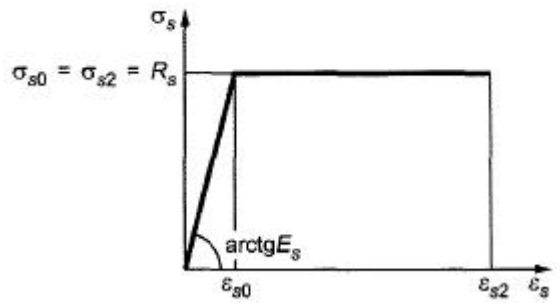
для конструкций высотой менее 1,5м

Кратковременное		Длительное	
B40			
-0,0035	-29	-0,0056	-26,1
-0,002	-29	-0,004	-26,1
-0,00048	-17,4	-0,00165	-15,66
0	0	0	0
3,50E-05	1,26	0,00012	1,134
1,00E-04	2,1	0,00028	1,89
0,00015	2,1	0,00036	1,89
B45			
-0,0035	-32	-0,0056	-28,8
-0,002	-32	-0,004	-28,8
-0,00052	-19,2	-0,00168	-17,28
0	0	0	0
3,65E-05	1,35	0,000118	1,215
1,00E-04	2,25	0,00028	2,025
0,00015	2,25	0,00036	2,025
B50			
-0,0035	-36	-0,0056	-32,4
-0,002	-36	-0,004	-32,4
-0,00057	-21,6	-0,00174	-19,44
0	0	0	0
3,87E-05	1,47	0,000118	1,323
1,00E-04	2,45	0,00028	2,205
0,00015	2,45	0,00036	2,205
B55			
-0,0035	-39,5	-0,0056	-35,55
-0,002	-39,5	-0,004	-35,55
-0,00061	-23,7	-0,00175	-21,33
0	0	0	0
4,00E-05	1,56	0,000115	1,404
1,00E-04	2,6	0,00028	2,34
0,00015	2,6	0,00036	2,34
B60			
-0,0035	-43	-0,0056	-38,7
-0,002	-43	-0,004	-38,7
-0,00065	-25,8	-0,00176	-23,22
0	0	0	0
4,18E-05	1,65	0,000113	1,485
1,00E-04	2,75	0,00028	2,475
0,00015	2,75	0,00036	2,475

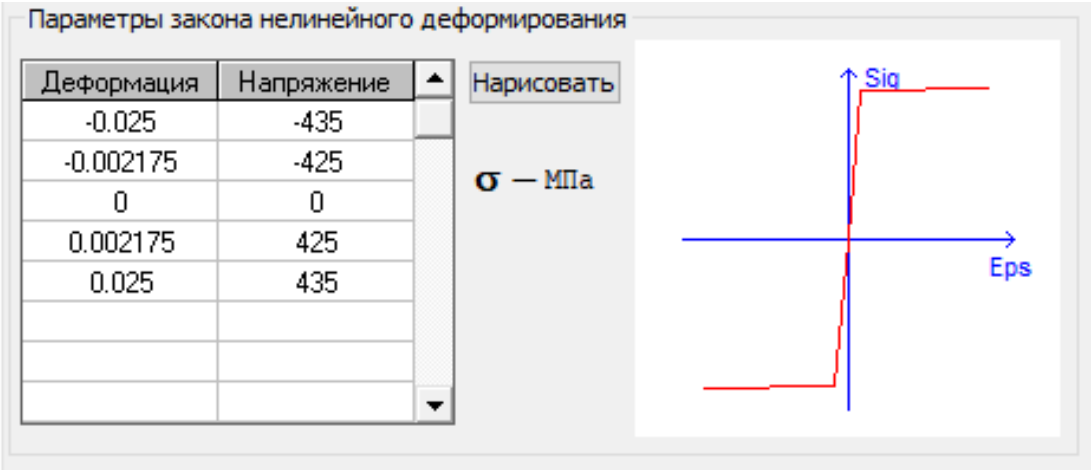
Приложение Д. Расчетные диаграммы деформирования арматуры

Инструкция по использованию диаграмм.

1. Точки диаграммы определены по двухлинейной зависимости



2. Программа не всегда адекватно может воспринять горизонтальные участки в диаграмме. Поскольку в СП приводится горизонтальный участок диаграммы (участок между ε_{b0} и ε_{b2}), то для программного комплекса напряжение в точке, соответствующее ε_{b0} нужно немного понизить (на 3....5 %) с целью возможности восприятия программой.



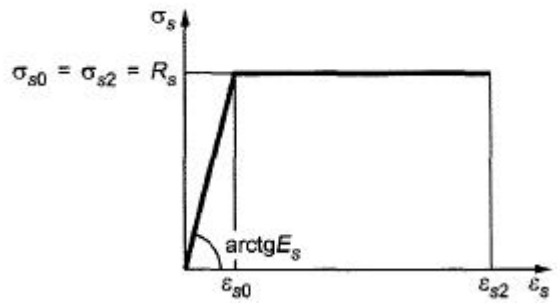
3. Размерность напряжений в таблицах далее приведена в МПа.

Кратковременное		Длительное	
A500			
-0,025	-400	-0,025	-435
-0,002	-400	-0,002175	-435
0	0	0	0
0,002175	435	0,002175	435
0,025	435	0,025	435
A400			
-0,025	-340	-0,025	-340
-0,0017	-340	-0,0017	-340
0	0	0	0
0,0017	340	0,0017	340
0,025	340	0,025	340
A300			
-0,025	-270	-0,025	-270
-0,00135	-270	-0,00135	-270
0	0	0	0
0,00135	270	0,00135	270
0,025	270	0,025	270
A240			
-0,025	-210	-0,025	-210
-0,00105	-210	-0,00105	-210
0	0	0	0
0,00105	210	0,00105	210
0,025	210	0,025	210
B500			
-0,025	-380	-0,025	-415
-0,0019	-380	-0,002075	-415
0	0	0	0
0,002075	415	0,002075	415
0,025	415	0,025	415

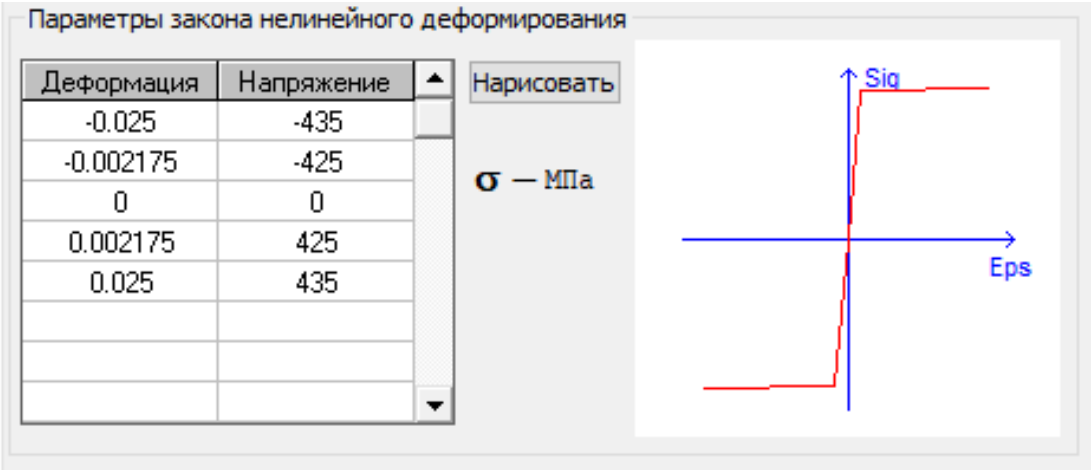
Приложение Е. Нормативные диаграммы деформирования арматуры

Инструкция по использованию диаграмм.

1. Точки диаграммы определены по двухлинейной зависимости



2. Программа не всегда адекватно может воспринять горизонтальные участки в диаграмме. Поскольку в СП приводится горизонтальный участок диаграммы (участок между ε_{b0} и ε_{b2}), то для программного комплекса напряжение в точке, соответствующее ε_{b0} нужно немного понизить (на 3....5 %) с целью возможности восприятия программой.



3. Размерность напряжений в таблицах далее приведена в МПа.

Кратковременное		Длительное	
A500			
-0,025	-400	-0,025	-435
-0,002	-400	-0,002175	-435
0	0	0	0
0,0025	500	0,0025	500
0,025	500	0,025	500
A400			
-0,025	-390	-0,025	-390
-0,00195	-390	-0,00195	-390
0	0	0	0
0,00195	390	0,00195	390
0,025	390	0,025	390
A300			
-0,025	-300	-0,025	-300
-0,0015	-300	-0,0015	-300
0	0	0	0
0,0015	300	0,0015	300
0,025	300	0,025	300
A240			
-0,025	-240	-0,025	-240
-0,0012	-240	-0,0012	-240
0	0	0	0
0,0012	240	0,0012	240
0,025	240	0,025	240
B500			
-0,025	-380	-0,025	-415
-0,0019	-380	-0,002075	-415
0	0	0	0
0,0025	500	0,0025	500
0,025	500	0,025	500