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 2

ПОСТРОЕНИЕ ГЕОМЕТРИИ РАСЧЕТНОЙ МОДЕЛИ И НАЗНАЧЕНИЕ ЖЕСТКОСТЕЙ ЭЛЕМЕНТОВ

ISBN 978-5-6054300-2-5

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

ISBN 978-5-6054300-2-5 (ч.2)

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 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.	Основные принципы моделирования и сопряжения элементов	7
2.	Пошаговый пример создания геометрии и назначения жесткостей	28
Шаг 1	Создание новой модели	29
Шаг 2	Настройка вида	30
Шаг 3	Создание осей	30
Шаг 4	Создание ключевых узлов	34
Шаг 5	Создание узлов сопряжения вертикальных конструкций и плит	42
Шаг 6	Создание плит	45
Шаг 7	Упаковка схемы	49
Шаг 8	Создание колонн	50
Шаг 9	Создание стен	52
Шаг 10	Создание балок	55
Шаг 11	Создание лестничных площадок и маршей	58
Шаг 11.1	Создание лестничных площадок	59
Шаг 11.2	Создание лестничных маршей	64
Шаг 12	Создание отверстий в плитах	66
Шаг 13	Создание отверстий в стенах	68
Шаг 14	Исправление сингулярностей	71
Шаг 15	Фильтры выбора. Создание блоков и фрагментация	78
Шаг 16	Согласование местных осей плит, лестничных площадок и маршей	79
Шаг 17	Согласование местных осей стен	85
Шаг 18	Согласование местных осей колонн	88
Шаг 19	Согласование местных осей балок	91
Шаг 20	Удаление ненужных фиктивных элементов	93
Шаг 21	Назначение жесткостей элементов	94
Шаг 22	Просмотр информации об элементах. Копирование свойств элементов	102
Шаг 23	Типы конечных элементов	103
Шаг 24	Копирование этажей	106
Шаг 25	Правки по верхнему этажу	108
Шаг 26	Правки по нижним этажам	115
Шаг 27	Первый запуск на расчет. Оценка возможности работы со схемой	129
Шаг 28	Создание фиктивных элементов	133
	Библиография	135
	Приложение А. Графическая часть	138
	Приложение Б. Определение жесткости монолитной плиты по профнастилу. Оси ортотропии	144

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.

ПКМ – правая кнопка мыши;

ЛКМ – левая кнопка мыши;

КЭ – конечный элемент.

1. Основные принципы моделирования и сопряжения элементов

Справочная таблица 1. Основные элементы для построения схем монолитных железобетонных зданий (достаточный для выполнения задач справочника задач)

Элемент	Иллюстрация		Применение
Узел			Узел – это первичный элемент с которого начинается построение КЭ.
Стержневой КЭ		Узел Моделируемый элемент (балка, колонна, свая) Конечный элемент Узел	Моделирование: -колонн; -балок; -свай (совместно с одноузловыми КЭ).
Пластинчатый КЭ		Узел Моделируемый элемент (стена, плита) Узел Конечный элемент	Моделирование: -плит; -стен. Предпочтительнее использовать прямоугольную сетку КЭ.
Одноузловые КЭ			Моделирование: -сваи (совместно со стержневыми КЭ); -контакт(трение) фундаментной плиты с грунтом.

КЭ – конечный элемент.

Справочная таблица 2. Разбивка на конечные элементы

Конструктивный элемент	Моделирование пластинами		Моделирование стержнем
	Количество КЭ элементов по первой стороне	Количество КЭ по второй стороне	Количество КЭ элементов по длине
Колонна, свая	С шагом 0,2-0,4м и не менее трех по ширине	С шагом 0,2-0,4м и не менее трех по высоте	Для линейной постановки : минимум один – от перекрытия до перекрытия Для нелинейной постановки (с учетом физической и/или геометрической нелинейности): с шагом 0,2-0,4м
Балка	С шагом 0,2-0,4м и не менее шести вдоль пролета балки	С шагом 0,2-0,4м и не менее четырех по высоте балки	С шагом 0,2-0,4м и не менее шести вдоль пролета балки. Шаг КЭ должен совпадать с шагом КЭ плиты.
Стена	С шагом 0,2-0,4м и не менее трех по ширине	С шагом 0,2-0,4м и не менее трех по высоте	-
Плита	С шагом 0,2-0,4м и не менее шести вдоль первого пролета плиты	С шагом 0,2-0,4м и не менее шести вдоль первого пролета плиты	-

Для жесткого сопряжения элементов во многих случаях используются абсолютно-жесткие тела (АЖТ) и жесткие вставки..

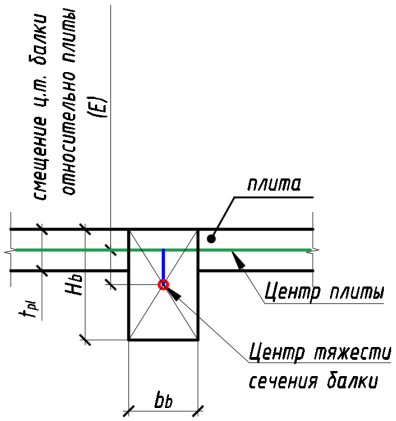
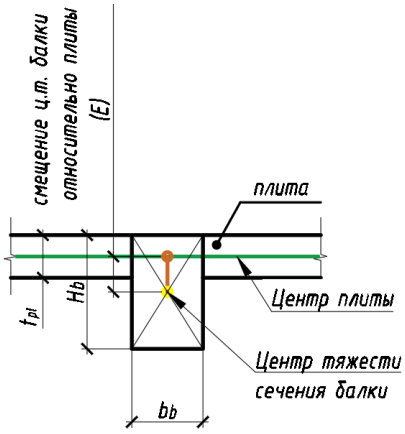
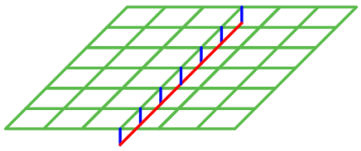
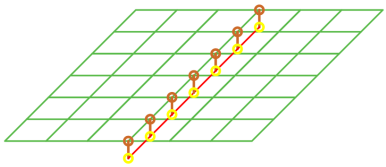
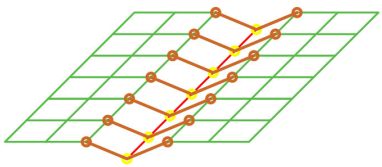
АЖТ необходимы для:

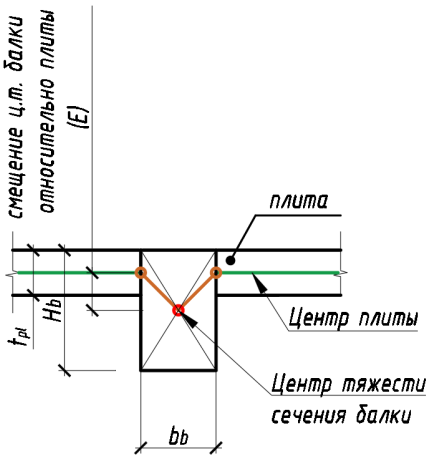
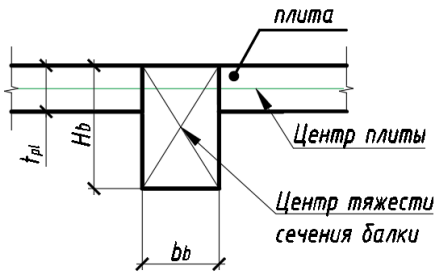
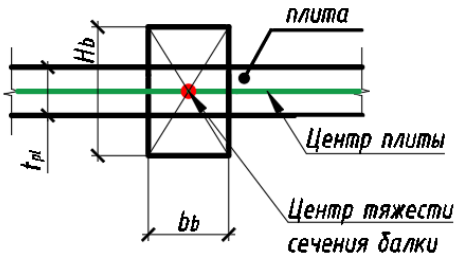
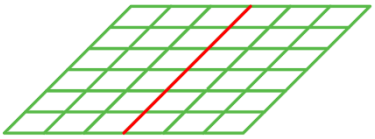
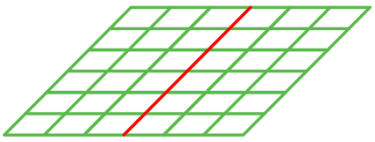
- моделирование области передачи нагрузки, например, колонна-перекрытие, позволяя распределить усилие.

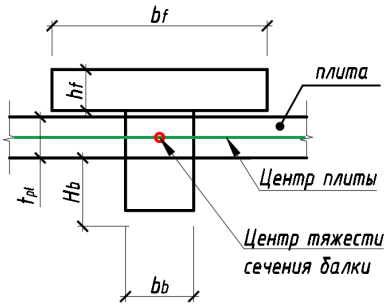
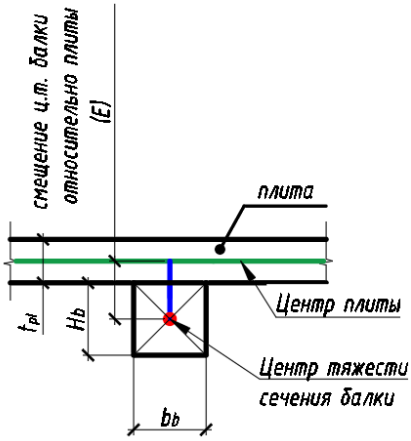
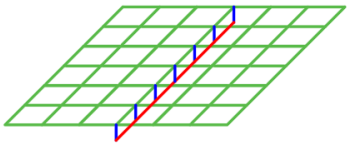
- объединение в совместную работу элементов, например при стенах и колоннах, балках и перекрытиях, если их центры тяжести смещены друг от друга

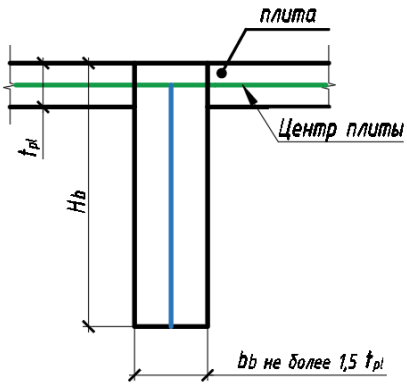
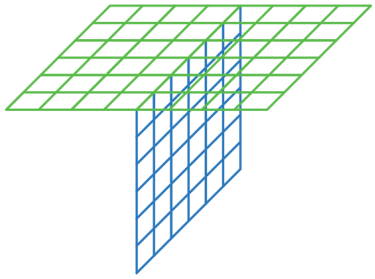
Жесткие вставки представляют собой частный случай АЖТ и необходимы для автоматического смещения центров тяжести элементов.

Справочная таблица 3. Сопряжение плита-балка

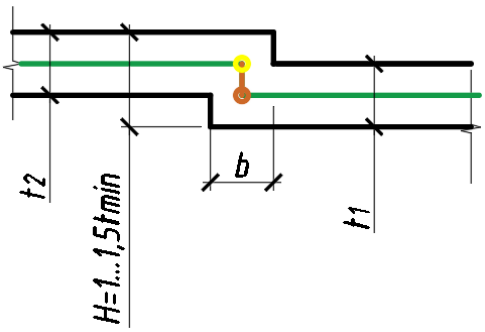
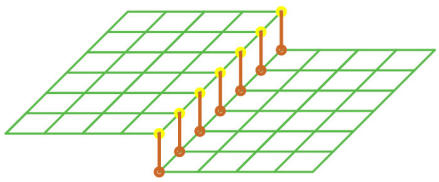
№ п/п	*Описание с эскизом*	*Вид КЭ*
	При любой высоте балки $\mathbf{H_b}$	
1	Способ №1 (с помощью жестких вставок)  Способ №2 (с помощью АЖТ)  Необходимо сместить центр балки вниз относительно центра плиты перекрытия, моделируя тем самым ее фактическое положение под плитой. Смещение производится с помощью жестких вставок Смещение **E** можно определить по чертежу или рассчитать по формуле: $\mathbf{E} = \frac{\mathbf{H_b}}{\mathbf{2}} - \frac{\mathbf{t_{pl}}}{\mathbf{2}}$, где $\mathbf{H_b}$ – высота балки до верха перекрытия; $\mathbf{t_{pl}}$ – толщина плиты перекрытия. **<u>Используется на большинстве объектов. Рекомендуется автором.</u>**	Способ №1  Синим – жесткая вставка Красным – балка Зеленым – КЭ плиты Способ №2  Оранжевым – АЖТ
2	Аналогичен варианту №1, только имеет «разрыв» плиты.	

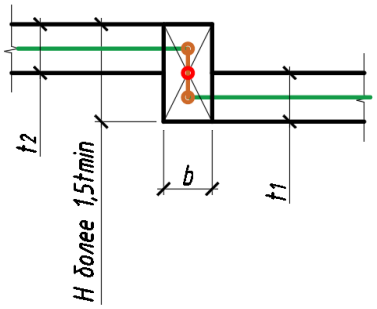
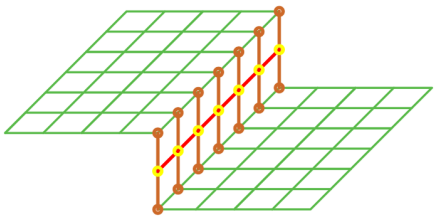
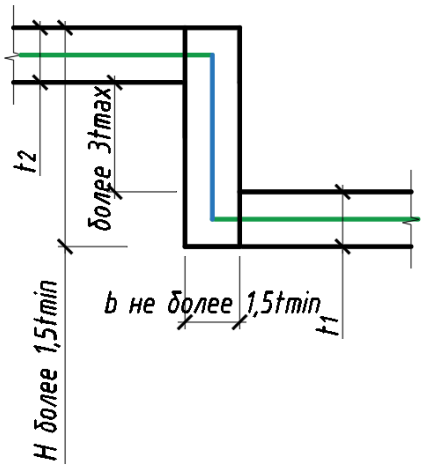
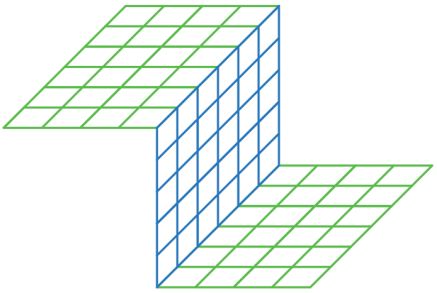
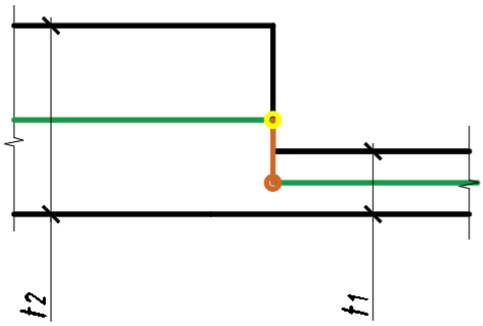
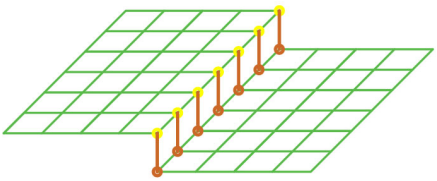
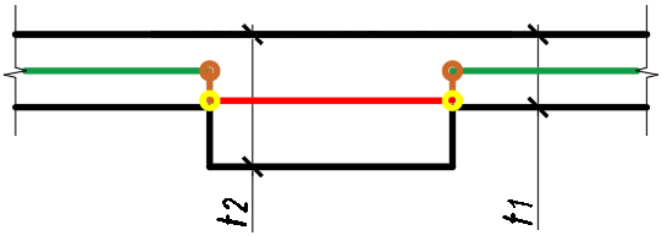
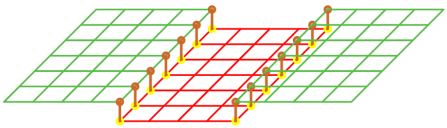
№ п/п	Описание с эскизом	Вид КЭ
	 Более точный вариант (на 5-7%), чем вариант №1. Но очень редко используется в силу трудоемкости.	
3	Без использования жестких вставок. На чертеже (фактическое расположение):  При моделировании без жесткой вставки:  **Вариант без использования жестких вставок не правильный. Не рекомендуется использовать. Дает неадекватную картину распределения армирования в балке: на опоре завышено, в пролете занижено.**	
4	Балка подменяется тавром без смещения на жестких вставках. Согласно п.8.1.11 СП 63. Значение b'_f , вводимое в расчет, принимают из условия, что ширина свеса полки в каждую сторону от ребра должна быть не более 1/6 пролета элемента и не более: а) половины расстояния в свету между продольными ребрами при наличии поперечных ребер или при $h'_f \geq 0,1h$;	

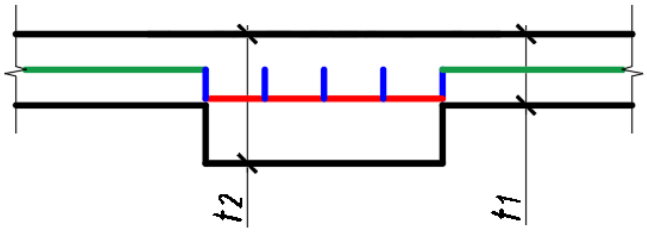
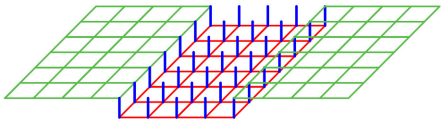
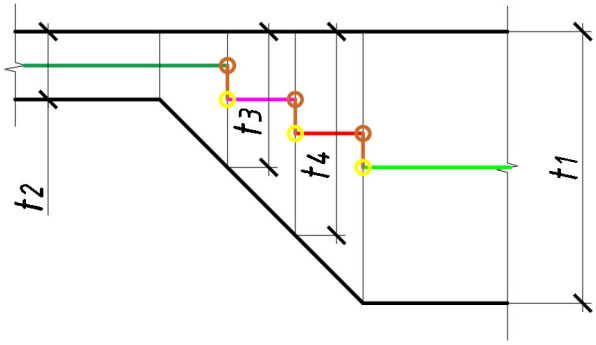
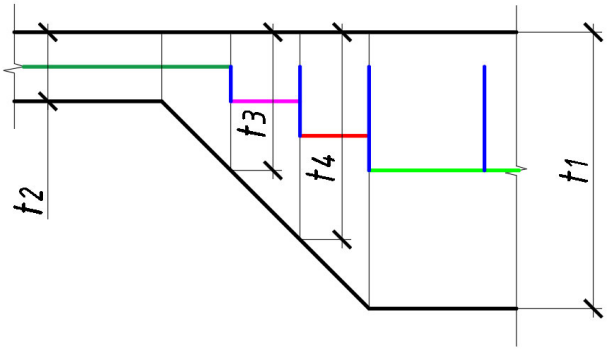
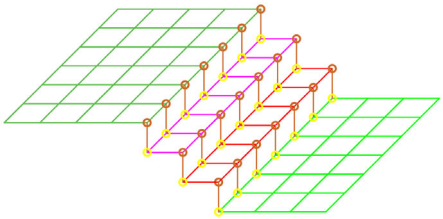
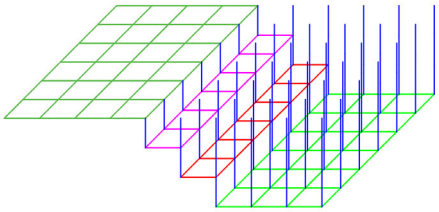
№ п/п	Описание с эскизом	Вид КЭ
	б) $6h'_f$ при отсутствии поперечных ребер (или при расстояниях между ними больших, чем расстояния между продольными ребрами) и $h'_f < 0,1h$ в) при консольных свесах полки: при $h'_f \geq 0,1h$ принять $6h'_f$; при $0,05h \leq h'_f < 0,1h$ принять $3h'_f$; при $h'_f < 0,05h$ свесы не учитывают.  **Используется на некоторых объектах «старообрядцами проектирования». В принципе имеет место быть. Балка получается довольно жесткой и «скапливает» на себе усилия.**	
5	 Сместить центр балки вниз относительно центра плиты перекрытия, моделируя тем самым ее фактическое положение под плитой. Смещение **E** можно определить по чертежу или рассчитать по формуле: $\mathbf{E} = \frac{\mathbf{H}_b}{2} + \frac{\mathbf{t}_{pl}}{2}$, где $\mathbf{H}_b$ – высота балки до верха перекрытия; $\mathbf{t}_{pl}$ – толщина плиты перекрытия.	

№ п/п	*Описание с эскизом*	*Вид КЭ*
	Вариант не правильный. Не рекомендуется использовать. Дает неадекватную картину распределения армирования в балке: на опоре занижено, в пролете завышено.	
При высоте балки H_b более 5 t_{pl}		
6	Моделирование только пластинами. 	 По высоте балки должно быть минимимум 4 КЭ

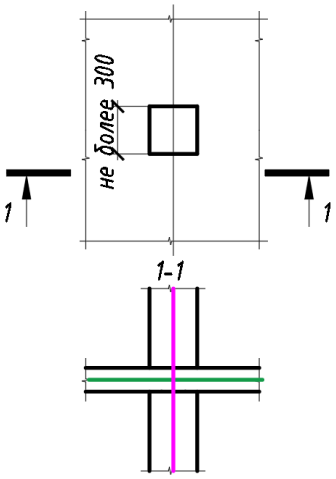
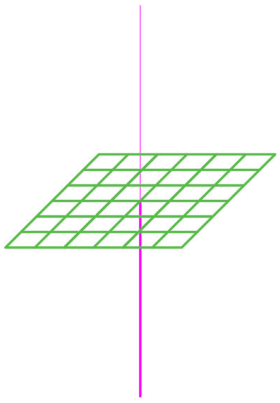
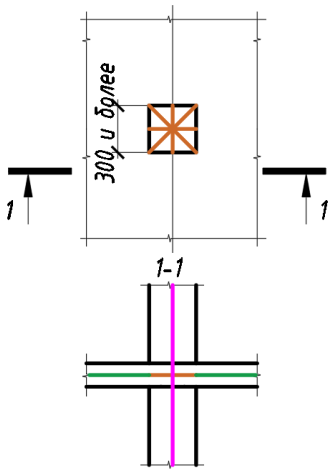
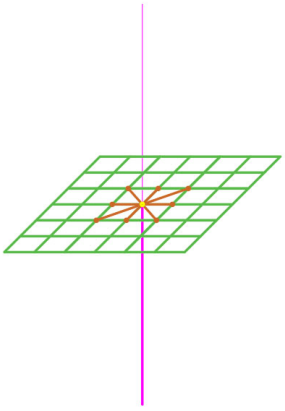
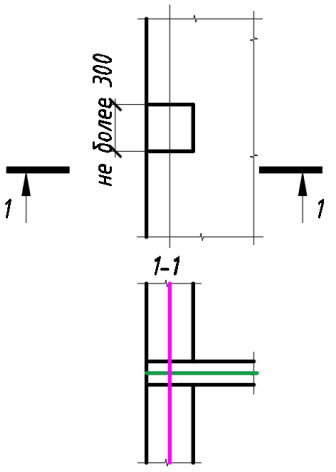
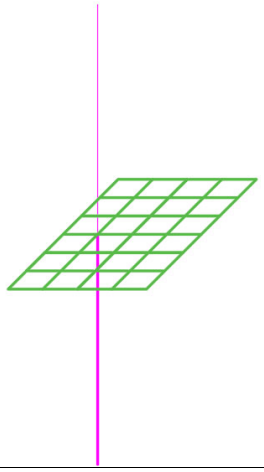
Справочная таблица 4. Моделирование с перепадом высоты/сечения

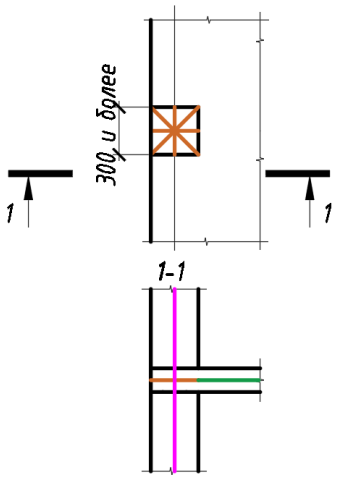
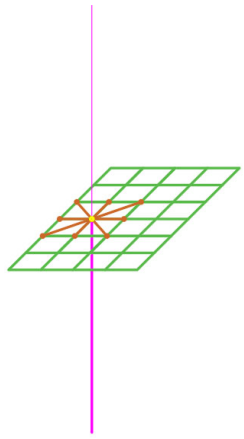
№ п/п	*Описание с эскизом*	*Вид КЭ*
При стыковке с перепадом по верхней и по нижней грани		
1		

№ п/п	Описание с эскизом	Вид КЭ
2		
3		
При стыковке с перепадом или по верхней или по нижней грани		
4		
При стыковке с двумя перепадами или по верхней или по нижней грани (капитель/широкая балка)		
5	Способ №1 (с помощью АЖТ)  Способ №2 (с помощью жестких вставок)	Способ №1  Способ №2

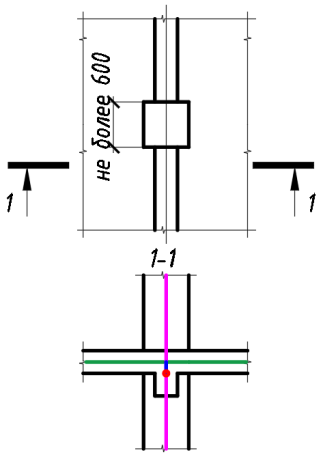
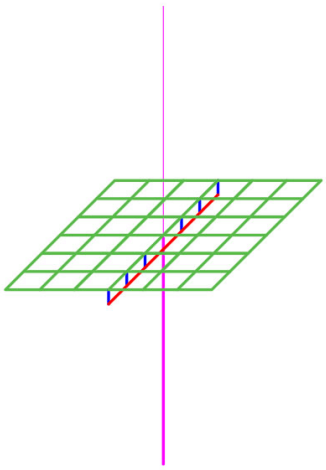
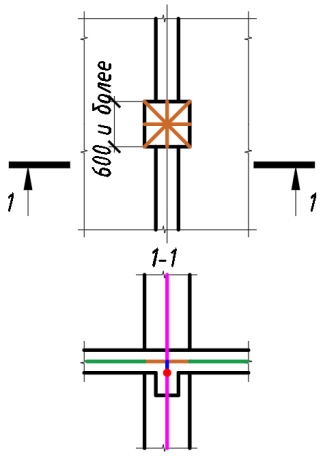
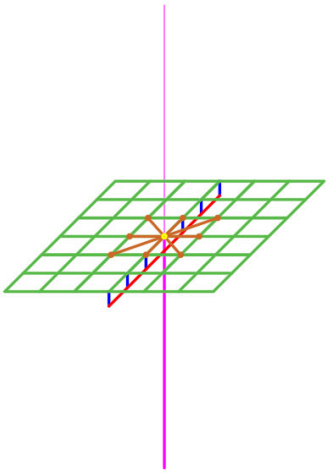
№ п/п	Описание с эскизом	Вид КЭ
		
При перепаде высот под 45 градусов		
6	Способ №1 (с помощью АЖТ)  Способ №2 (с помощью жестких вставок) 	Способ №1  Способ №2 

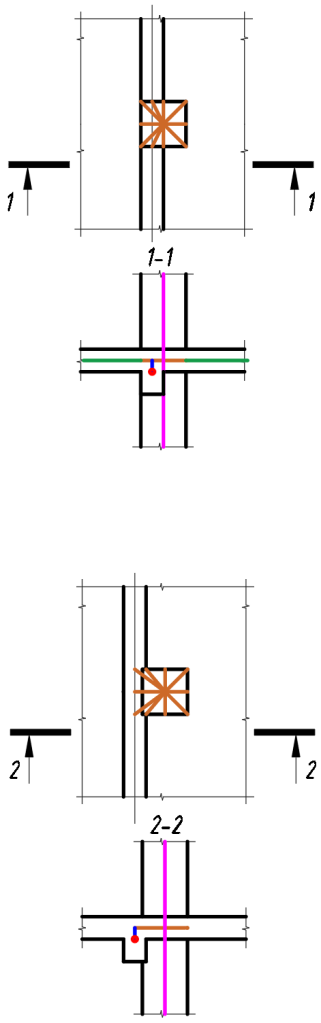
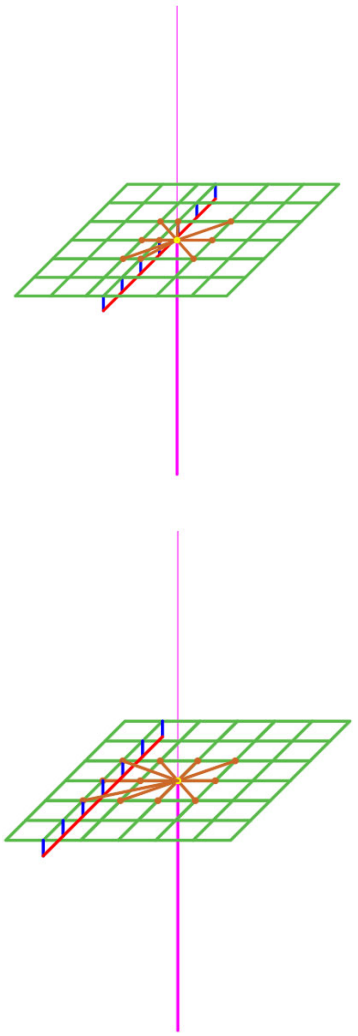
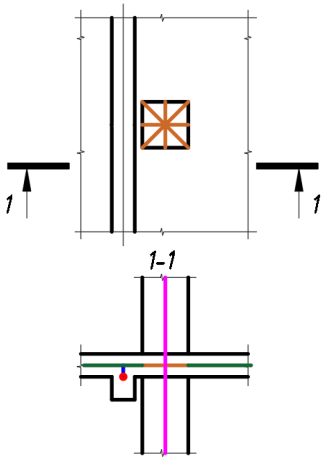
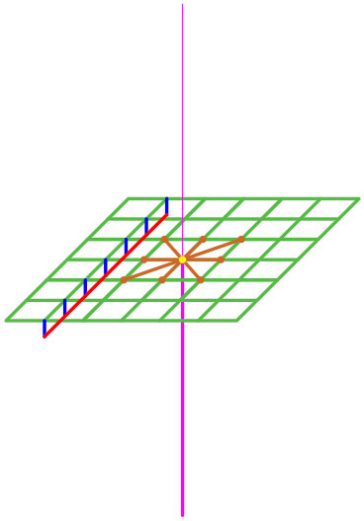
Справочная таблица 5. Сопряжение колонна-перекрытие при отсутствии балок

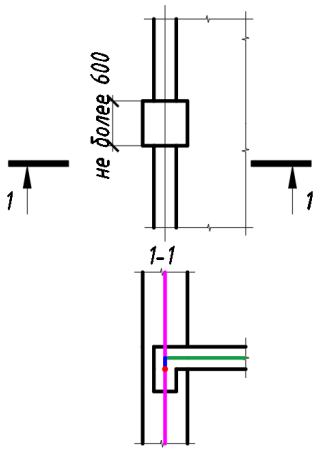
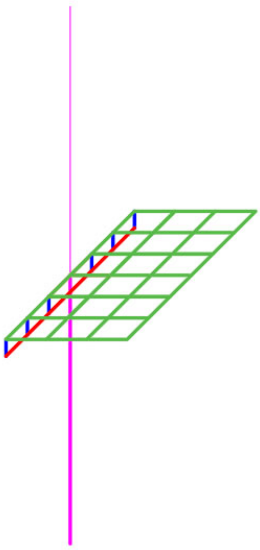
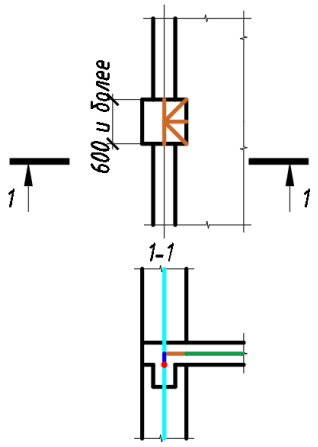
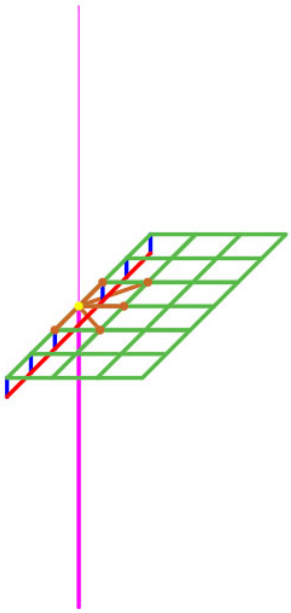
№ п/п	Габариты колонны	Рекомендации по установке АЖТ	Эскиз	Вид КЭ
Колонны в центре плиты				
1	Габарит колонны не более 300мм	АЖТ могут негативно сказываться на разбиении сетки с появлением остроугольных элементов, поэтому в данном случае их лучше не использовать.		
2	Габарит колонны более 300мм	АЖТ устанавливаются		
Колонны с краю плиты				
1	Габарит колонны не более 300мм	АЖТ могут негативно сказываться на разбиении сетки с появлением остроугольных элементов, поэтому в данном случае их лучше не использовать.		

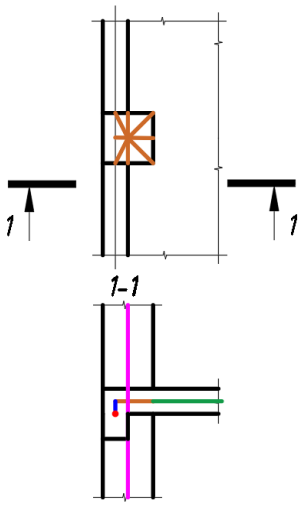
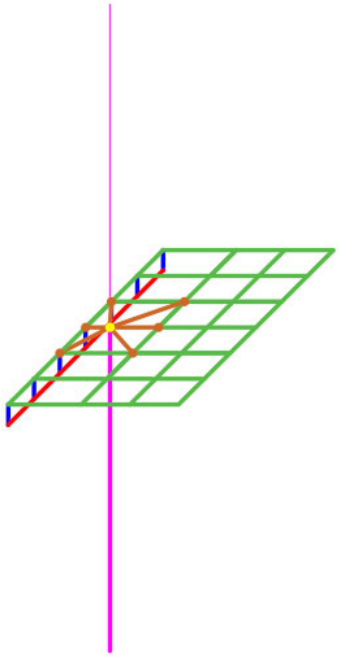
№ п/п	Габариты колонны	Рекомендации по установке АЖТ	Эскиз	Вид КЭ
2	Габарит колонны более 300мм	АЖТ устанавливаются		

Справочная таблица 6. Сопряжение колонна-перекрытие при наличии балок

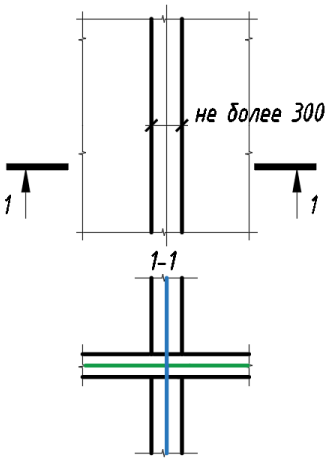
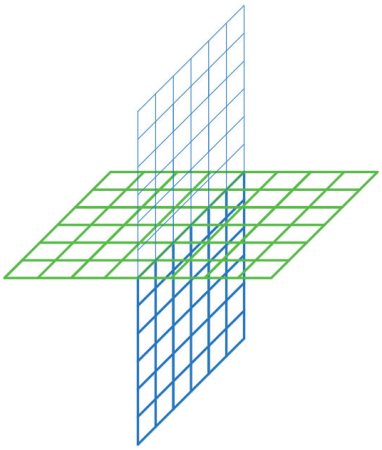
№	Габариты колонны	Расположение балки	Рекомендации по установке АЖТ	Эскиз	Вид КЭ
			Колонны в центре плиты		
1	Габарит колонны не более 600мм	Центрально по колонне	АЖТ могут негативно сказываться на разбиении сетки с появлением остроугольных элементов, поэтому в данном случае их лучше не использовать. Усилия, полученные в балках при этом будут немного выше и подобранное армирование будет в запас.		
2	Габарит колонны более 600мм	Центрально по колонне	АЖТ рекомендуется ставить.		

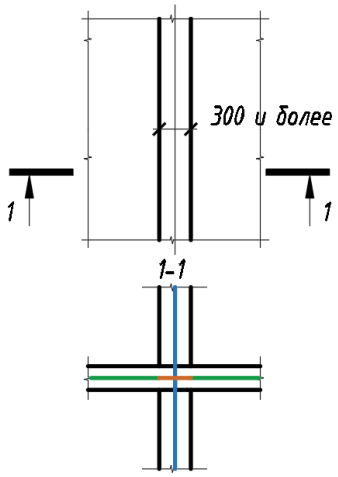
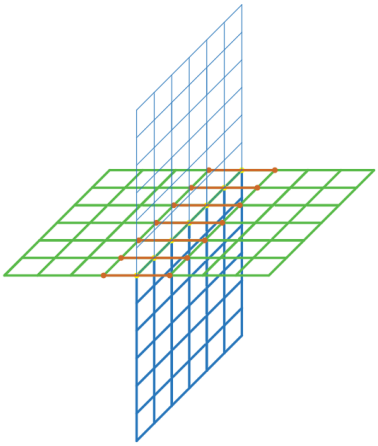
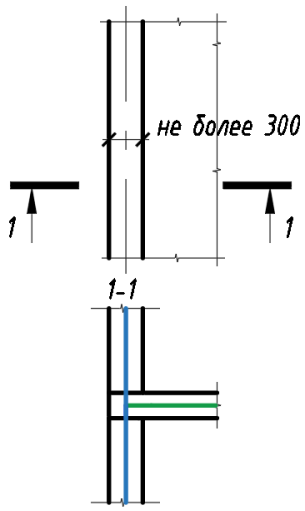
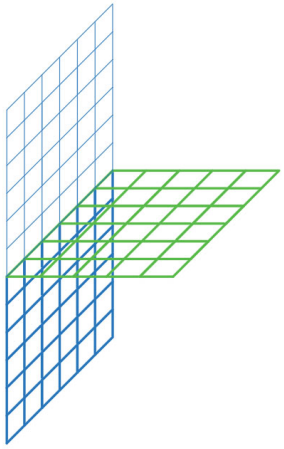
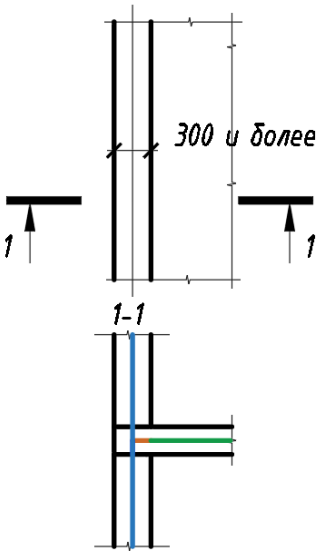
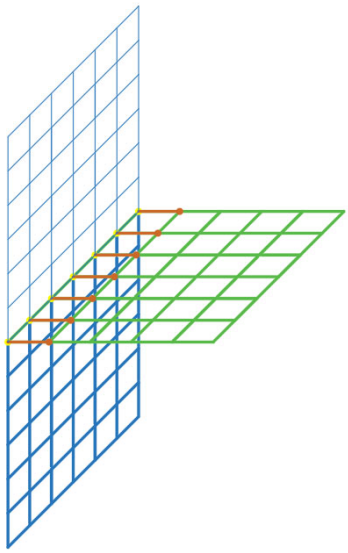
№	Габариты колонны	Расположение балки	Рекомендации по установке АЖТ	Эскиз	Вид КЭ
3	Любой габарит колонны	Балка в теле колонны	АЖТ ставится. При установке АЖТ усилие от кручения минимально передается на плиту, что больше соответствует реальной картине деформирования. При этом габарит АЖТ может несколько превышать габарит колонны.		
4	Любой габарит колонны	Балка выходит габарит колонны	АТЖ устанавливается только по габариту колонны		

№	Габариты колонны	Расположение балки	Рекомендации по установке АЖТ	Эскиз	Вид КЭ
Колонны с края плиты					
5	Габарит колонны не более 600мм	Центрально по колонне	АЖТ могут негативно сказываться на разбиении сетки с появлением остроугольных элементов, поэтому в данном случае их лучше не использовать. Усилия, полученные в балках при этом будут немного выше и подобранное армирование будет в запас.		
6	Габарит колонны более 600мм	Центрально по колонне	АЖТ рекомендуется ставить		

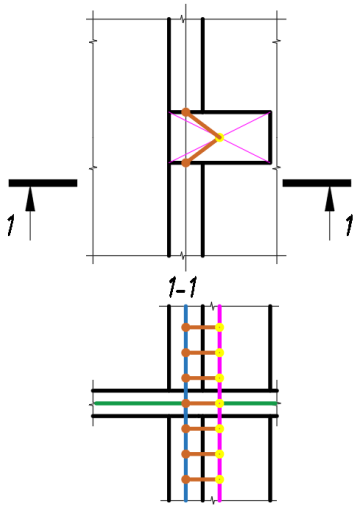
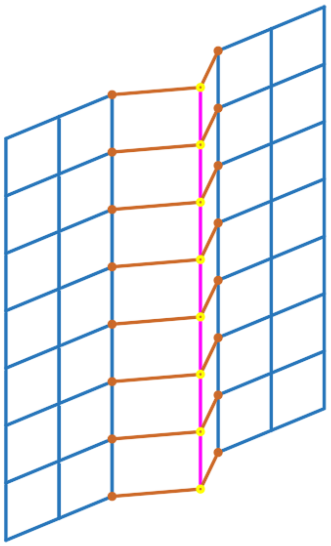
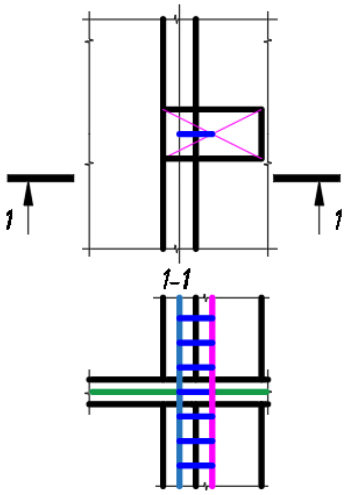
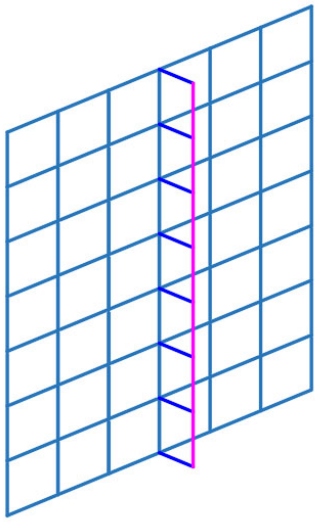
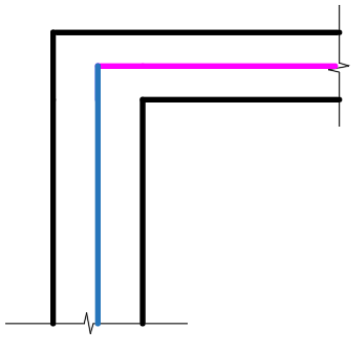
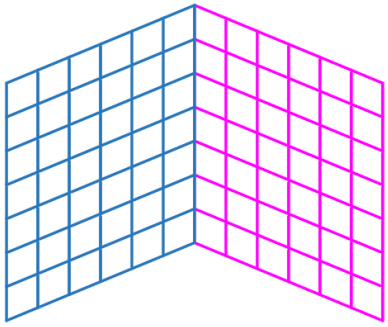
№	Габариты колонны	Расположение балки	Рекомендации по установке АЖТ	Эскиз	Вид КЭ
7	Любой габарит колонны	Балка в теле колонны	АЖТ ставится		

Справочная таблица 7. Сопряжение стена-перекрытие при отсутствии балок

№ п/п	Габариты стены	Рекомендации по установке АЖТ	Эскиз	Вид КЭ
Стены по центру плиты				
1	Габарит стен до 300мм	АЖТ допустимо не устанавливать. На результат практически не влияет.		

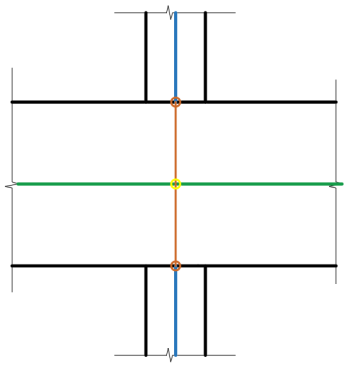
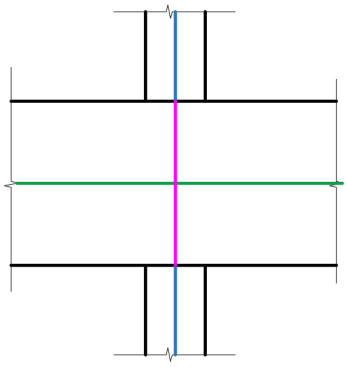
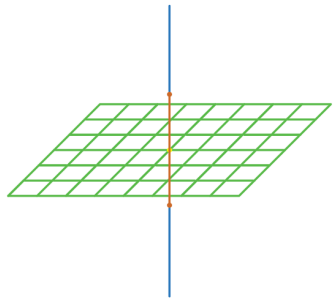
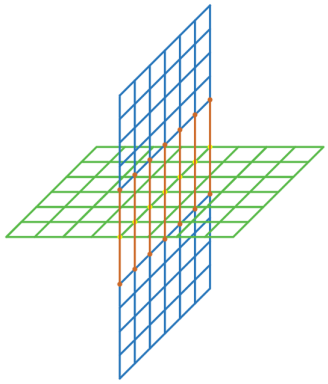
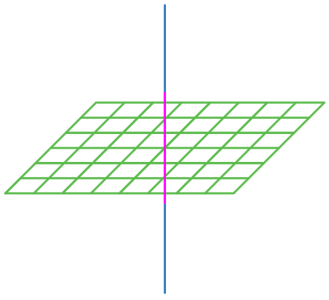
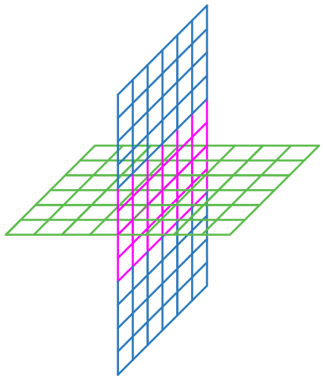
№ п/п	Габариты стены	Рекомендации по установке АЖТ	Эскиз	Вид КЭ
2	Габарит стен 300 и более	АЖТ рекомендовано устанавливать.		
Стены по краю плиты				
3	Габарит стен до 300мм	АЖТ допустимо не устанавливать. На результат практически не влияет.		
4	Габарит стен 300 и более	АЖТ рекомендовано устанавливать.		

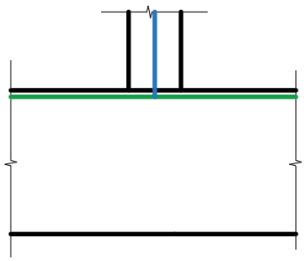
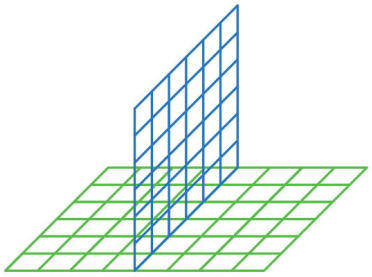
Справочная таблица 8. Сопряжение «стена-колонна» и «стена-стена»

№ п/п	Габариты	Рекомендации по установке АЖТ	Эскиз	Вид КЭ
1	Любое соотношение сторон стен и колонн	АЖТ устанавливаются по 3 узла в группе. Стена имеет разрыв на ширину колонны. Это делается для отсутствия задваивания жесткостей.		
2	Когда высота колонны превышает толщину стены более 5 раз	Используются жесткие вставки вместо АЖТ. Вариант менее точный чем №1.		
3	Любые	АЖТ, как правило, не устанавливаются	Вид сверху 	

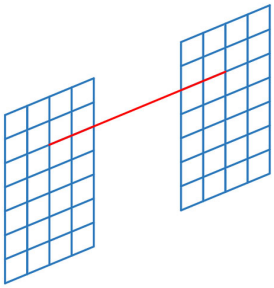
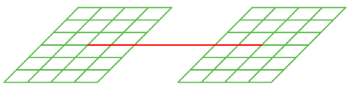
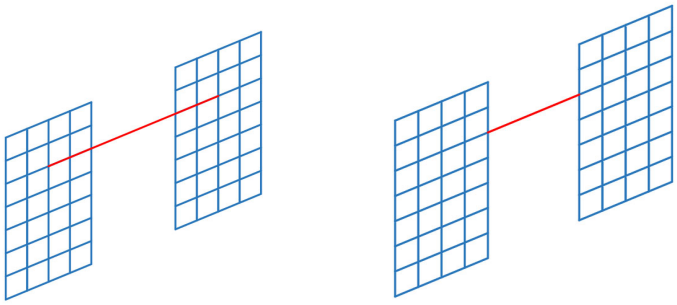
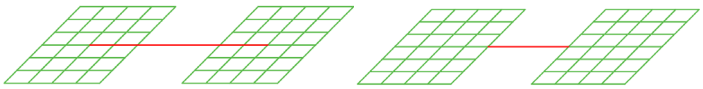
Справочная таблица 9. Сопряжение «толстая» плита – вертикальные конструкции.

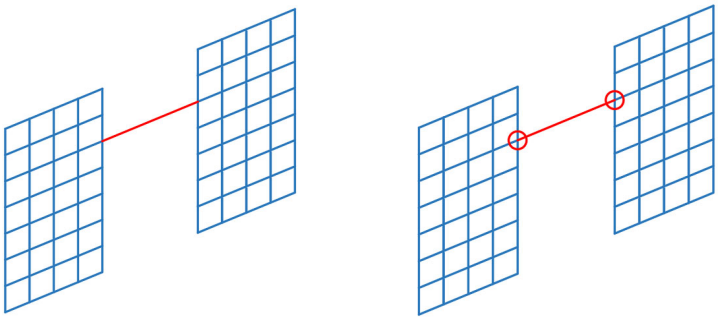
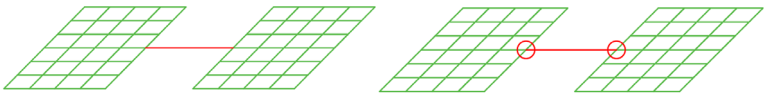
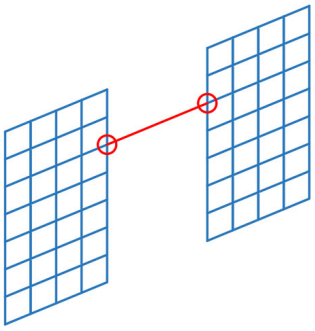
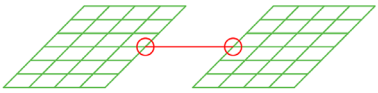
Под «толстой» плитой понимаются плиты толщиной не менее 350мм. АЖТ на «толстой плите» в месте спряжения с вертикальными конструкциями допустимо не устанавливать, если толщина «толстой» плиты превосходит в 1,5 раза вертикальные конструкции.

№ п/п	*Описание*	*Вид КЭ*
Вертикальные конструкции сверху **и/или** снизу «толстой» плиты		
1	В вертикальной конструкции делается АЖТ или «жесткая вставка большой толщины» на половину толщины плиты вверх и вниз. Способ №1.  Способ №2.  Под «большой толщиной стены» понимается толщина не менее 5 фактических толщин стены.	Способ №1   Способ №2  

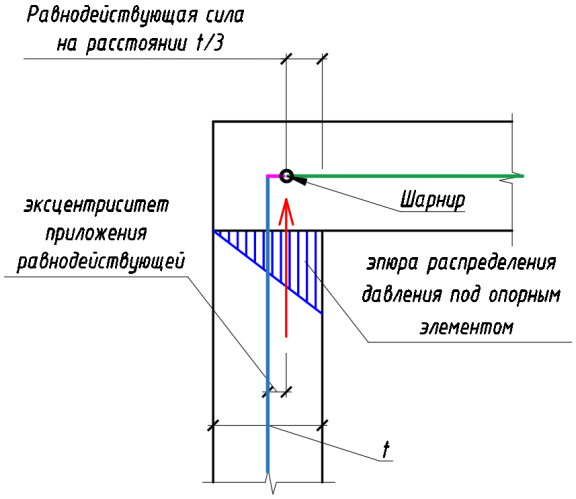
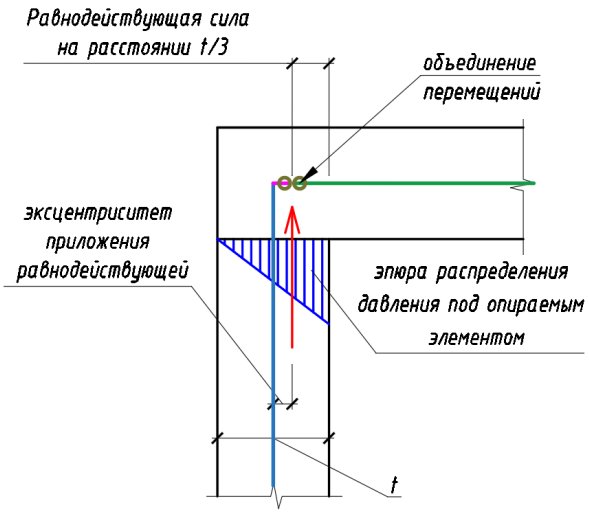
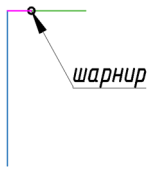
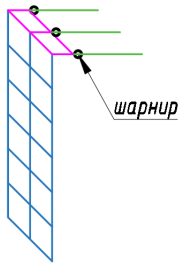
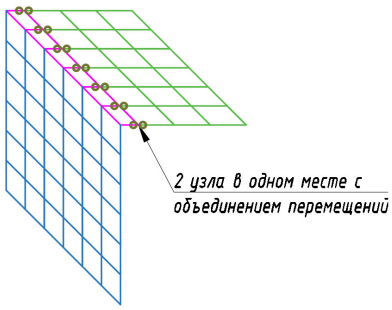
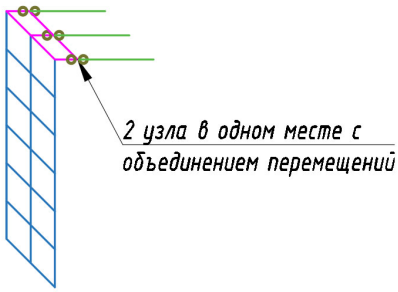
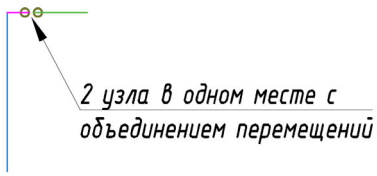
№ п/п	*Описание*	*Вид КЭ*
Вертикальные конструкции **только** сверху или снизу «толстой» плиты		
2	В данном случае допускается не создавать жесткую вставку, а просто сместить(подтащить) КЭ плиты на половину ее толщины. 	

Справочная таблица 10. Сопряжение «балка – стена» в плоскости стены/ «балка – плита» в плоскости плиты

№ п/п	*Описание*	*Вид КЭ*
1	1. Моделируется **жесткое** сопряжение. 2. В КЭ Оболочки имеется только **5** степеней свободы. Необходимо завести стержень на несколько элементов оболочки.	Сопряжение «Стена-балка»  Сопряжение «Плита-балка» 
2	1. Моделируется **жесткое** сопряжение. 2. В КЭ Оболочки имеется **6** степеней свободы. Допускается как заводить, так и не заводить стержень в оболочку.	Сопряжение «Стена-балка»  Сопряжение «Плита-балка» 

№ п/п	*Описание*	*Вид КЭ*
3	1. Моделируется **шарнирное** сопряжение. 2. В КЭ Оболочки имеется только **5** степеней свободы. Заводить стержень в оболочку не нужно. При постановке шарнира в стержне результат не меняется.	Сопряжение «Стена-балка»  Сопряжение «Плита-балка» 
4	1. Моделируется **шарнирное** сопряжение. 2. В КЭ Оболочки(стены) имеется **6** степеней свободы. Требуется постановка **шарнира** в балке.	Сопряжение «Стена-балка»  Сопряжение «Плита-балка» 
Примечание: В ЛИРА-САПР имеется возможность переключения между режимами с 5ю и 6ю степенями свободы. Для этого нужно перейти в «Выполнить расчет с контролем параметров» и поставить соответствующую галочку.		

Справочная таблица 11. Варианты шарнирных сопряжений

№ п/п	*Описание*	*Вид КЭ*
1	**Способ 1.** Ввод шарнира.  **Способ 2.** Ввод объединения перемещений.  Объединение перемещений назначается: - для шарнирно подвижной опоры **по Z** - для шарнирно-неподвижной опоры по **X,Y,Z** Шарниры назначаются: - для шарнирно подвижной опоры **по uY,Uz,X** - для шарнирно-неподвижной опоры по **по uY,Uz**	Способ 1. Сопряжение «Колонна-балка»  Сопряжение «Стена-балка»  **Способ 2.** Сопряжение «Стена-плита»  Сопряжение «Стена-балка»  Сопряжение «Колонна-балка» 

Частые вопросы:

Вопрос №1. Задаются ли в расчетную схему перегородки, фасады?

Ответ: Нет, это самонесущие конструкции, которые не участвуют в работе каркаса. Для расчета несущих конструкций задания данных элементов не требуется. Поскольку чрезмерное насыщение схемы неосновными конструкциями приведет к большей погрешности результата, чем если бы этих конструкций вовсе не было.

Вопрос № 2. Используются ли в расчетах объемные конечные элементы?

Ответ: В инженерных расчетах конструктивной части, как правило, не используются. В научных целях – иногда. Отсутствие данных элементов в инженерных расчетах обусловлено тем, что при отсутствии четкого понимания, как работает объемный конечный элемент и в каком месте он может быть применен, достоверного результата не будет.

Вопрос № 3. Почему не используется САПФИР? Он позволяет задать конструкции быстрее!

Ответ: Для начинающих пользователей САПФИР крайне не рекомендован к использованию, поскольку в 90% процентах случаев приходится дорабатывать схему вручную. Без понимания что и как нужно доработать и как схема должна выглядеть в итоге, создание схемы в САПФИРЕ является абсолютно бестолковой задачей. Изучение и применение САПФИРА должно быть после получения опыта создания расчетных моделей вручную.

2. Пошаговый пример создания геометрии и назначения жесткостей

Ниже приведены основные положения по классическому построению расчетной модели. Данный способ позволяет с максимальной точность учесть все нюансы расчетной модели и рассмотреть возможность ее ручного редактирования.

При построении расчетной модели необходимо иметь чертежи с расположением несущих конструкций. Для построения использован классический расчетный комплекс ЛИРА-САПР.

Основные команды управления в ЛИРА-САПР

Зажатая правая кнопка мыши – вращать модель.

Ctrl+Z – оттмена действия

ESC -снять отметку со всех узлов и элементов

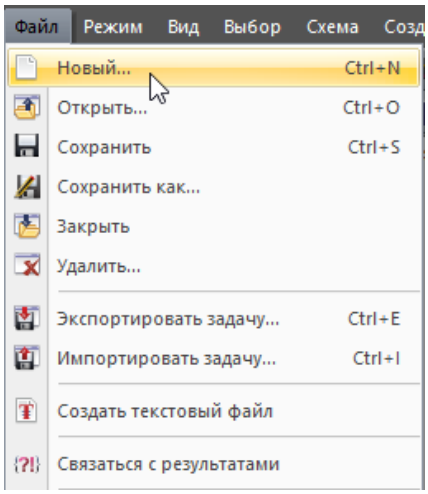
Виды:

Примечание ко всему нижеизложенному материалу:

Если на картинке имеется курсор мыши , то он обязательно направлен на кнопку, на которую необходимо нажать.

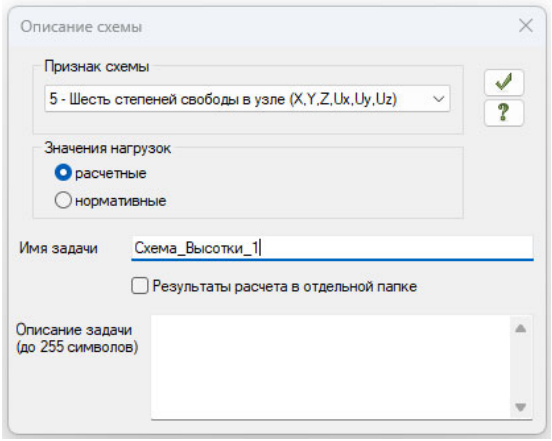
Шаг 1. Создание новой модели

1) Заходим в ЛИРУ-САПР. Создаем новую расчетную схему.



2) Выбираем шесть степеней свободы в узле, поскольку создается пространственная схема

3) Выбираем расчетное значение нагрузок



Частые вопросы:

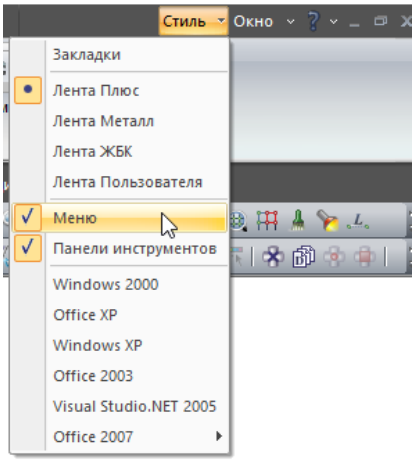
Вопрос №1.

Почему используются расчетные нагрузки?

Ответ. Используются расчетные нагрузки, поскольку в некоторых версиях расчетных программ возможно использовать можно только расчетные. Использование именно расчетных нагрузок – это общепринятый инженерный подход, однако использовать нормативные нагрузки никто не запрещает.

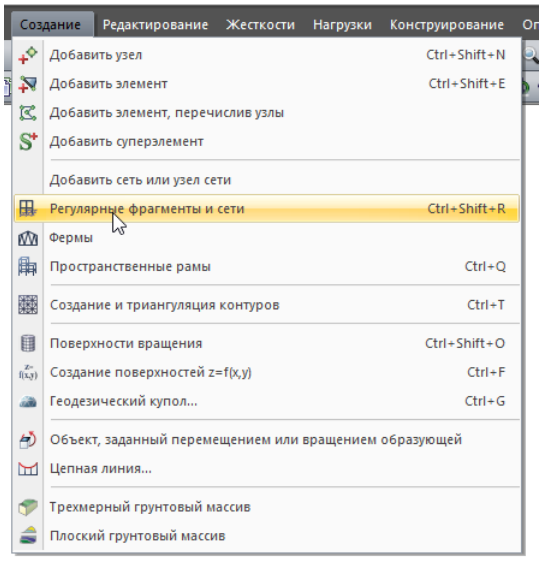
Шаг 2. Настройка вида

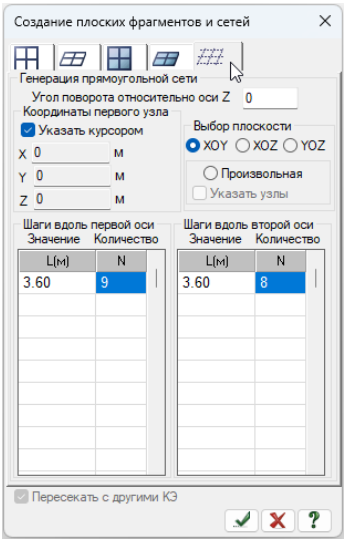
Настройка вида как у автора (в правом верхнем углу экрана).

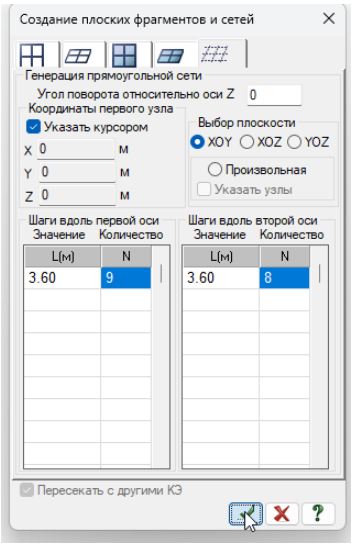


Шаг 3. Создание осей

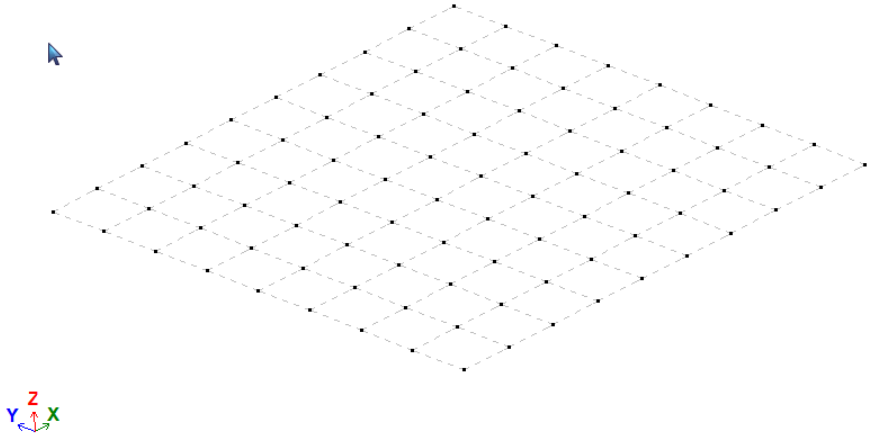
1) Создание сетки осей.





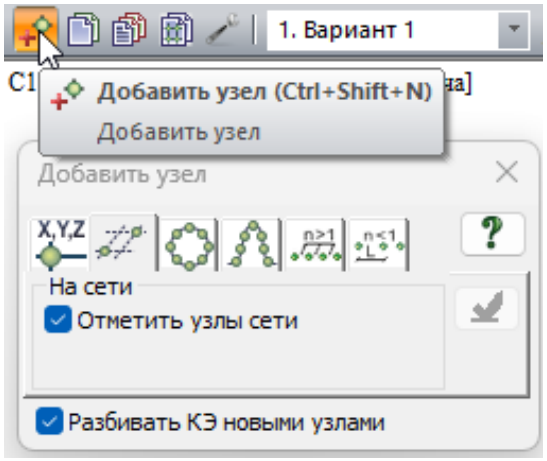


Результат:



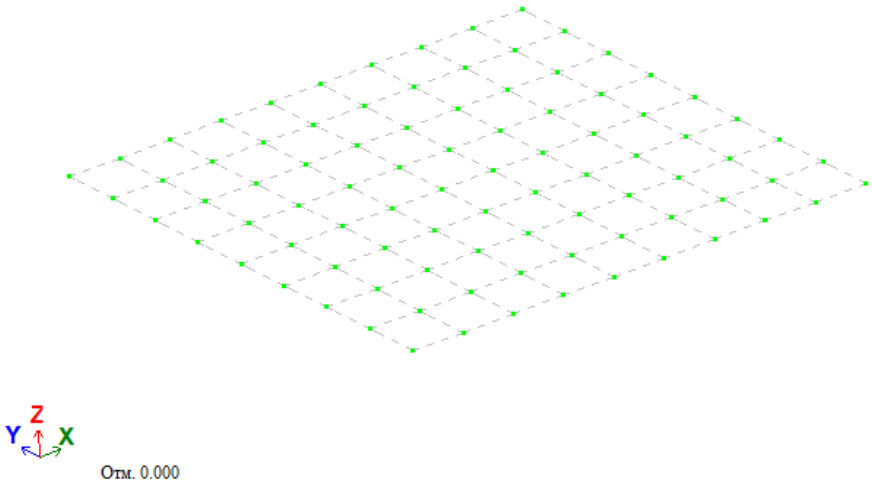
Если видимость отсутствует, то в конце шага есть описание как ее включить.

2) Добавляем узлы в сетку:

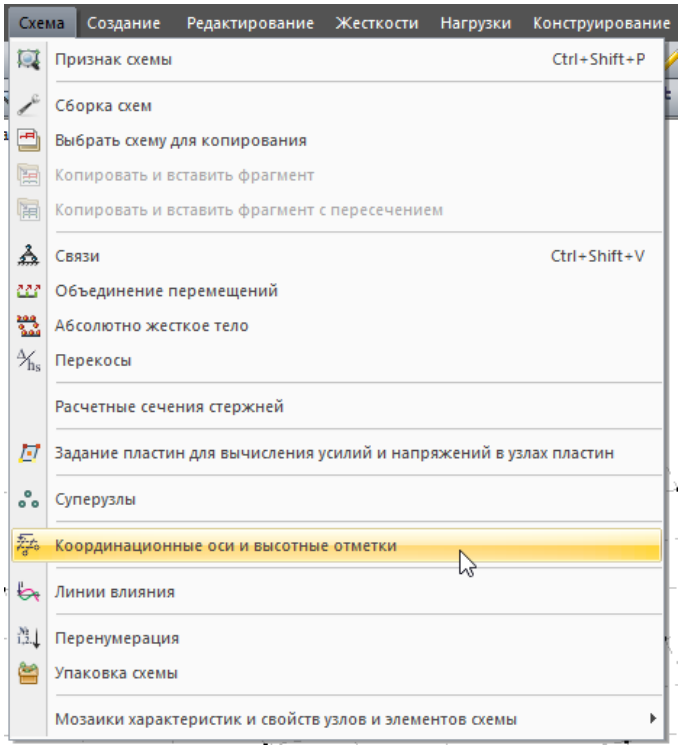


Зажать левую кнопку мыши и «потянуть рамкой» с выделением сетки сетку.

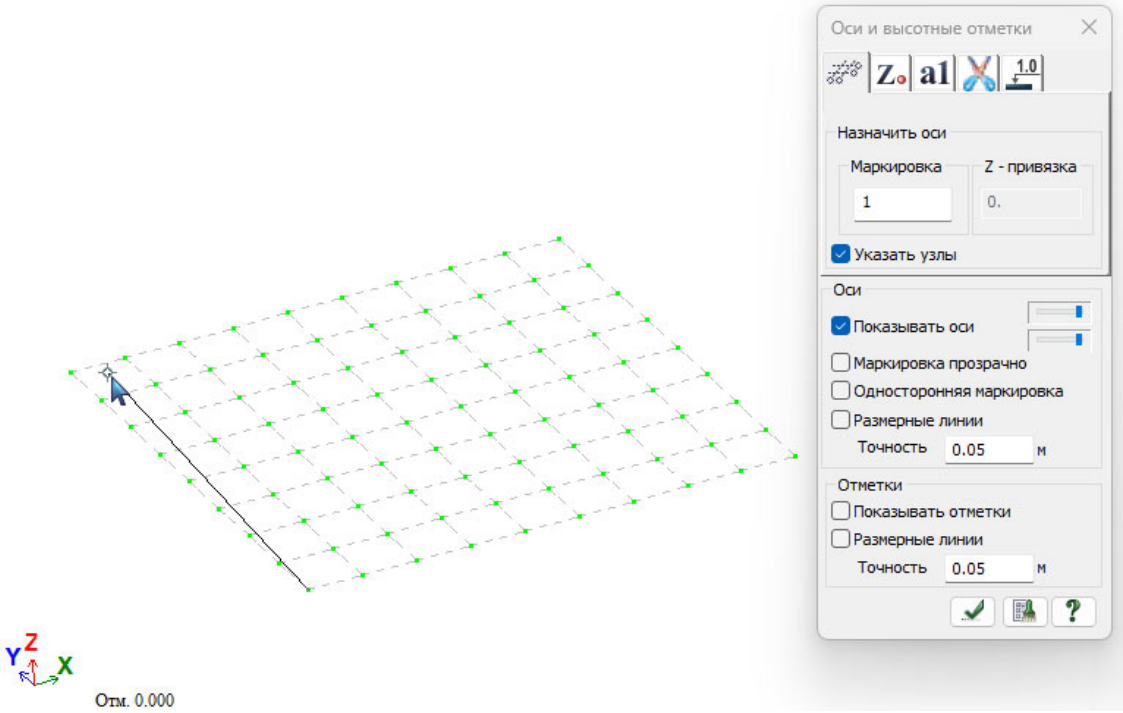
Результат:



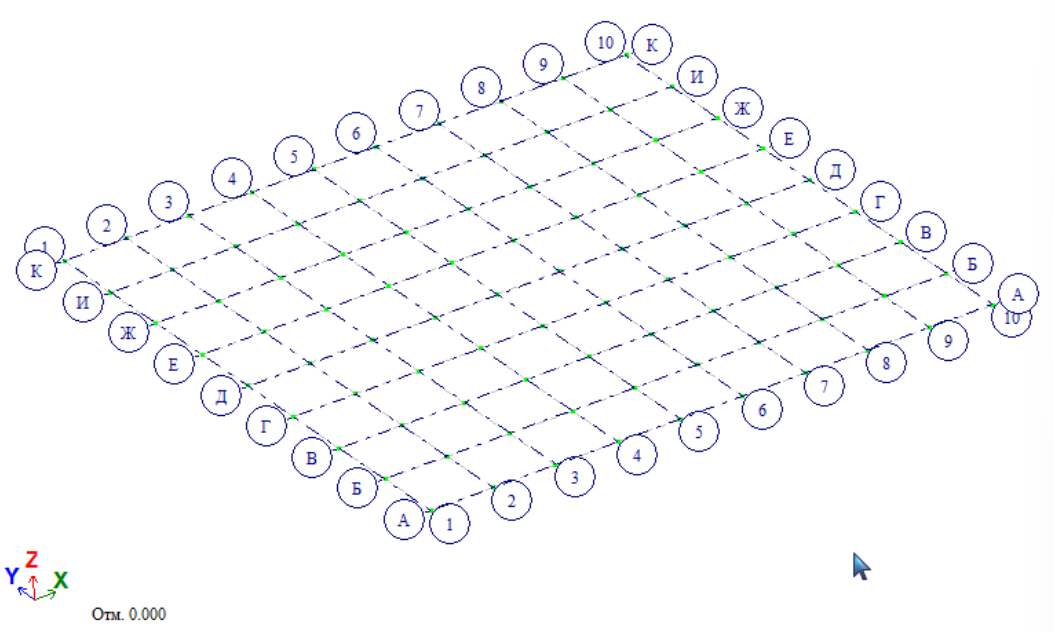
3) Создание обозначения осей



В строку Маркировка вписать название оси «1…10, А…К». Далее нажать на первый и последний узел.

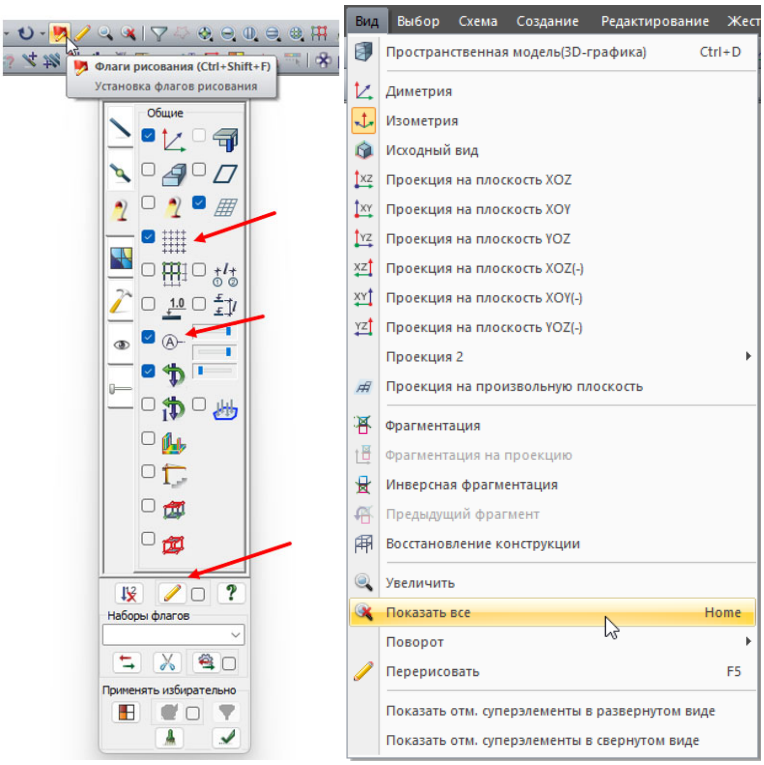


Результат:



Если оси не видно, то нужно включить их видимость через флаги рисования .

Иногда нужно сделать «зумирование»: Вкладка «Вид» – «Показать все» .



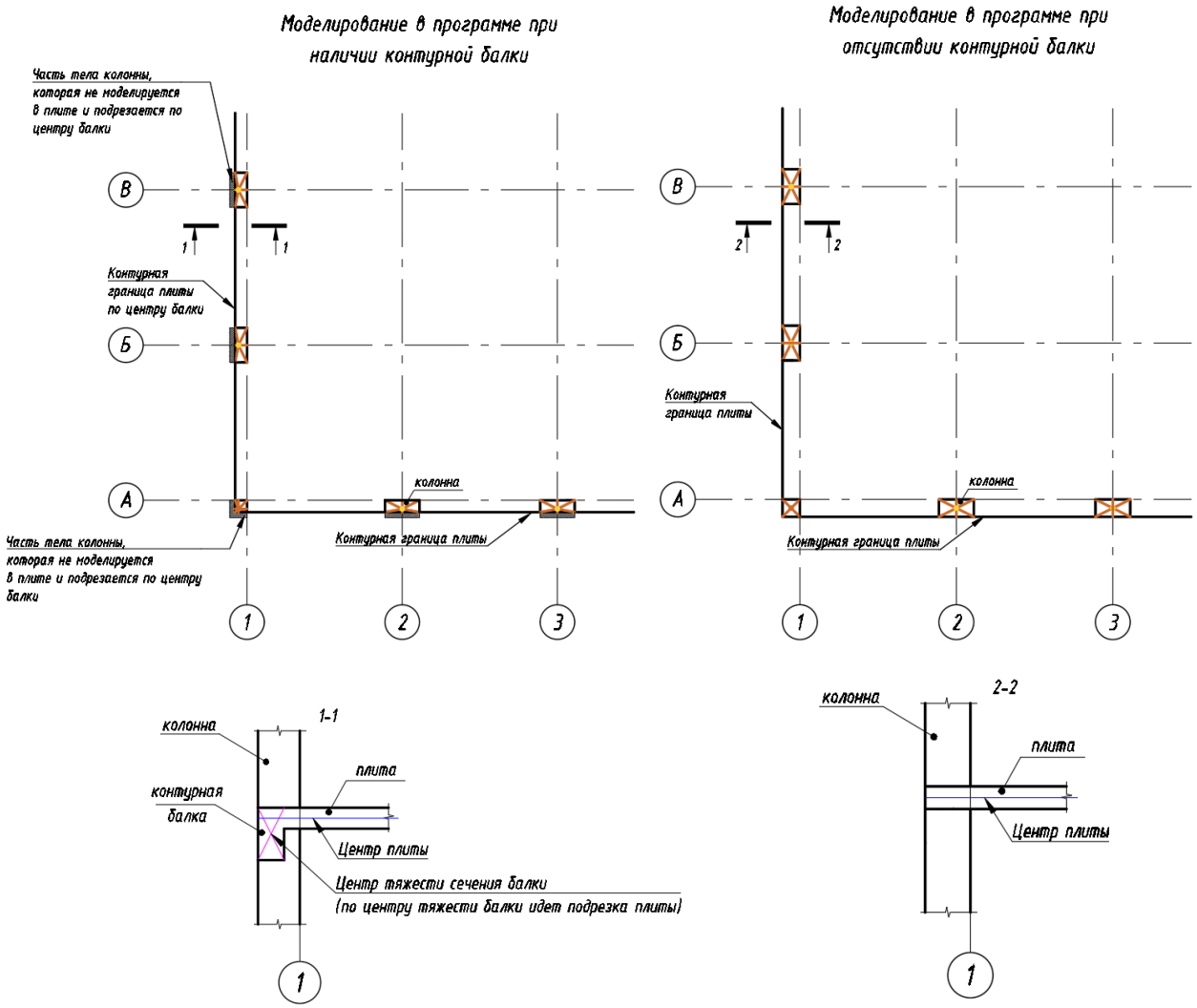
Шаг 4. Создание ключевых узлов

1) Задание внешнего контура – края плиты

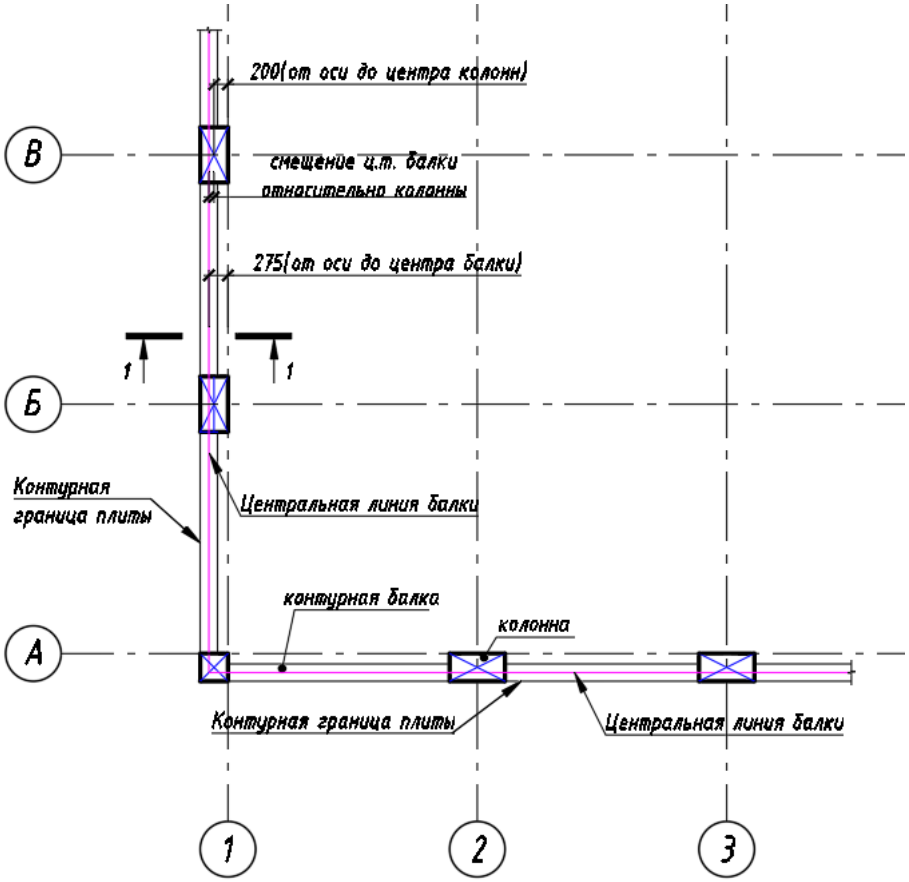
Краткая теория. Контур плиты моделируется по следующим вариантам:

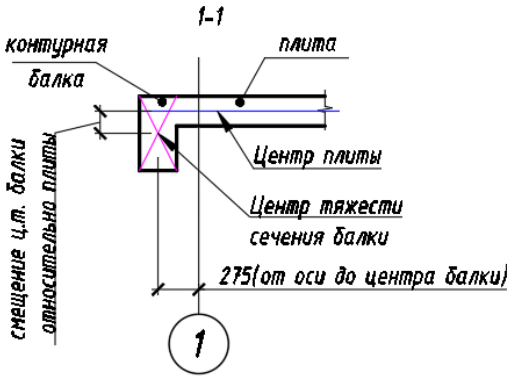
– при отсутствии балок плита в расчетной модели не обрезается – ее контур должен приниматься фактический – по чертежу.

– при наличии балок, плита в расчетной модели обрезается по центральной линии балки.



В рассматриваемом примере плита обрезается по центральной линии балки (фиолетовая-лиловая линия). Чтобы это выполнить, нужен перенос краевых узлов к центру балки.

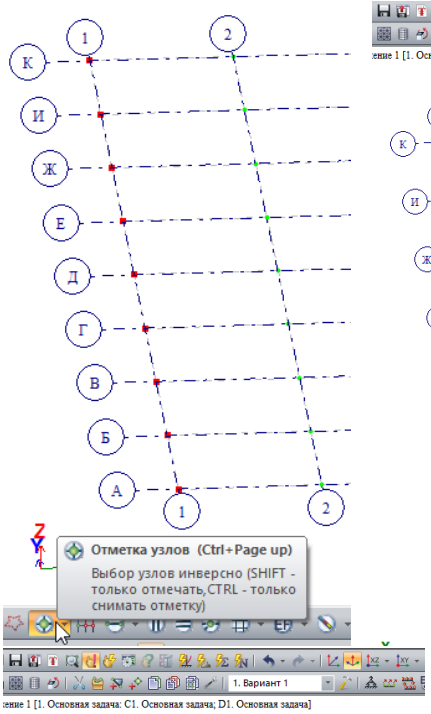


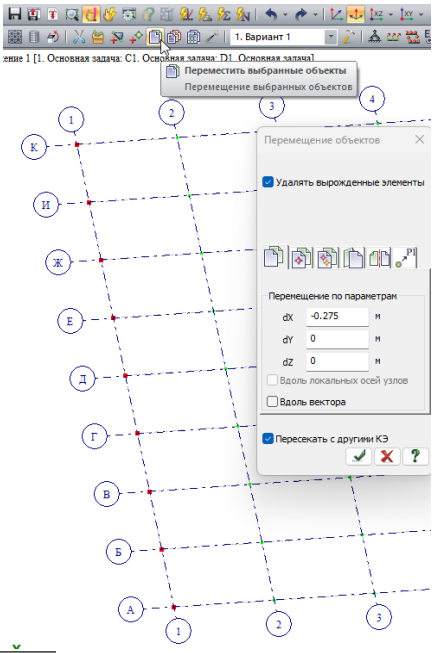


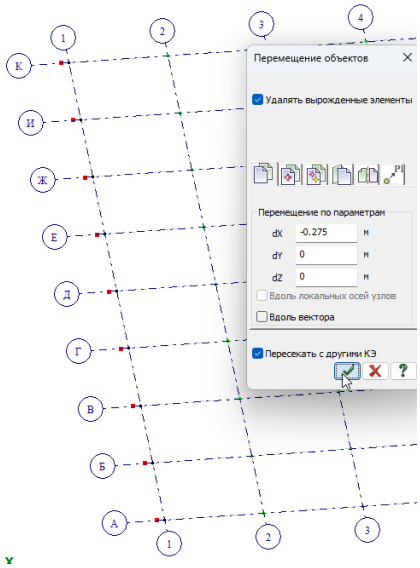
Выделяем краевые узлы сети (можно отдельно, можно рамкой – подсветятся красным). Перемещаем узлы на нужное расстояние (измерить по чертежам).

Отменяем выделение с узлов или их повторным выбором (или с помощью клавиши на клавиатуре «Esc») – с узлов должно сняться красное выделение.

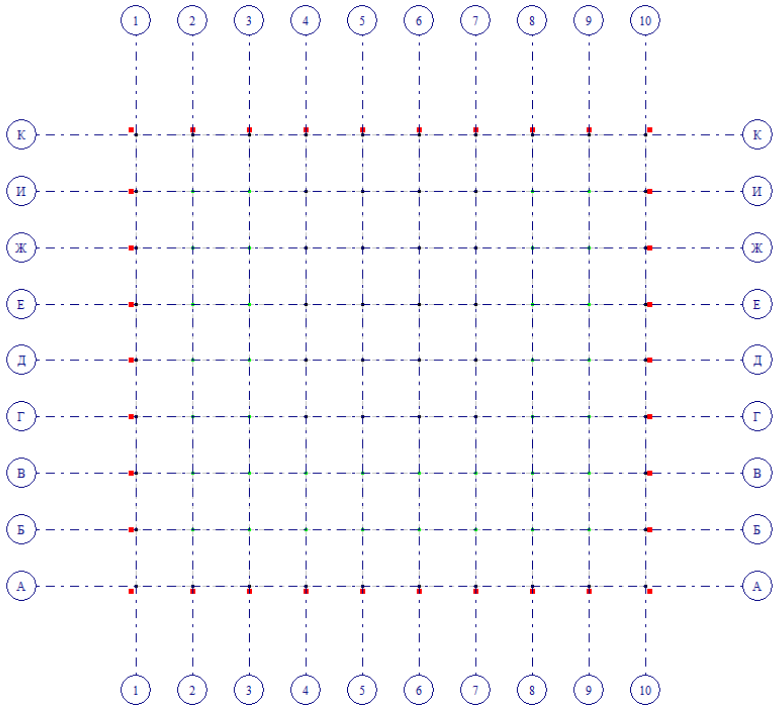
Перемещаем по отдельности узлы по четырем краевым осям (оси 1,10, А, К).







Результат: перемещенные узлы контура плиты.

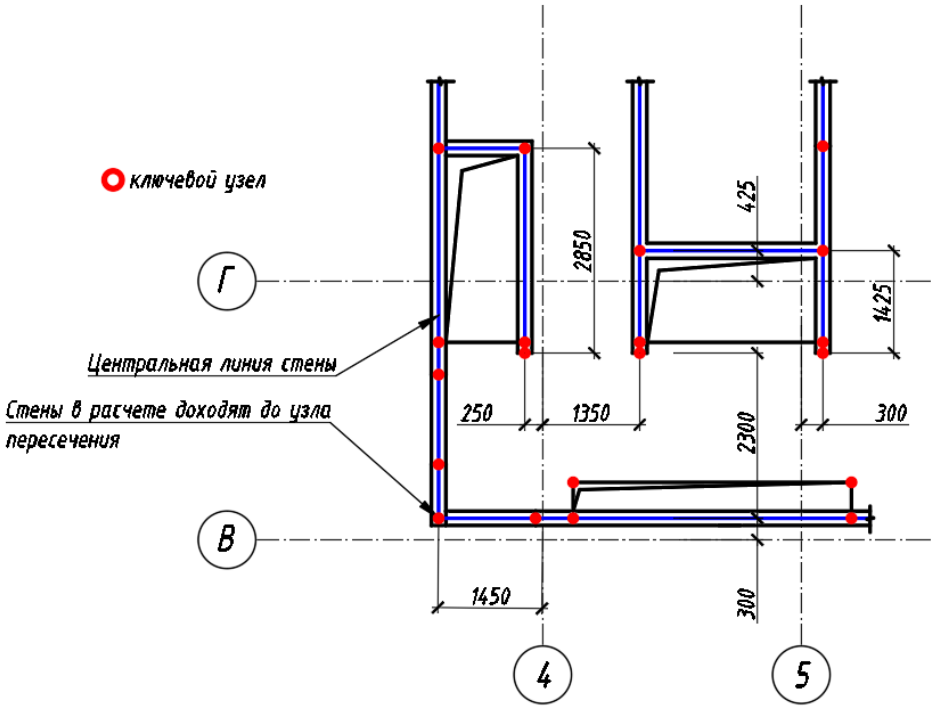


2) Добавление ключевых узлов ядра жесткости.

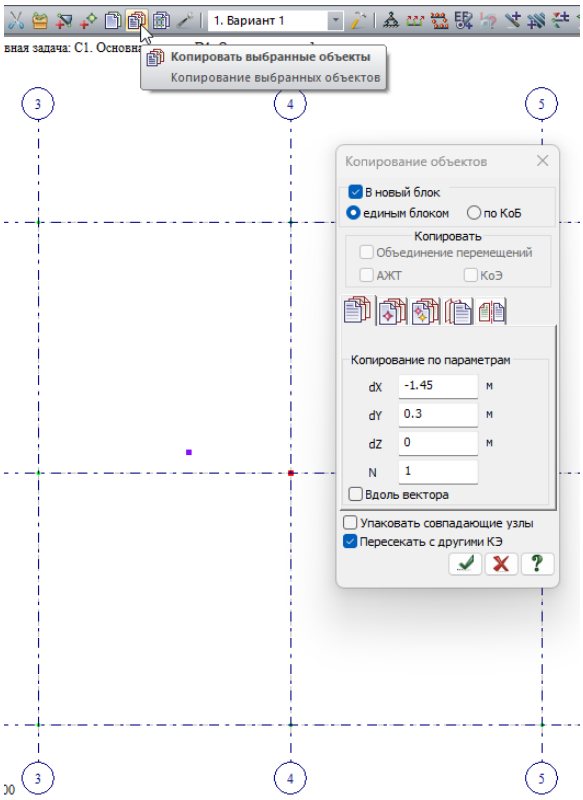
Для этого нужно предварительно проставить размеры для определения привязок и координат.

Ключевыми являются:

- осевые (по центру толщины) узлы начала и конца стены.
- узлы на пересечении осевых линий стены;
- осевые узлы краев дверного проема;

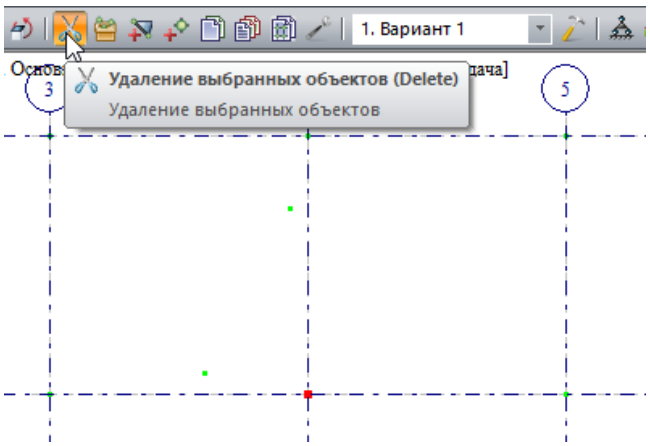


Выделяем узел , который нужно копировать (подсветится красным). Вносим координаты, на которые нужно копировать. Нажимаем галочку .

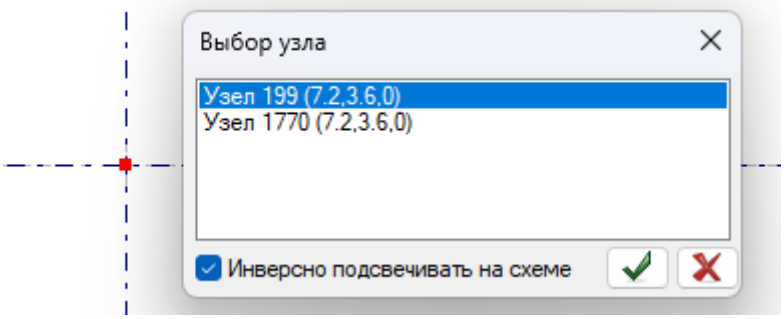


После каждого копирования отменяем выделение с узлов или их повторным выбором или на нажав по клавише на клавиатуре «Esc». Отмену выбора необходимо делать для того, чтобы узлы не копировались повторно.

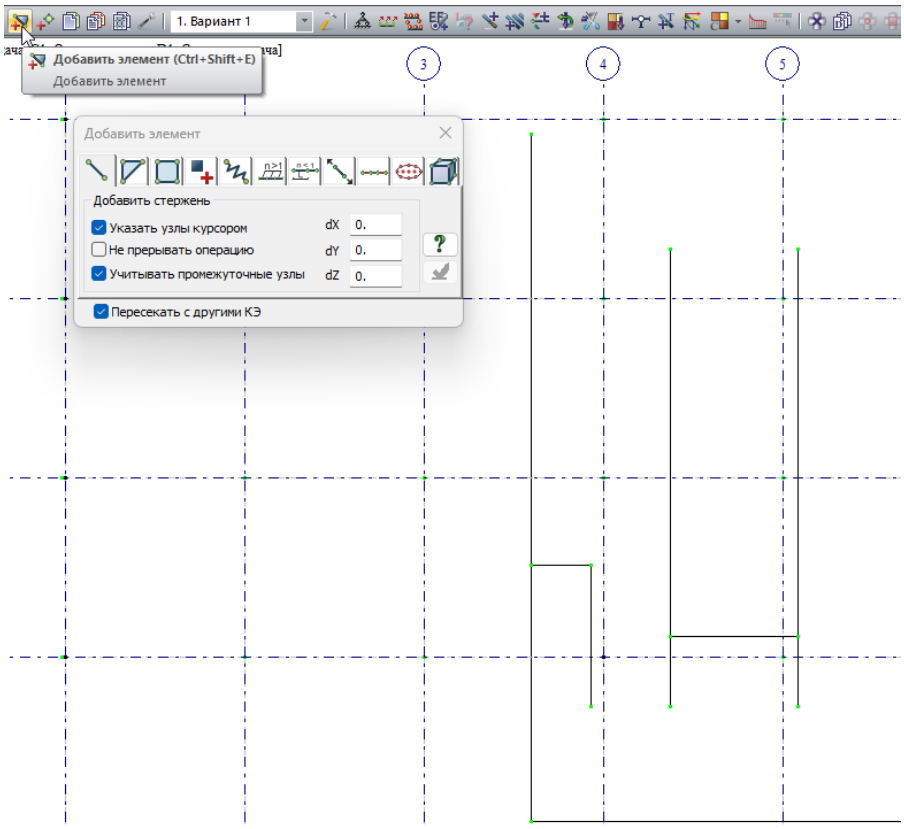
Если узел не требуется, его можно удалить. Для этого его нужно отметить и нажать на «ножницы» .



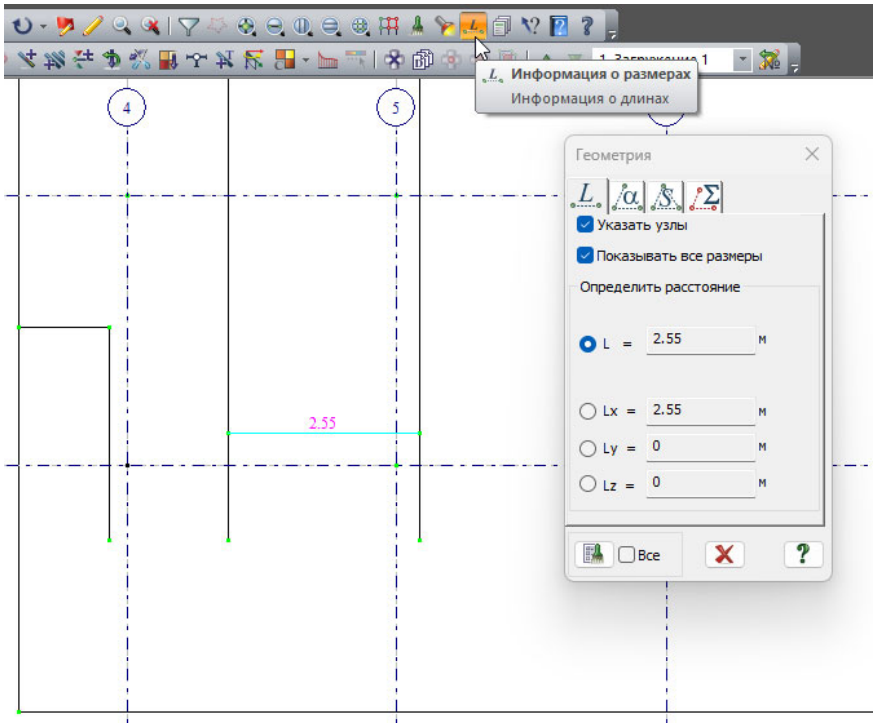
Если при попытке выбора узла появляется такое сообщение, то программа говорит о том, что в одном месте стоит 2 и более узлов (скорее всего случайно скопировались). Нужно выбрать любой и удалить .



При большом количестве ключевых улов рекомендуется (не обязательно) соединять их промежуточными (фиктивными) стержнями. Потом эти стержни не понадобятся и их можно будет легко удалить. Чтобы создать стержень нужно нажать на добавление стержня нажать на первый и последний узел.

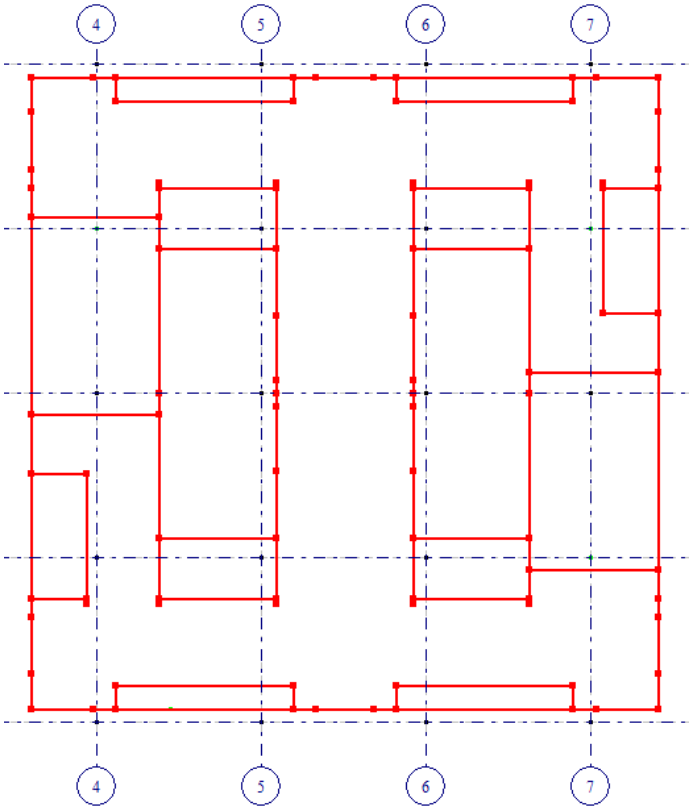


Проверить характерные размеры можно «линейкой» :



Также нужно сразу поставить узлы по углам всех проемов.

Результат создания ключевых узлов ядра жесткости с узлами по проемам:



3) Добавление узлов колонн/пилонов.

Краткая теория.

Колонны обычно моделируются стержнем, и поэтому для определения их положения на плане нужен один узел.

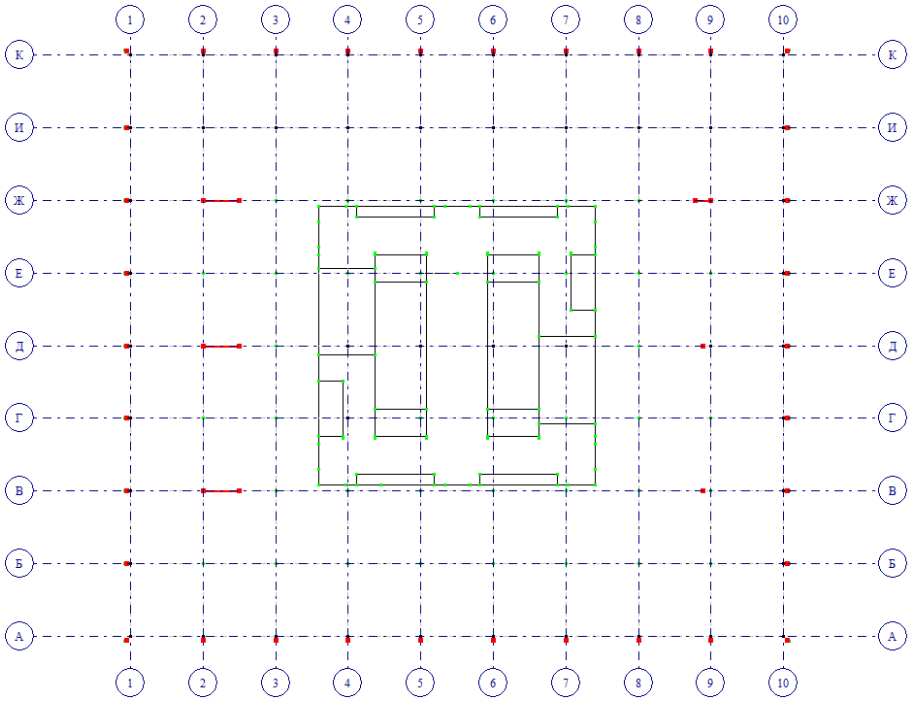
Пилоны и отдельные стены могут моделироваться и как стержни, и как пластины. При моделировании пластинами рекомендовано не менее трех элементов по ширине. Рекомендуется при этом чтобы ширина была не менее 800мм.

Стены обычно моделируются пластинами.

Колонны, которые установлены по периметру, будут моделироваться стержнями. Для их создания можно скопировать соседние узлы.

Отдельные колонны в примере будут моделироваться и стержнями, и пластинами, поэтому для них будут созданы как одиночные узлы (для стержней), так и группы (для пластин).

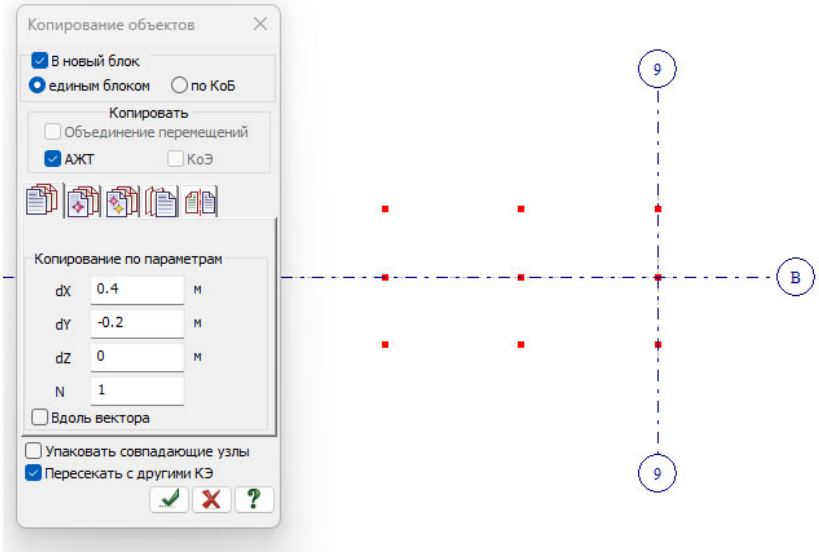
Результат создания всех ключевых узлов по промежуточным и краевым стенам и колоннам:

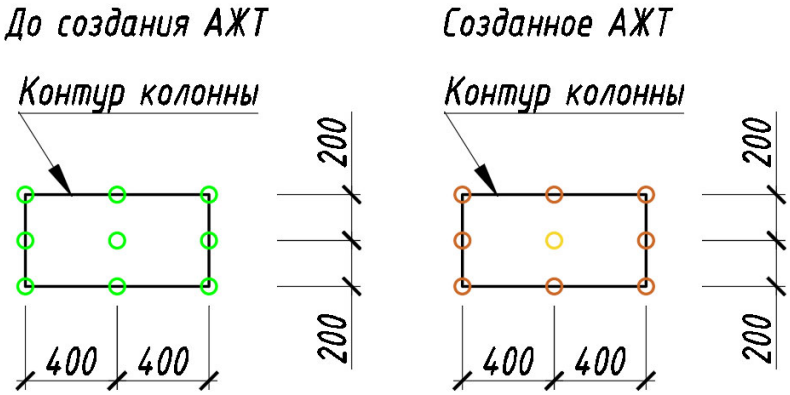


Шаг 5. Создание узлов сопряжения вертикальных конструкций и плит

Создаем АЖТ для колонн.

Для создания контура АЖТ необходимо создать узлы по периметру сечения колонны путем копирования существующих узлов (для каждого узла свое значение dX и dY).





Чтобы создать АЖТ нужно:

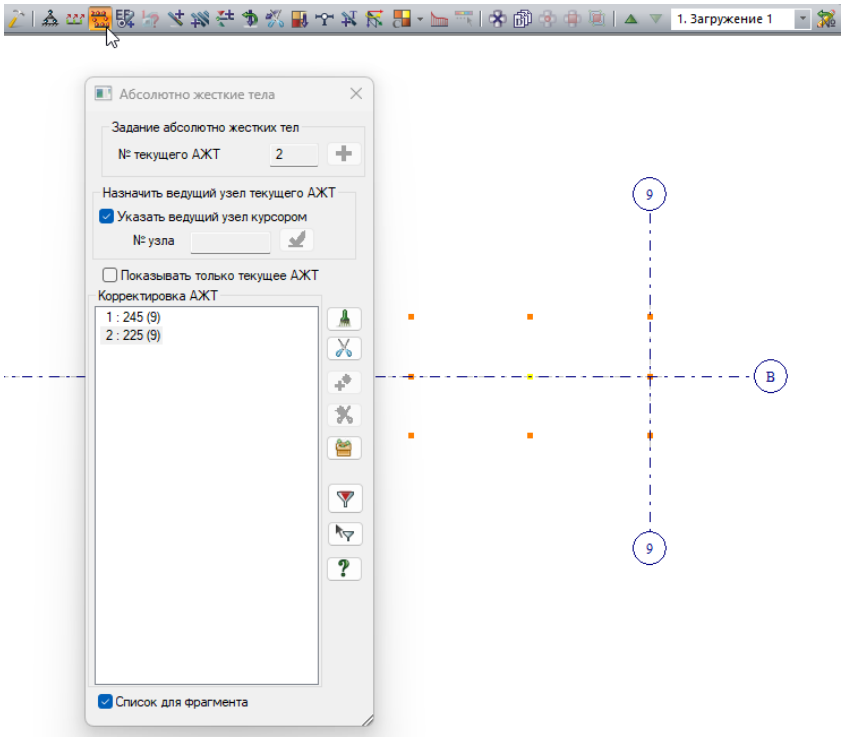
1) выделить все узлы, на которые хотим назначить АЖТ;

2) нажать на создание АЖТ ;

3) нажать галочку напротив «указать ведущий узел курсором» и нажать на центральный узел (должен подсветиться черным).

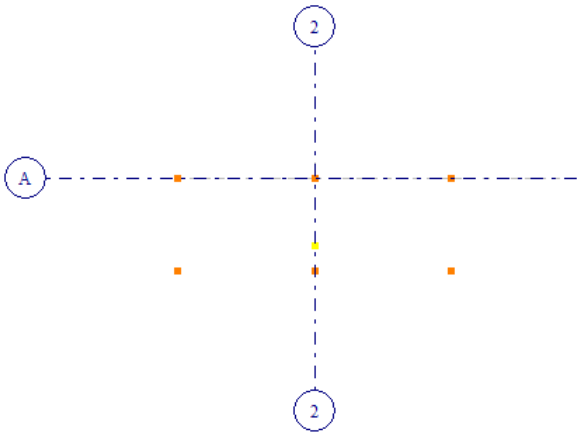
4) нажать на «плюс» .

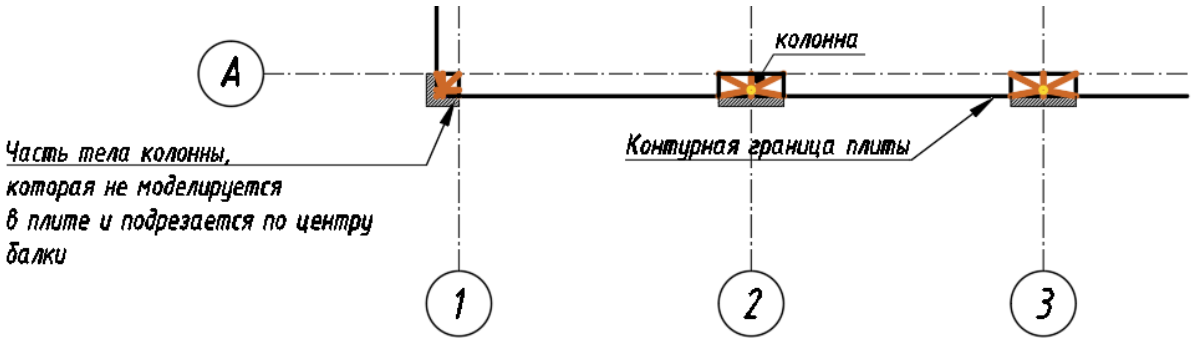
Результат (желтый узел должен быть посередине, оранжевые по периметру):



Тоже самое проделываем с остальными колонными. Зону АЖТ по крайним колоннам нужно подрезать по оси балки (в примере это одновременно граница плиты).

Результат создания АЖТ для краевых колонн (подрезаны по центральной оси балки):





АЖТ можно копировать целиком «по одному узлу». Для этого нужно:

1) выделить все узлы АЖТ;

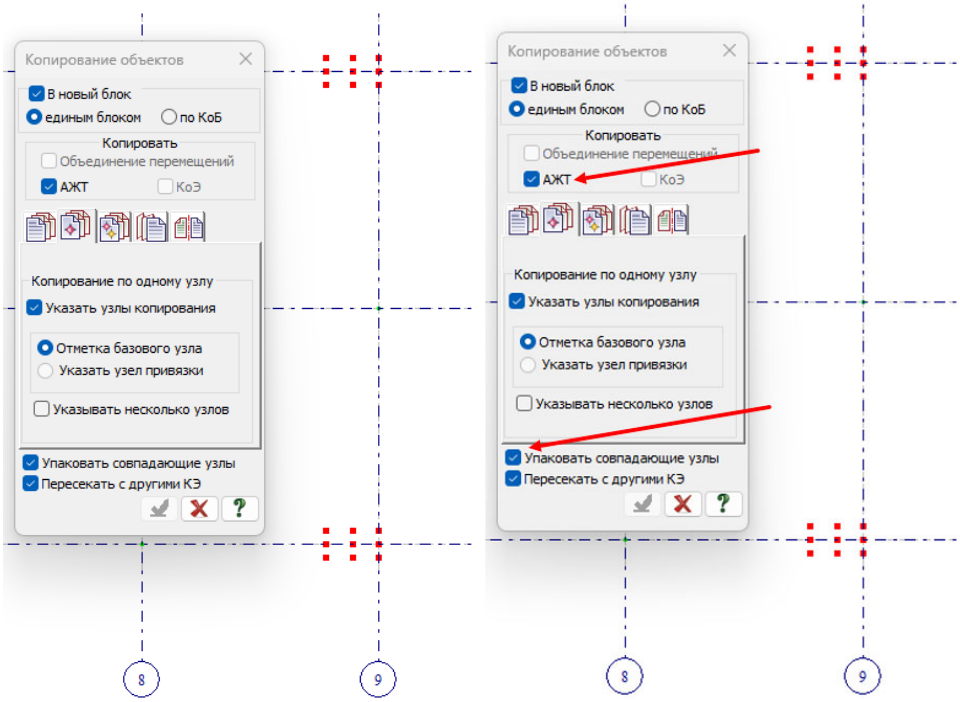
2) нажать на копирование ;

3) выбрать вкладку «копировать по одному узлу»;

4) поставить галочки АЖТ и «упаковывать» совпадающие узлы;

5) нажать ЛКМ (левая кнопка мыши) на центр АЖТ;

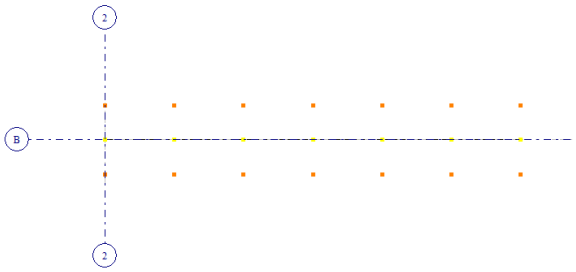
6) нажать ЛКМ на узел колонны куда производится копирование.



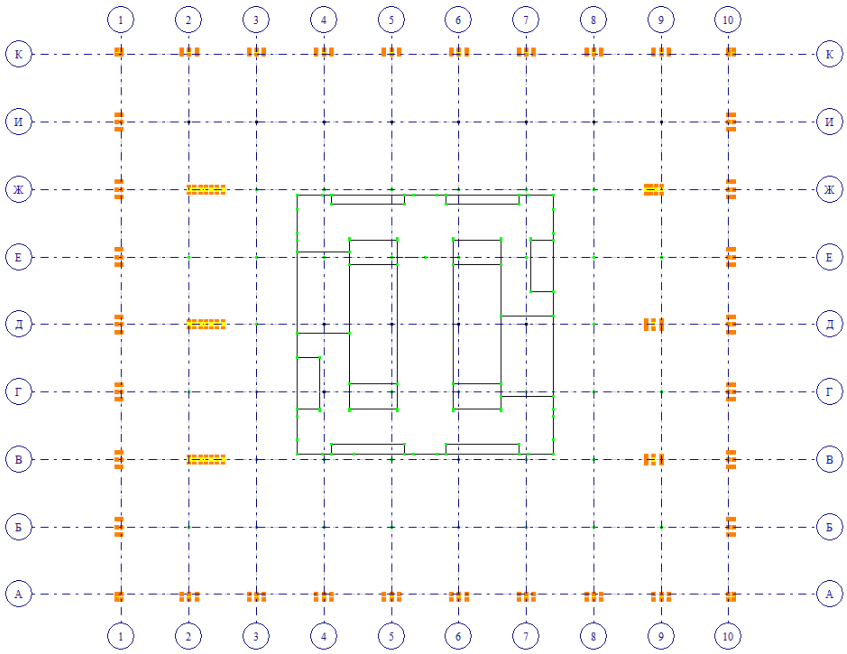
Создание АЖТ для стен.

Процесс создания АЖТ для стен отличается тем, что отдельные АЖТ должны стоять с шагом 0,3-0,4м и каждая должна содержать по 3 узла.

Результат создания АЖТ для стен:



Результат создания АЖТ:



Частые вопросы:

Вопрос №1.

Что будет, если не установить АЖТ?

Ответ.

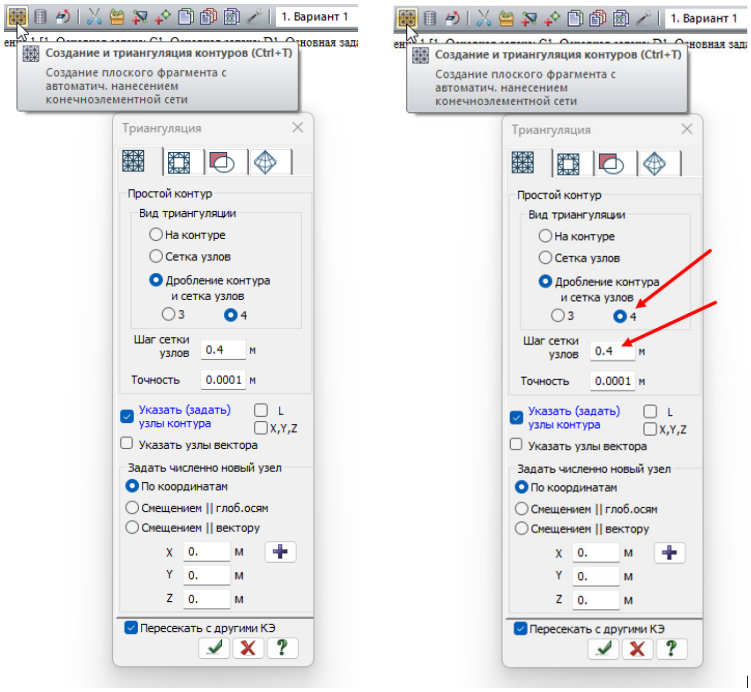
Требуемое армирование, как правило, увеличится. Зоны армирования сместятся.

Шаг 6. Создание плит

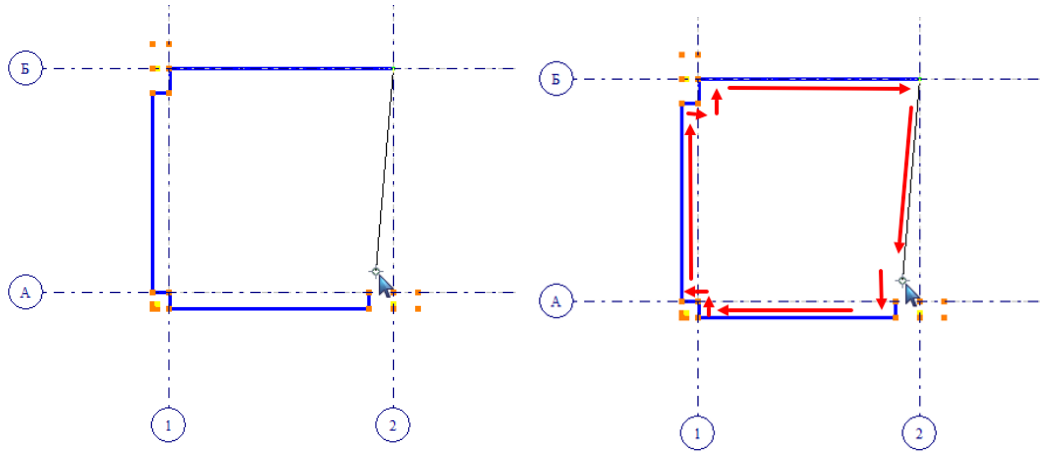
Краткая теория.

Плита/балка разбивается минимум на 8-10 элементов на пролет. Стандартной является сеть КЭ с размером 0,3-0,5м. Меньшая разбивка, как правило, не используется, поскольку очень сильно возрастает время расчета и возникают мелкие элементы со скачками усилий (и армирования). Большая разбивка приводит к недостатку точности расчета и сложности моделирования отверстий.

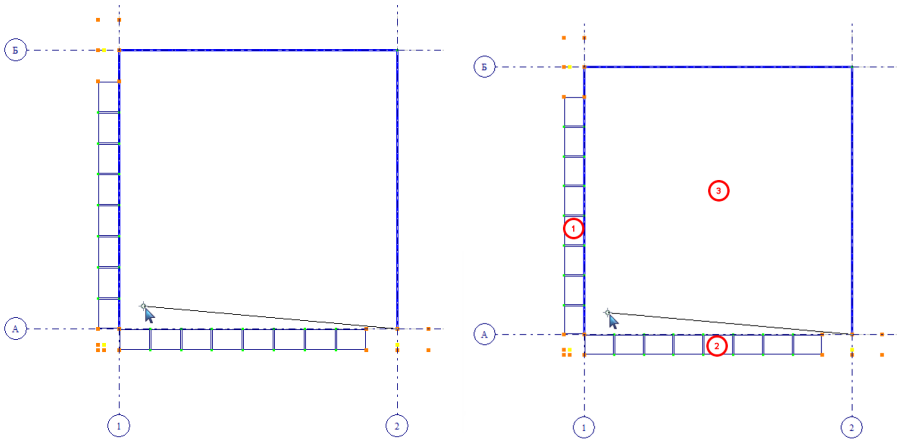
Для создания плит воспользуемся триангуляцией . Триангуляцей создадим сетку четырехугольных элементов с шагом 0,4м. Рекомендуется делать триангуляцию отдельными ячейками, ограниченными смежными осями.



Вариант №1. Более быстрый, но создающий остроугольные (с низкой точность расчета) элементы.



Вариант №2. Триангуляция по более мелким ячейкам для улучшения качества сетки. Создание одной ячейки за несколько раз.

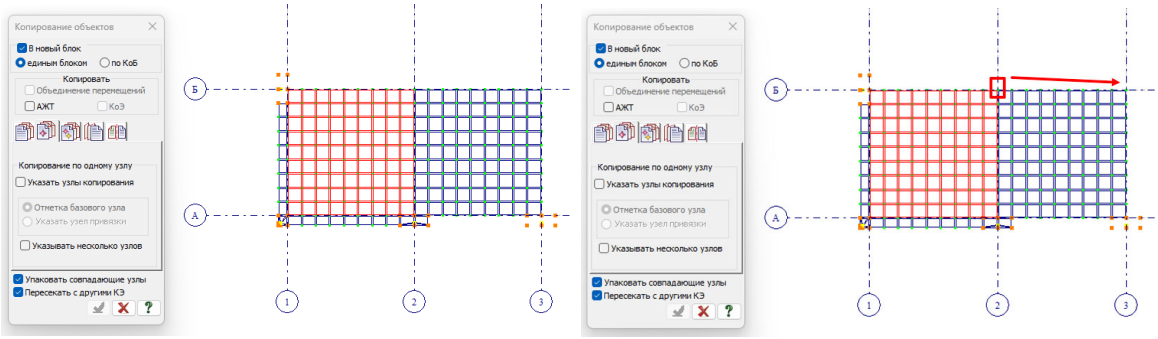


Можно копировать конечные элементы по ячейкам по аналогии с копированием узлов.

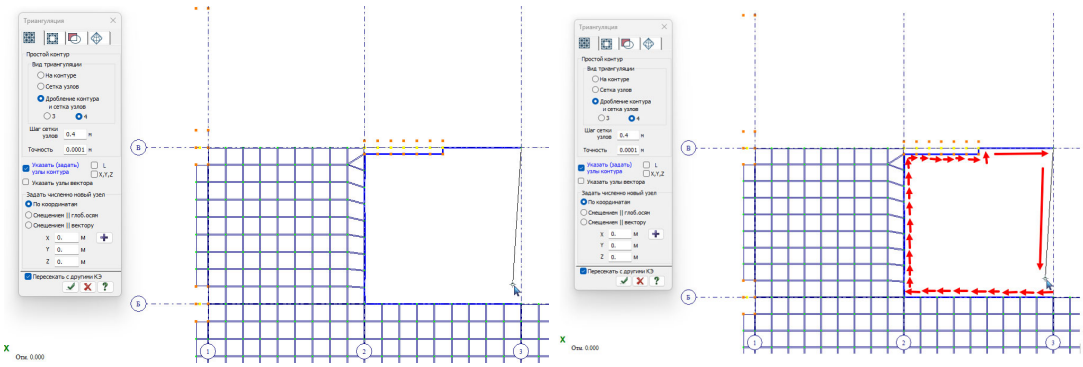
Для копирования необходимо:

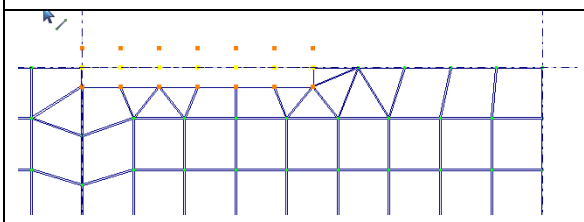
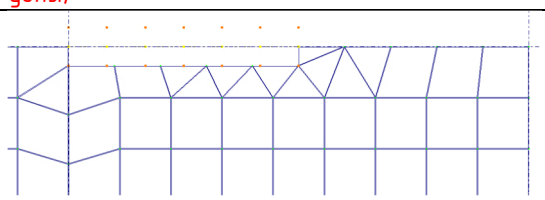
1) Выделить элементы

2) Копировать по базовому узлу от узла выделенной ячейки к узлу смежной ячейки

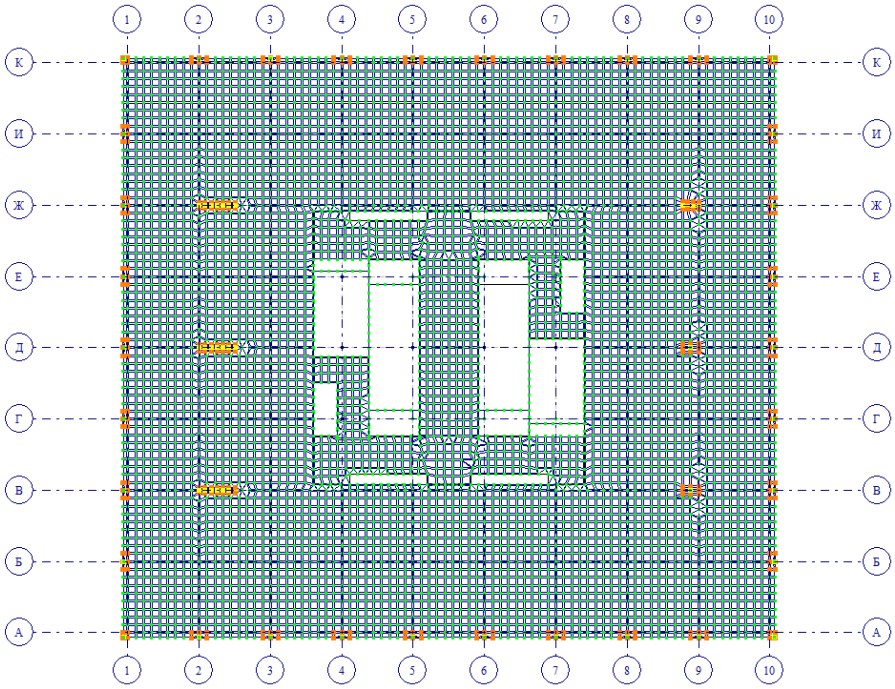


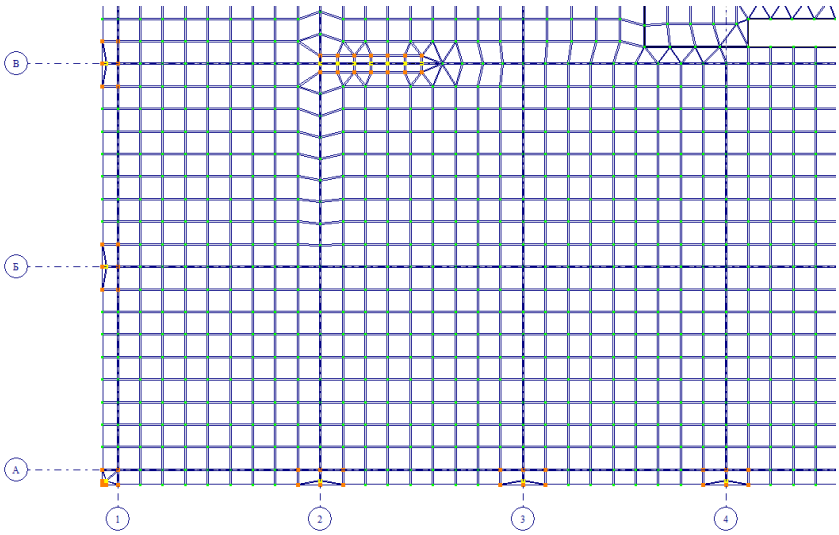
При триангуляции нужно стараться прокликать как можно больше промежуточных узлов. В противном случае узлы одной части не попадут в узлы другой части и в этом месте конструкция будет «разорвана».



Правильный вариант (нет висячих узлов)	Неправильный вариант (узлы не попали в узлы)
	

Результат триангуляции:

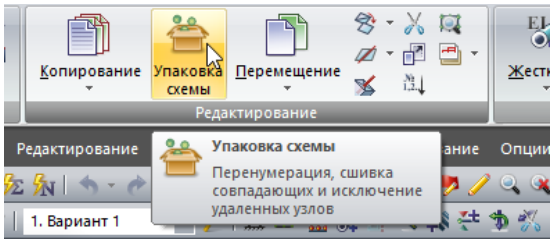




Шаг 7. Упаковка схемы

Упаковка схемы необходима для того, чтобы объединить узлы, находящиеся практически в одной точке или совпадающие, а также удалить наслаивающиеся элементы друг на друга.

Перед выполнением упаковки нужно обязательно сохранить схему, поскольку при неправильно настроенных параметрах упаковки могут удалится нужные элементы и узлы, а сделать «откат» назад не получится.

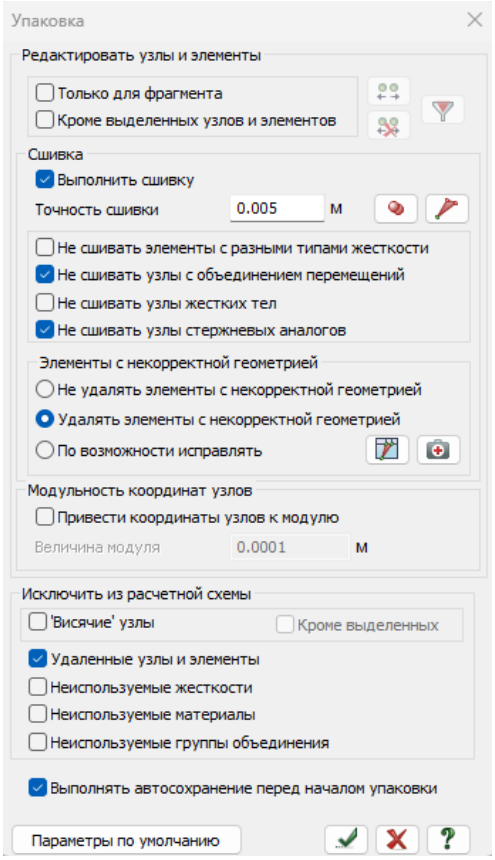


Точность сшивки – это максимальное расстояние между соседними узлами, на котором программа будет их объединять в один. Рекомендовано ставить значение от 0.001м до 0.01м.

Не сшивать узлы жестких тел (АЖТ)– при наличии АЖТ рекомендовано эту галочку снимать.

Исключить из расчетной схемы «Висячие» узлы – если свободные-висячие отдельно от элементов узлы еще понадобятся для триангуляции пластин и стержней, то галочку нужно убрать.

Удалять элементы с некорректной геометрией – если пластины слились соседними узлами и перестали быть пластинами, то такие элементы нужно автоматически удалить.

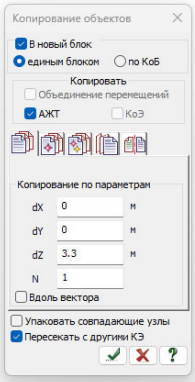


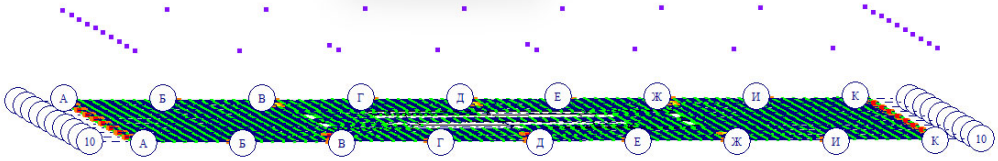
Шаг 8. Создание колонн

Колонны и стены можно создавать как «вверх», так и «вниз» относительно плиты перекрытия – это не имеет значения. Далее показано как создать методом «вверх».

Нижние узлы колонн созданы на предыдущих этапах. Их необходимо отметить и копировать на высоту этажа (по Z).

Чтобы перейти в пространственный вид нужно использовать клавиши . Вращать ви можно на ПКМ.

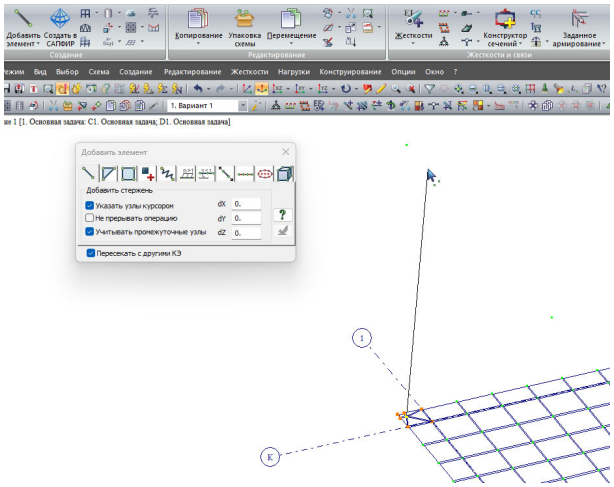




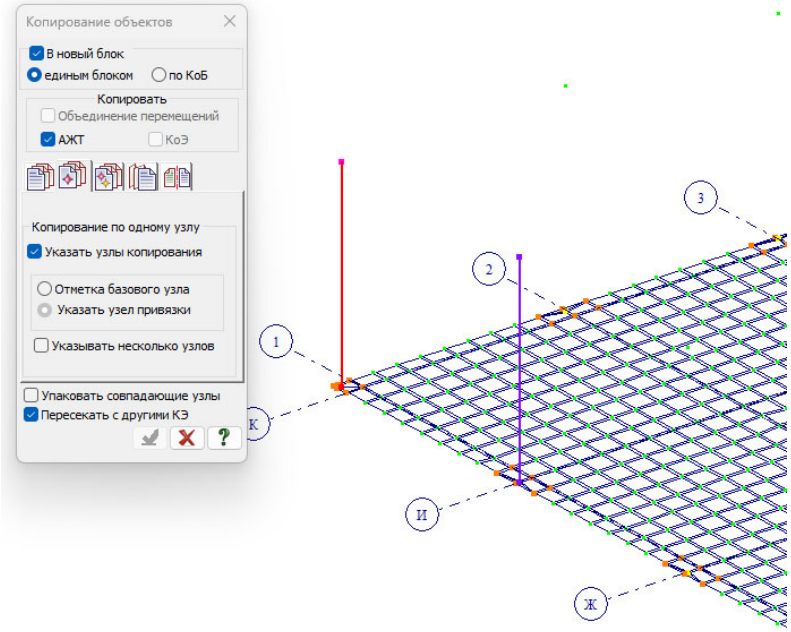
Для создания колонн нужно воспользоваться командой «Добавить элемент» . Далее создать стержень, кликнув сначала в нижний узел, затем в верхний.

Краткая теория.

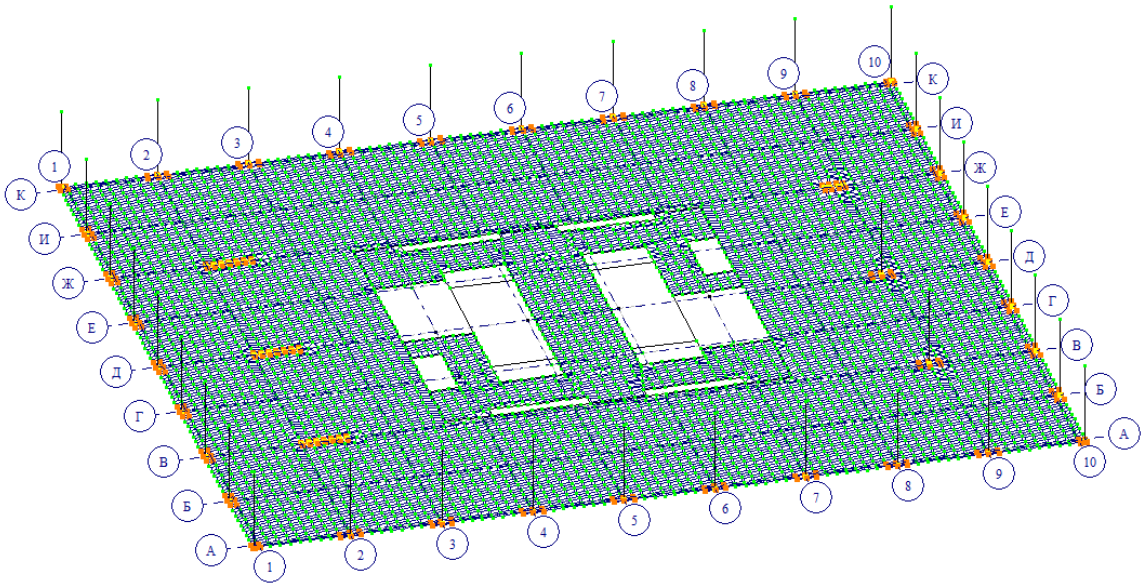
Стержни рекомендуется создавать снизу-вверх и слева-направо. При этом не будут сбиваться местные оси стержневых элементов (как их проверить и исправить будет сказано ниже).



Колонны можно копировать по одному узлу:

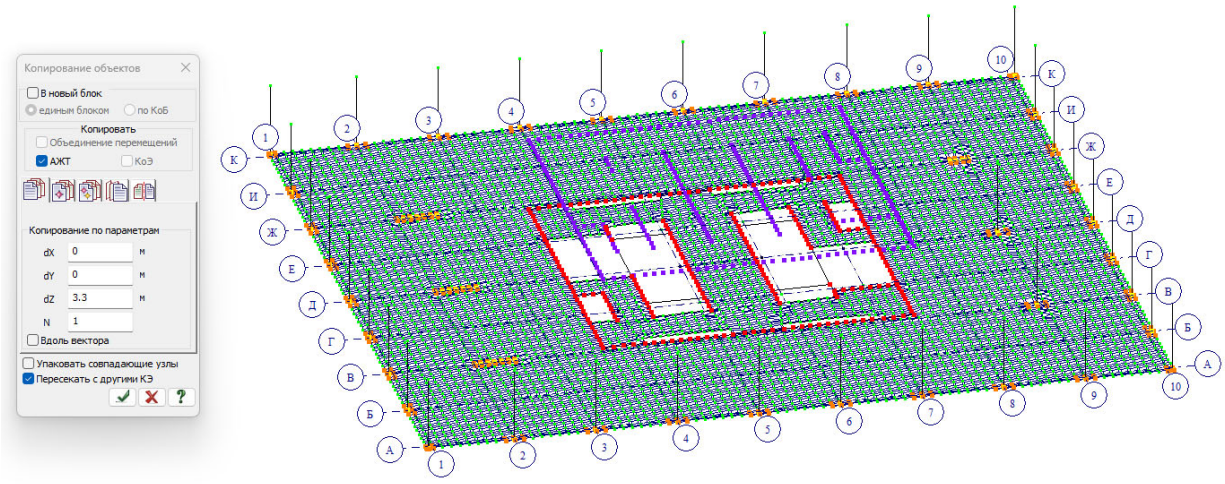


Результат создания колонн:



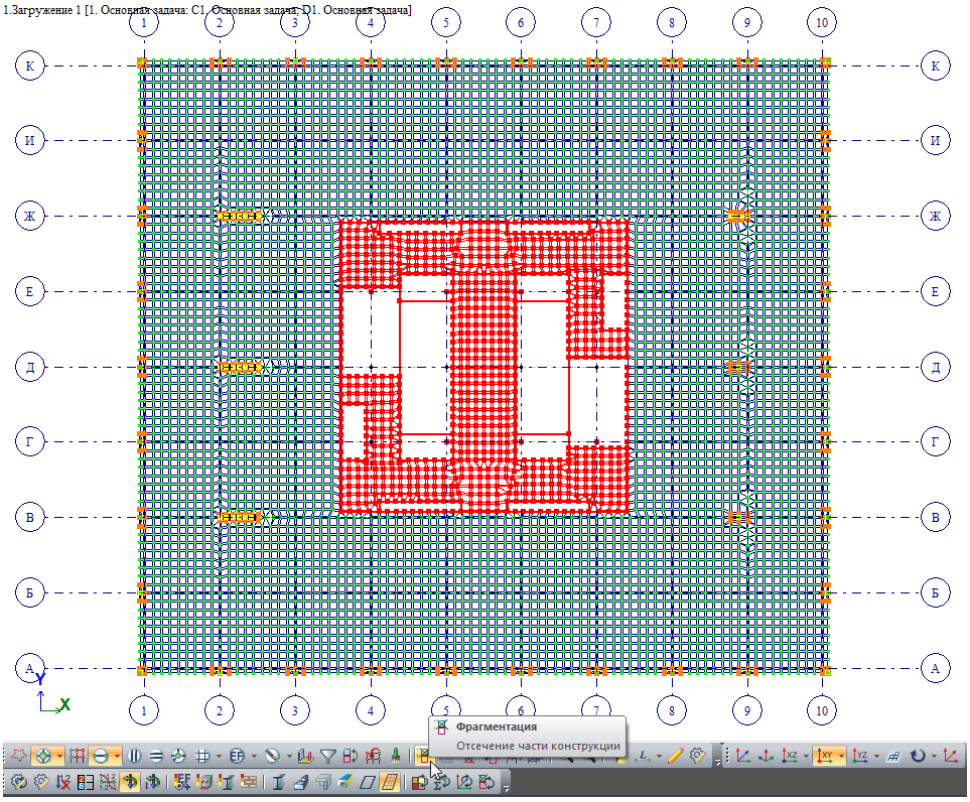
Шаг 9. Создание стен

Все ключевые узлы стен созданы на предыдущих шагах и некоторые соединены стержнями в плоскости плиты (XOY).



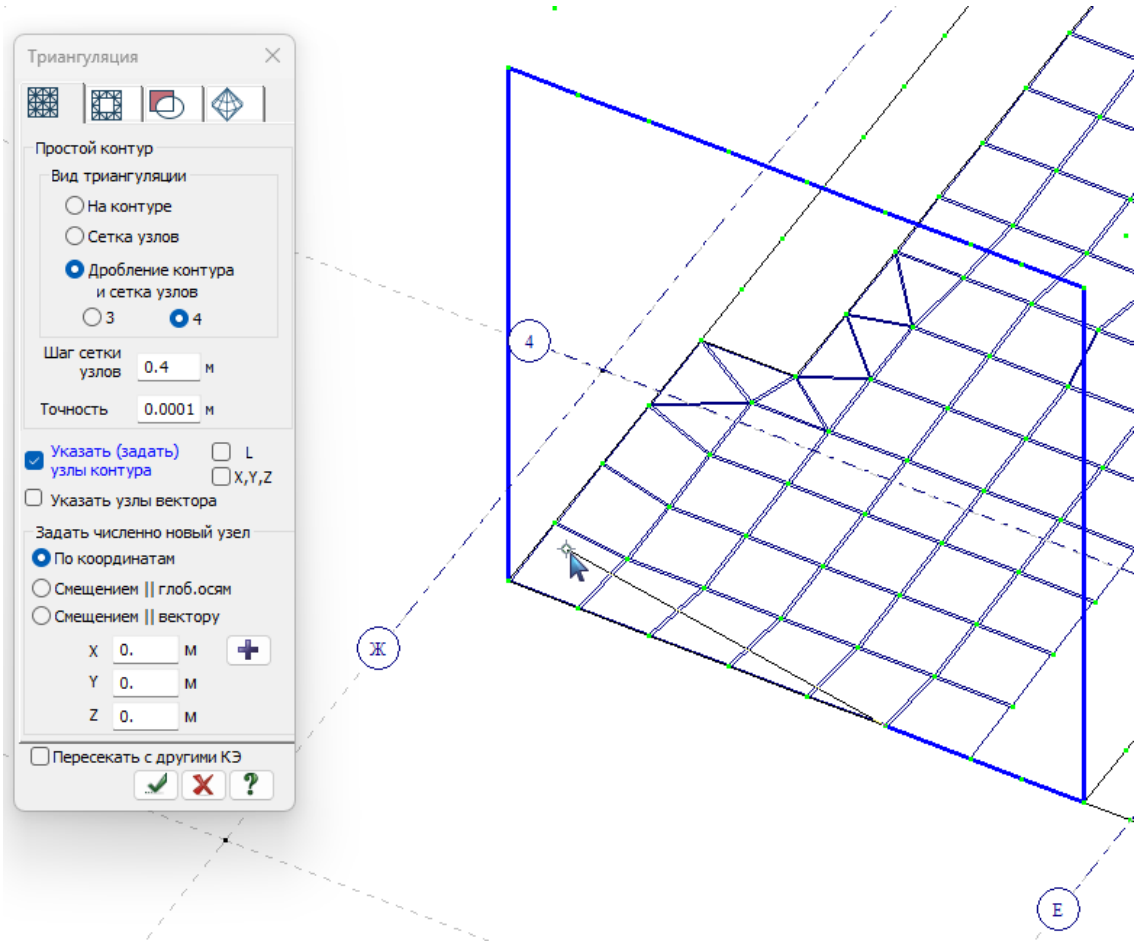
Нижние узлы стен созданы на предыдущих этапах. Их необходимо отметить и копировать на высоту этажа (по Z).

Для дальнейшего удобства работы необходимо сделать фрагметацию схемы, т.е. скрыть из вида не нужные элементы. Для этого нужно выделить интересующие узлы и элементы и нажать на фрагментацию .

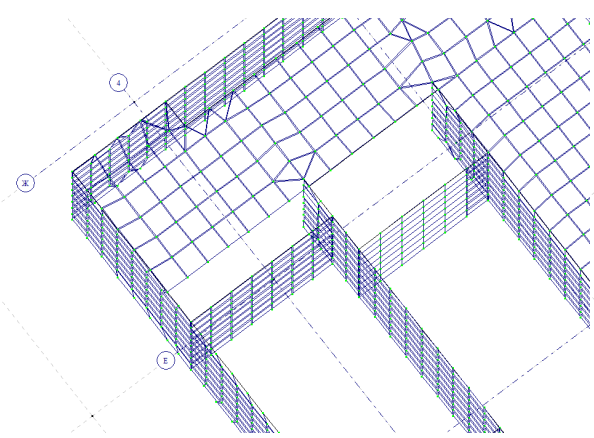


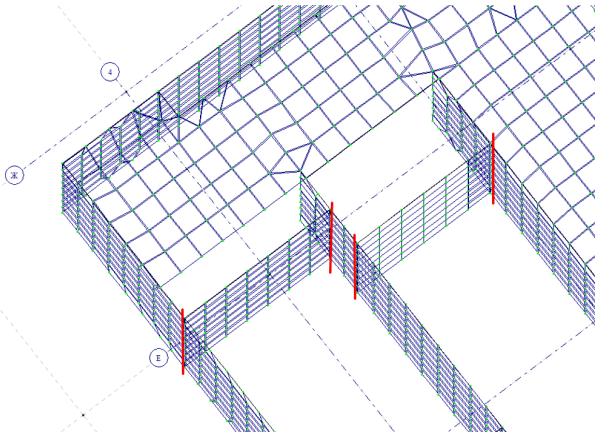
Если нужно вернуться к исходному виду, то нужно нажать на «восстановление конструкций» . Если фрагментация выполнялась несколько раз, то можно переключаться на предыдущие фрагменты .

Триангулируем контур стены. При этом лучше триангулировать малыми участками – это позволит максимально сохранить вертикальность конечных элементов и облегчит последующее добавление проемов. Также необходимо отметить, что при триангуляции нужно нажимать на большинство промежуточных узлов контура, чтобы новые узлы попали в старые узлы.

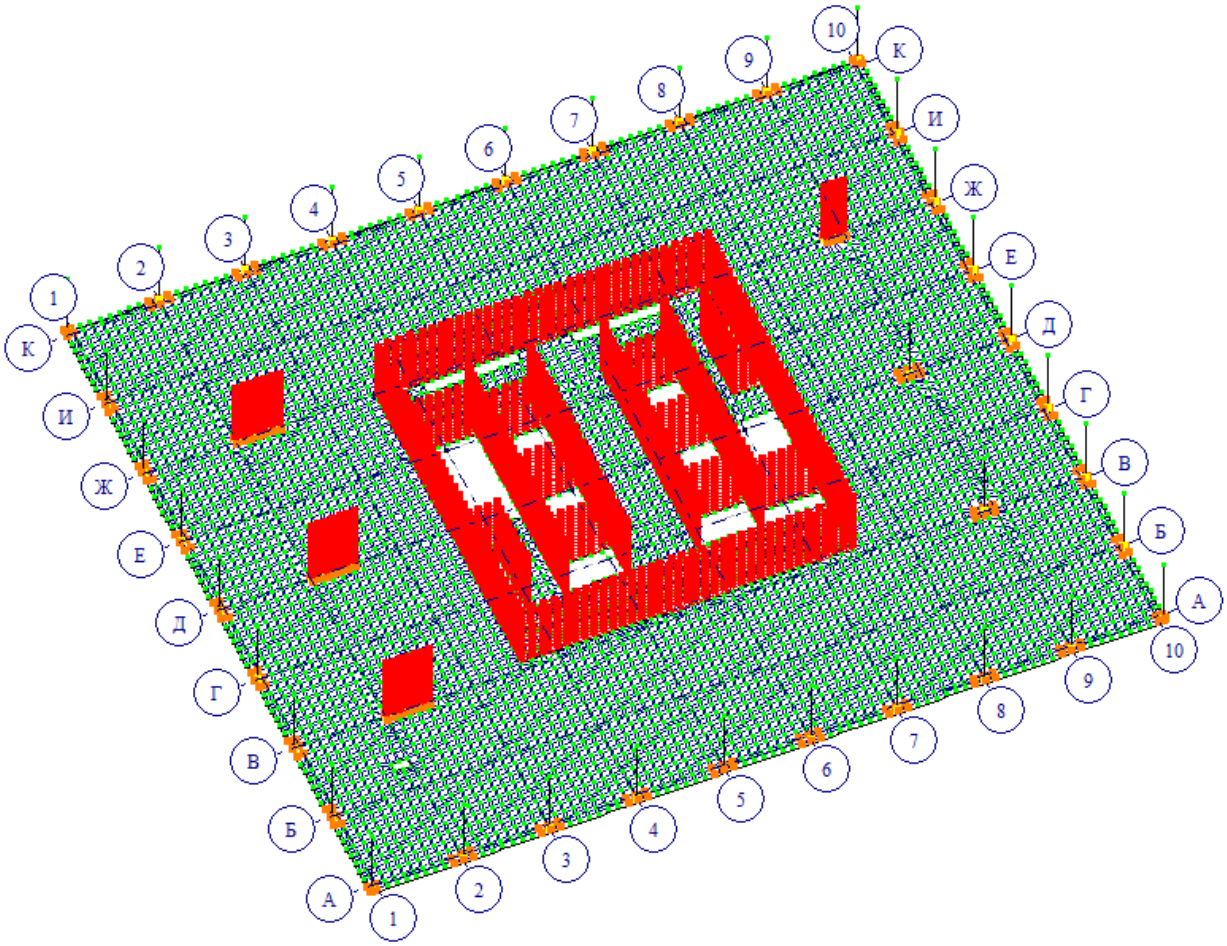


Места пересечения стен должны быть вертикальными, чтобы края конечных элементов были всегда выстроены по вертикальной линии.



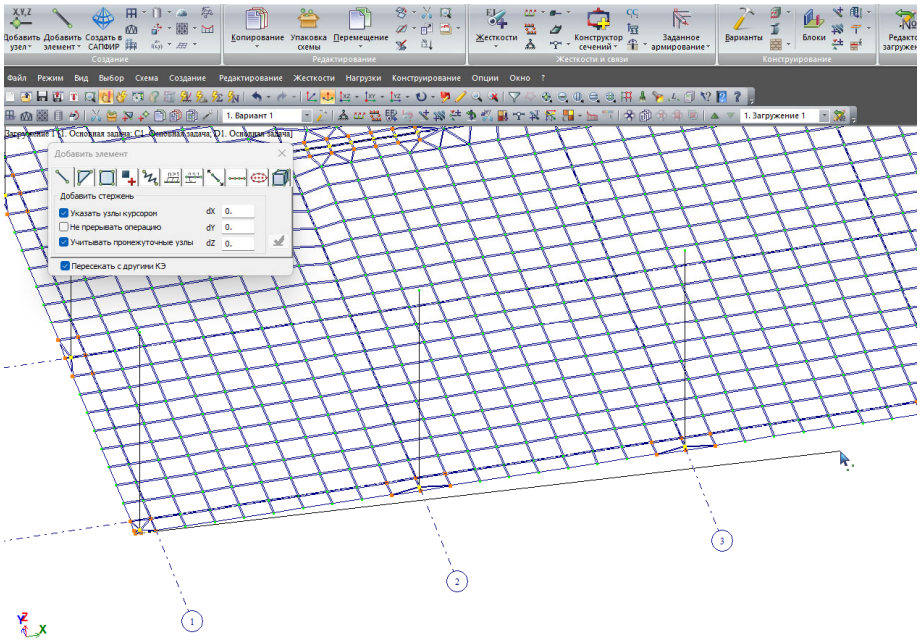


Результат создания стен:

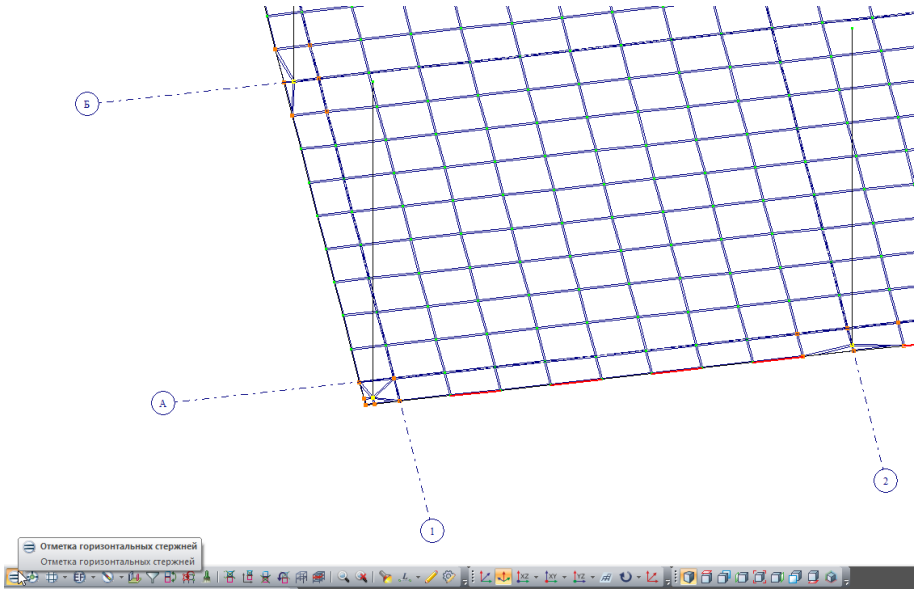


Шаг 10. Создание балок

В примере балки создаются стержнями. Для создания нужно воспользоваться командой добавить элемент . Далее создать стержень, кликнув по ключевым узлам контура перекрытия. Обязательно при создании нужно поставить галочку «учитывать промежуточные узлы», чтобы балка разбилась по ним.



После создания необходимо проверить, что стержни выделяются отдельными элементами, т.е. стержень разбился по шагу конечных элементов плиты. Для этого удобно воспользоваться командой отметка горизонтальных стержней .



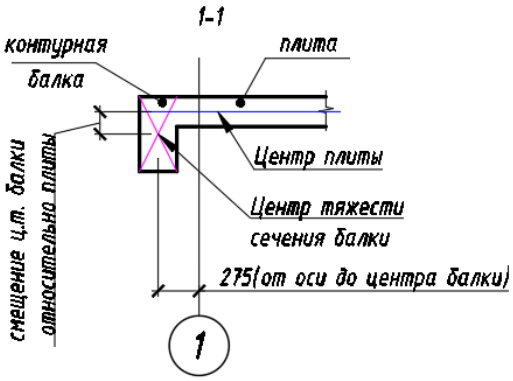
Далее необходимо сместить центр балки вниз относительно центра плиты перекрытия, моделируя тем самым ее фактическое положение под плитой.

Смещение **E** можно определить по чертежу или рассчитать по формуле:

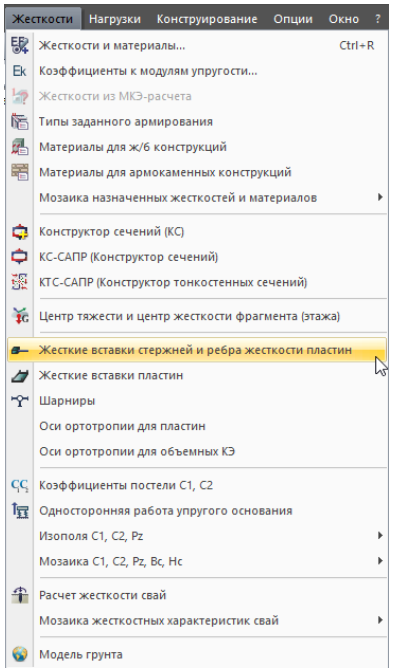
$$E = \frac{H_b}{2} - \frac{t_{pl}}{2},$$ где

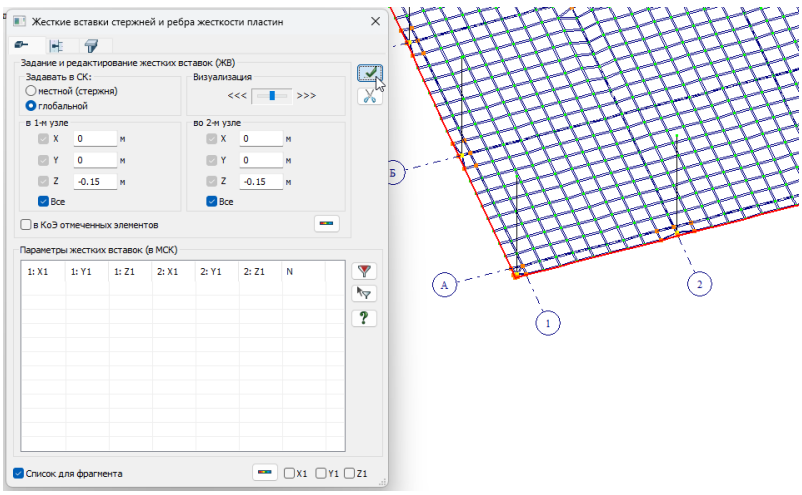
H_b – высота балки до верха перекрытия;

t_{pl} – толщина плиты перекрытия.

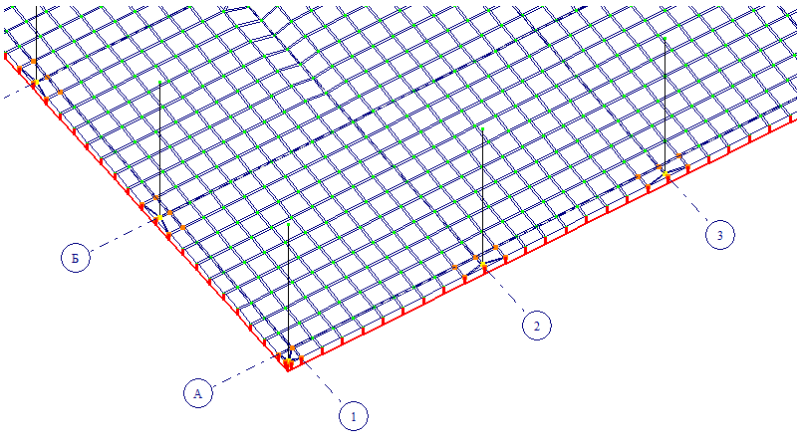


Производим смещение на рассчитанную величину. Выделяем балки , которые будем смещать. Переходим во вкладке «Жесткости» «Жесткие вставки стержней» Смещение обязательно производить при нажатой галочке «Глобальная система координат» (задавать в СК – глобальная).

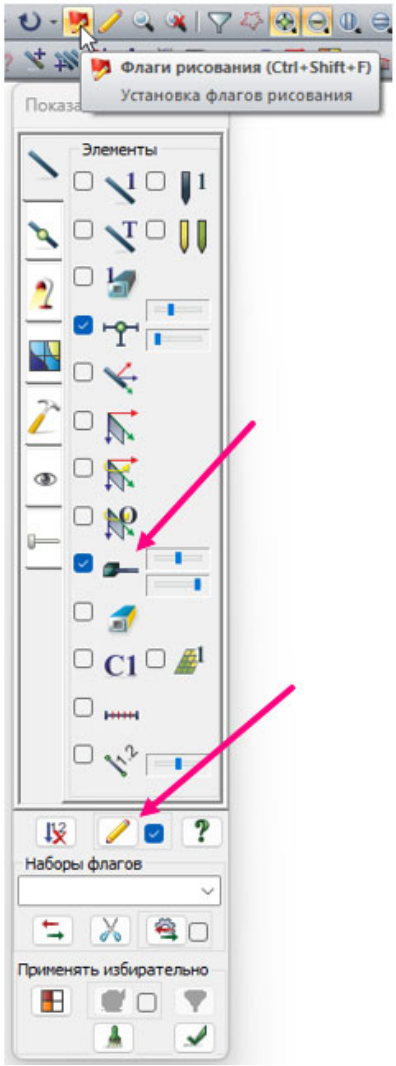




Результат создания контурных балок со смещением:

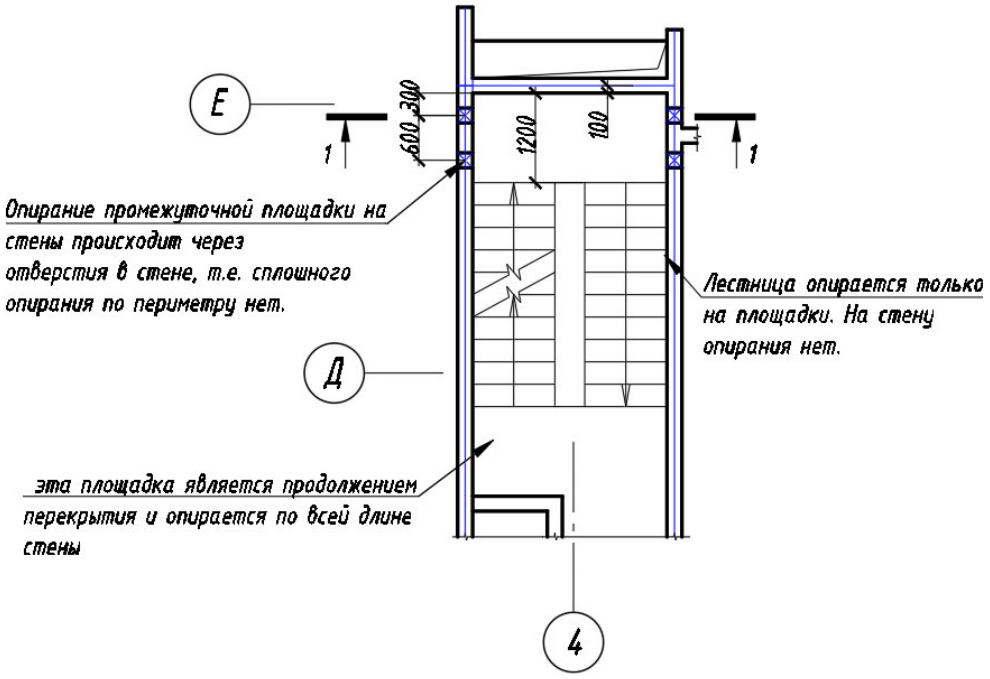


Примечание. Если жестких вставок не видно, то нужно включить их видимость через флаги рисования .

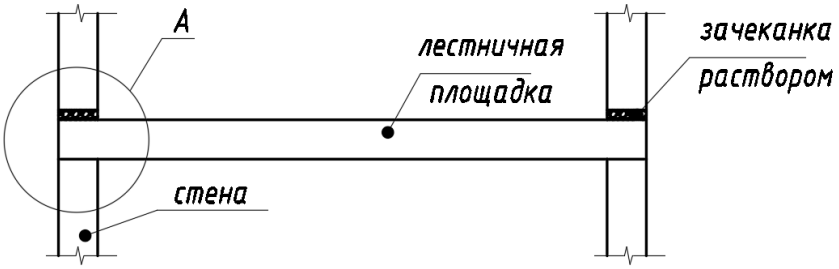


Шаг 11. Создание лестничных площадок и маршей

В примере моделируется шарнирное опирание лестничной площадки на стены. Марши с лестничной площадкой сопрягаются жестко.

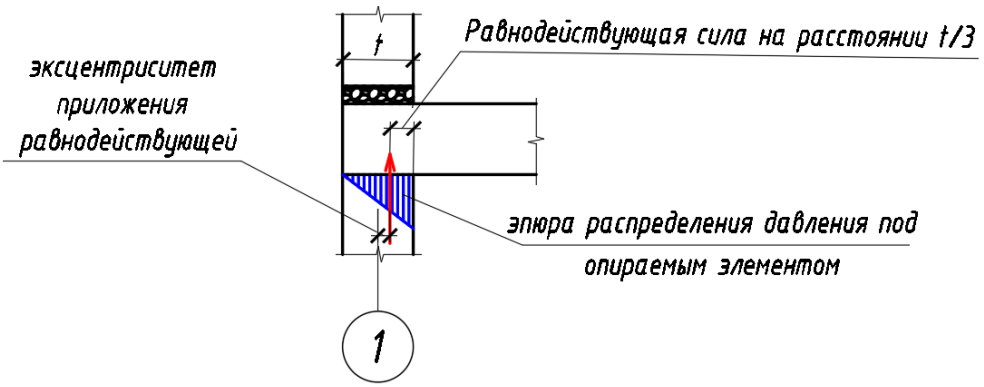


1-1



А

шарнирное опирание

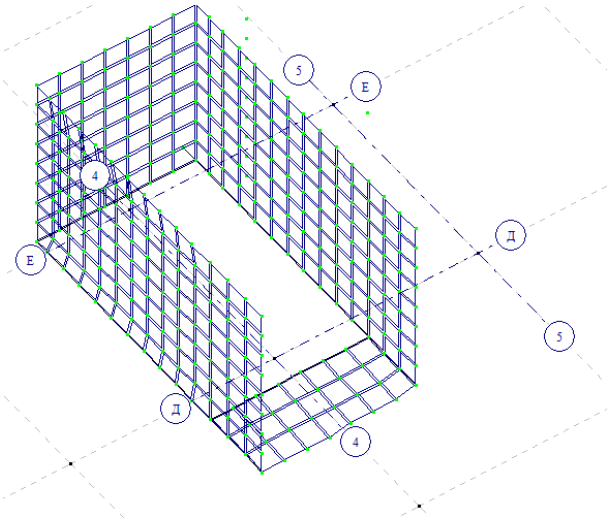


Шаг 11.1 Создание лестничных площадок

Для удобства создания лестничной площадки и маршей необходимо отфрагментировать стены лестничной клетки путем ее выделения и нажатия на клавишу фрагментации

Если нужно вернуться к исходному виду, то нужно нажать на «восстановление конструкций» .

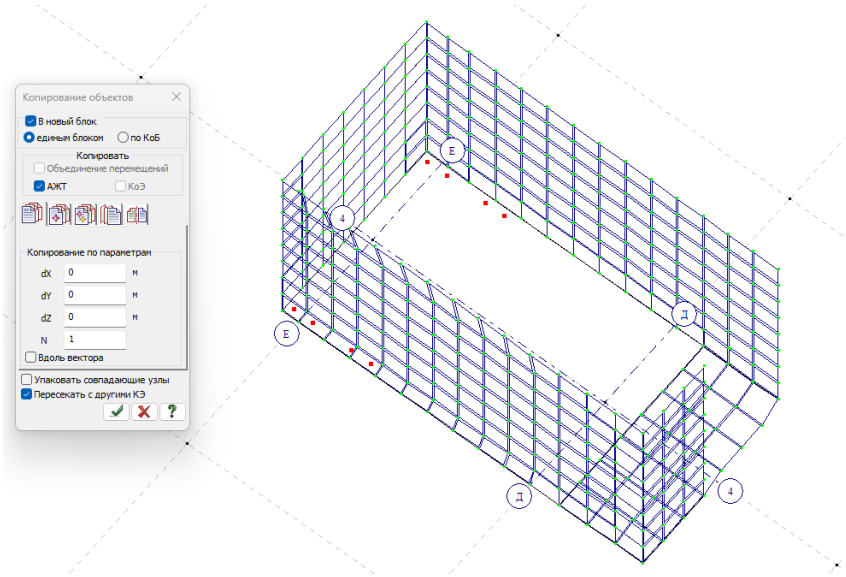
Результат фрагментации:



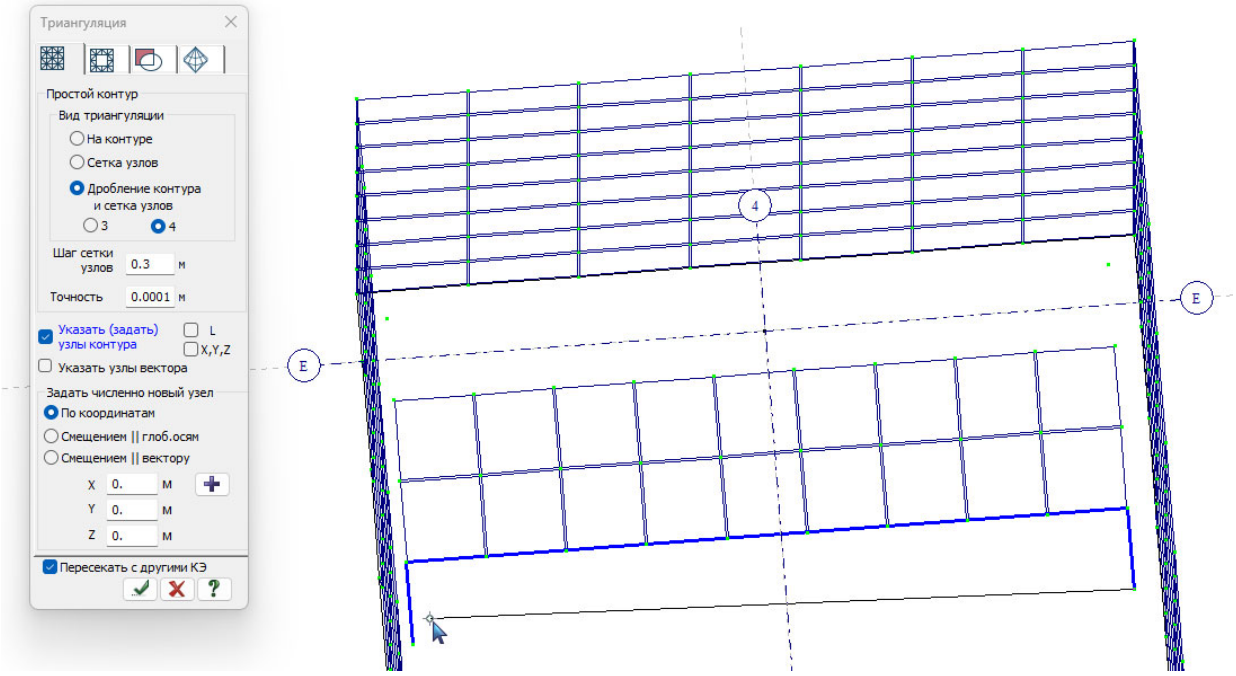
Создаем ключевые узлы контура площадки путем копирования существующих. Промежуточная площадка опирается на 4 точки, поэтому сопряжение со стеной должно быть только в них, а на других точках площадка должна быть отрезана.

Контур площадки можно создать в плоскости перекрытия, а затем перенести выше на нужную отметку.

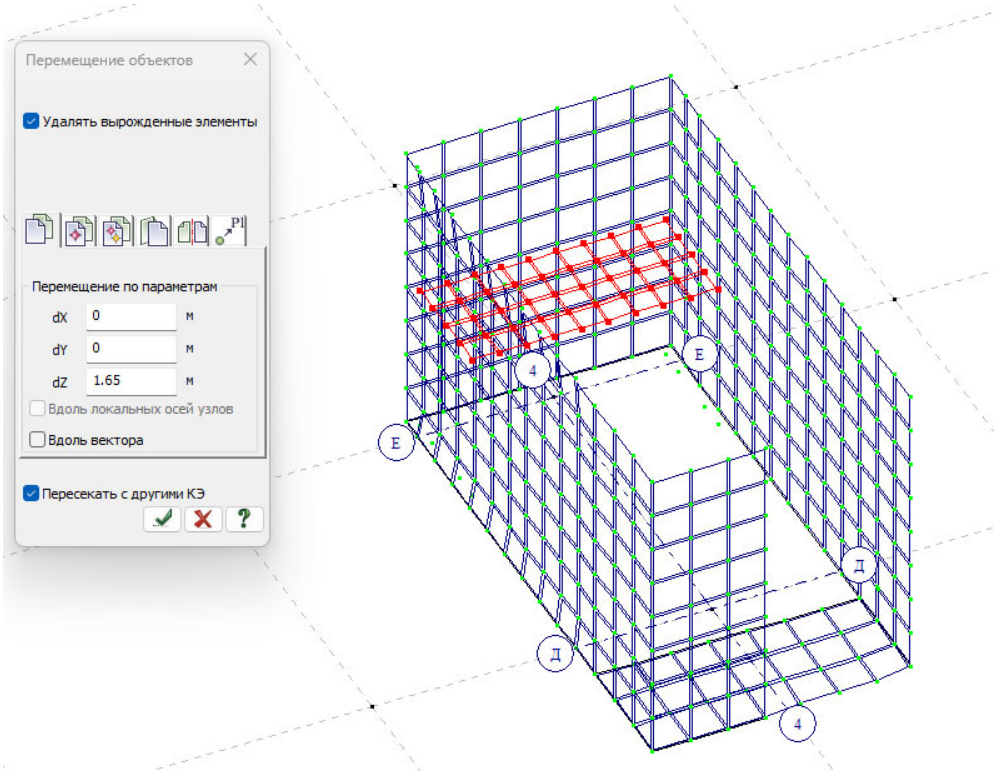
Результат создания ключевых узлов контура (при этом созданы ключевые узлы площадки – 4 узла контура и 4 узла опирания):



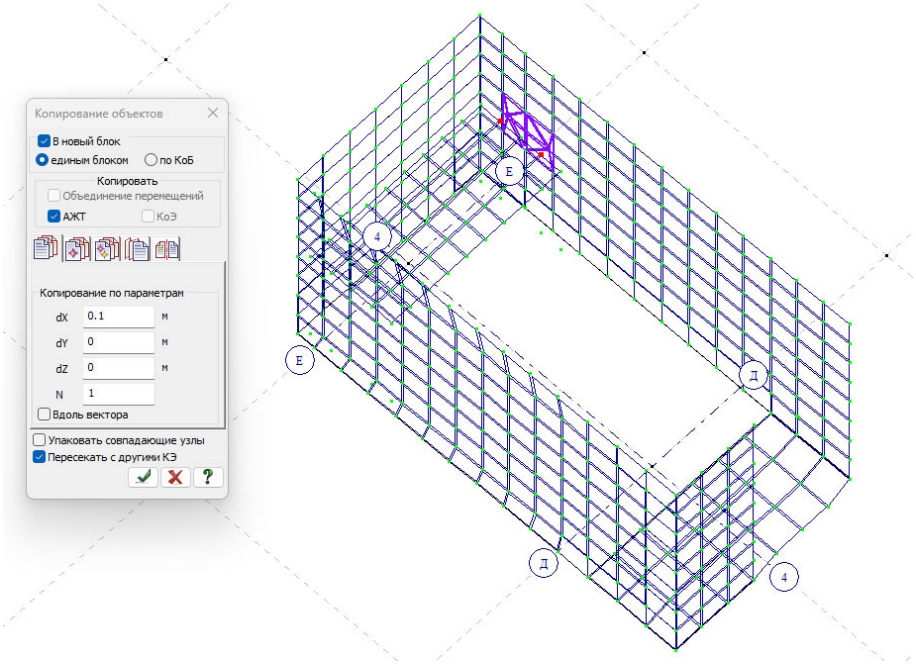
Далее триангулируем пластины. При этом триангулируем плиту за три раза:



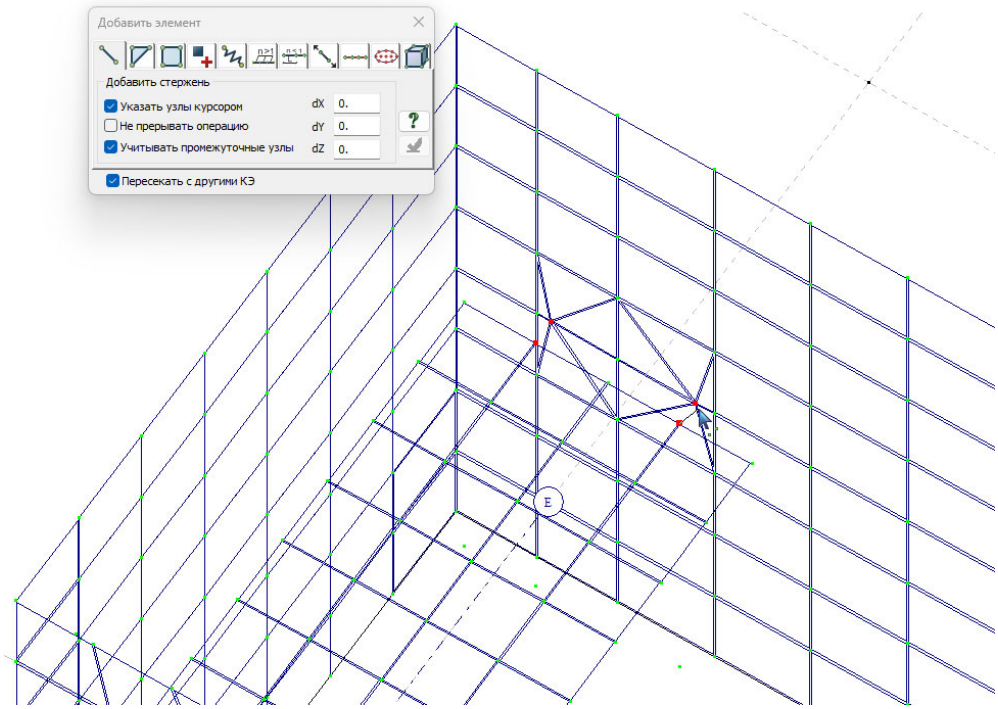
Созданную площадку перенесем на нужную отметку:



Копируем узлы, через которые лестничная площадка будет оперта на стену. При этом должна стоять галочка «Пересекать с другими КЭ». На стене должны появиться дополнительные узлы и разбиться элементы стены.



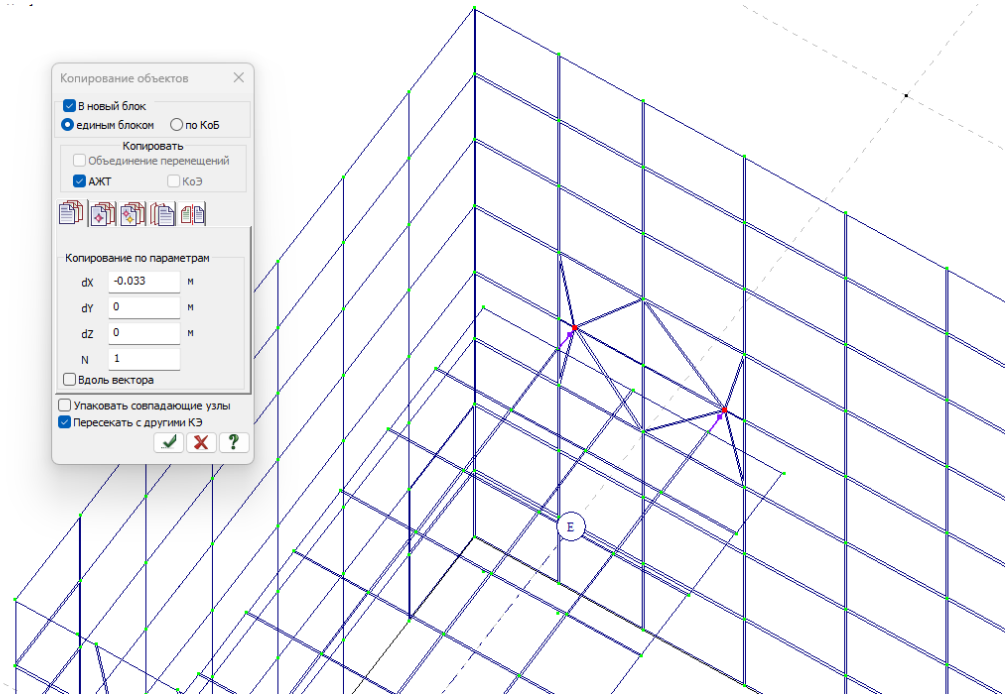
В выделенные узлы добавляем стержни, моделирующие опирание на стену через балки:



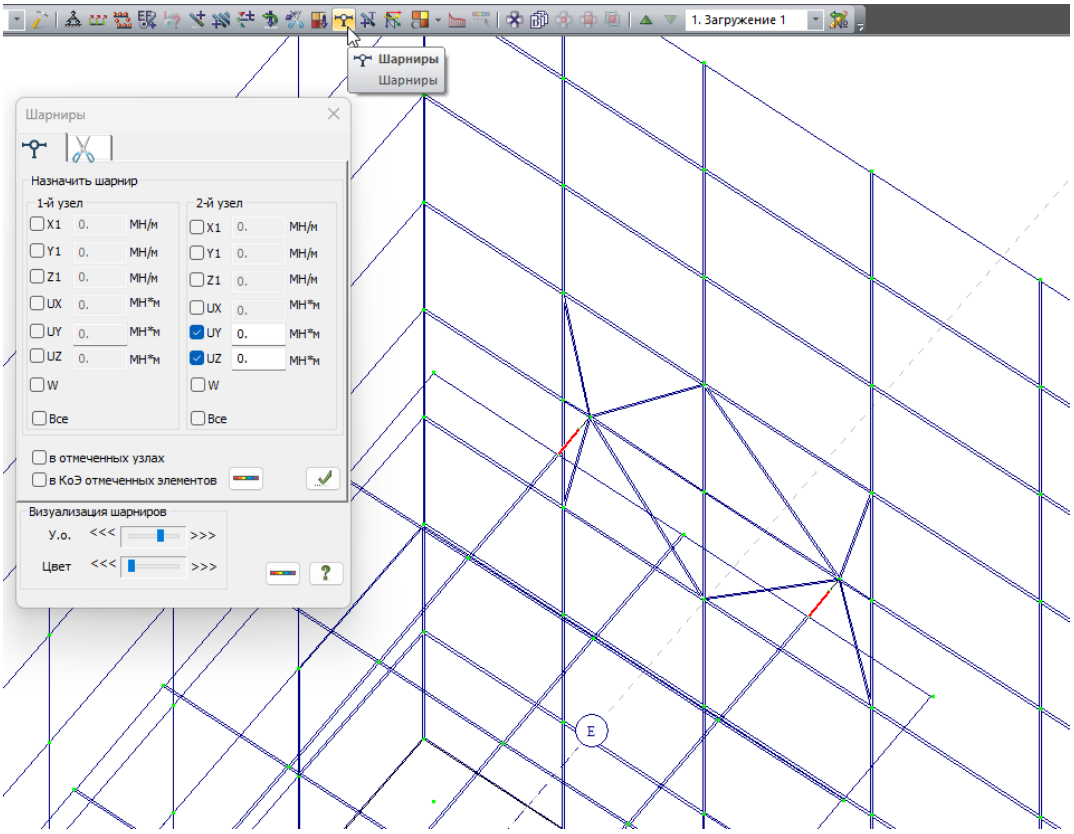
Для создания шарнирного опирания созданные стержни необходимо еще разбить промежуточным узлом. При этом также должна стоять галочка «Пересекать с другими КЭ». Промежуточный узел вводится на расстоянии **S** от пластин стены. Данное расстояние можно определить по чертежу или рассчитать по формуле:

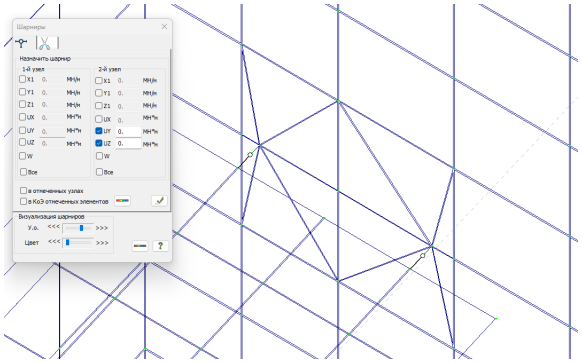
$$\boldsymbol{S} = \frac{\boldsymbol{t}_{\text{ст}}}{\boldsymbol{6}},$$ где

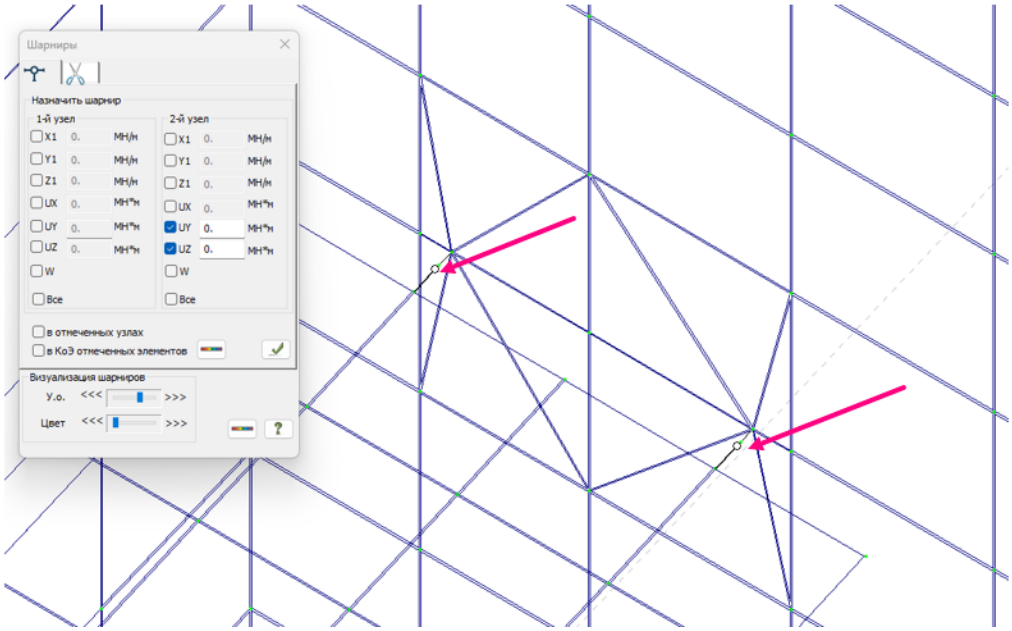
$\boldsymbol{t}_{\text{ст}}$ – толщина стены.



В стержни около данных узлов нужно ввести шарниры относительно местных осей Y и Z. При этом во вкладке «Шарниры» могут быть поставлены галочки или только в 1й узел или только во 2й – главное отследить что шарнир создался у промежуточного узла.

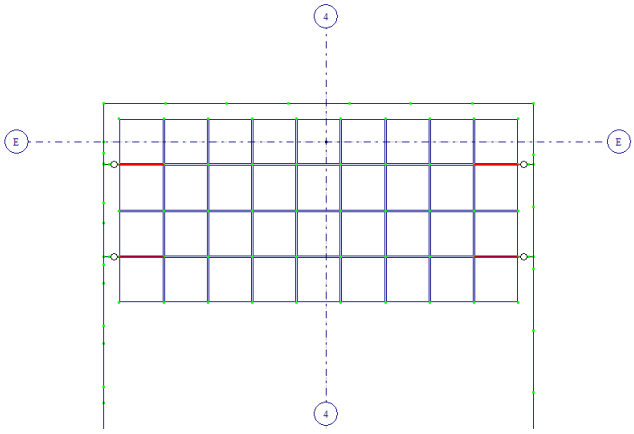






Для того чтобы опорные элементы воспринимали моменты, возникающие в плоскости плиты, необходимо продлить балки путем ввода дополнительных стержней по пластинам (в расчете используется 5 степеней свободы в оболочке, подробнее см. начало справочника).

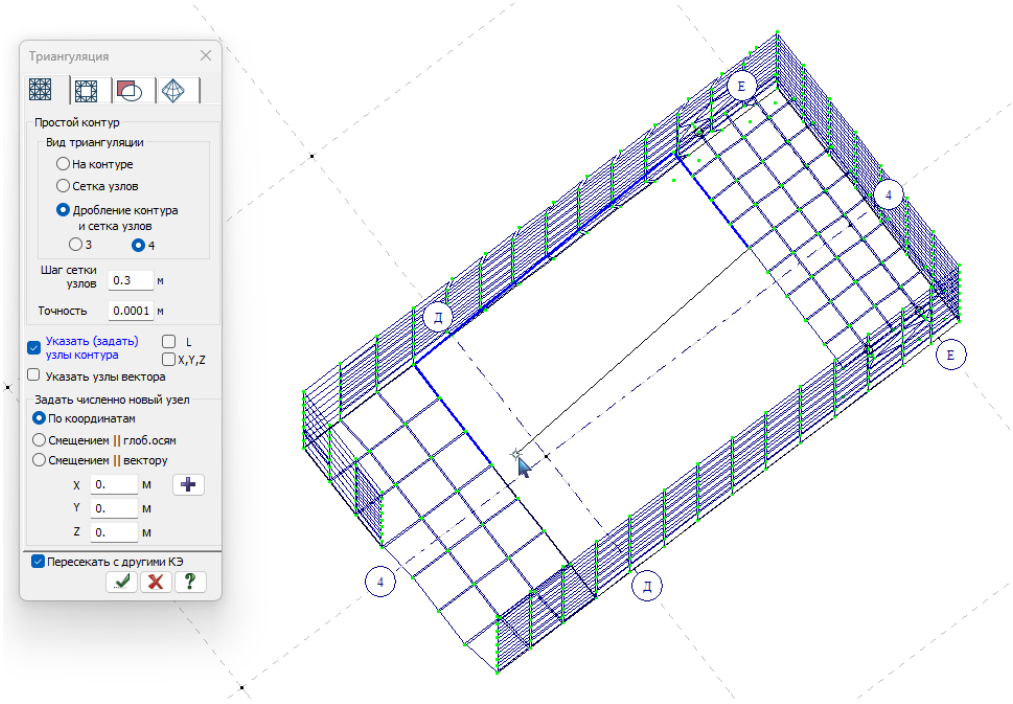
Результат ввода дополнительных элементов:

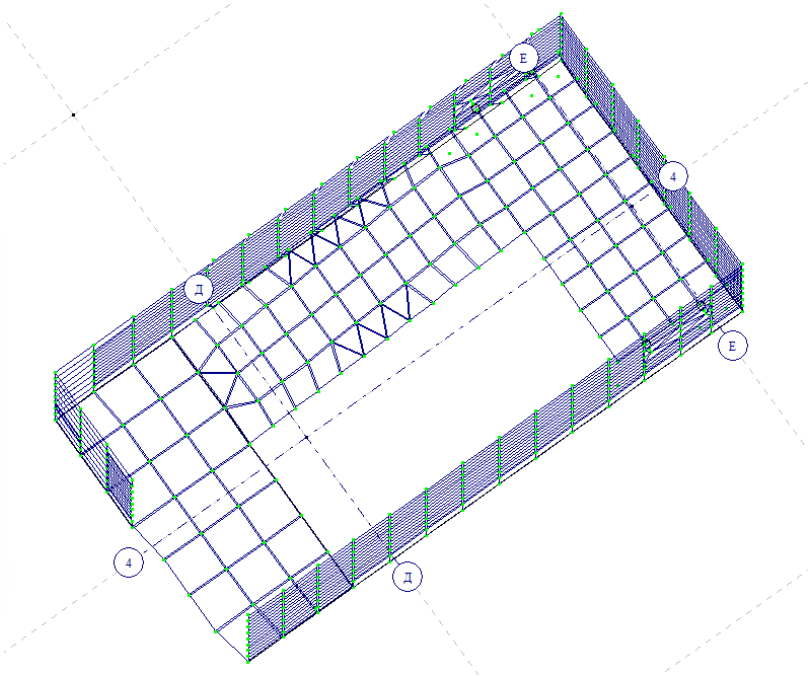


Шаг 11.2 Создание лестничных маршей

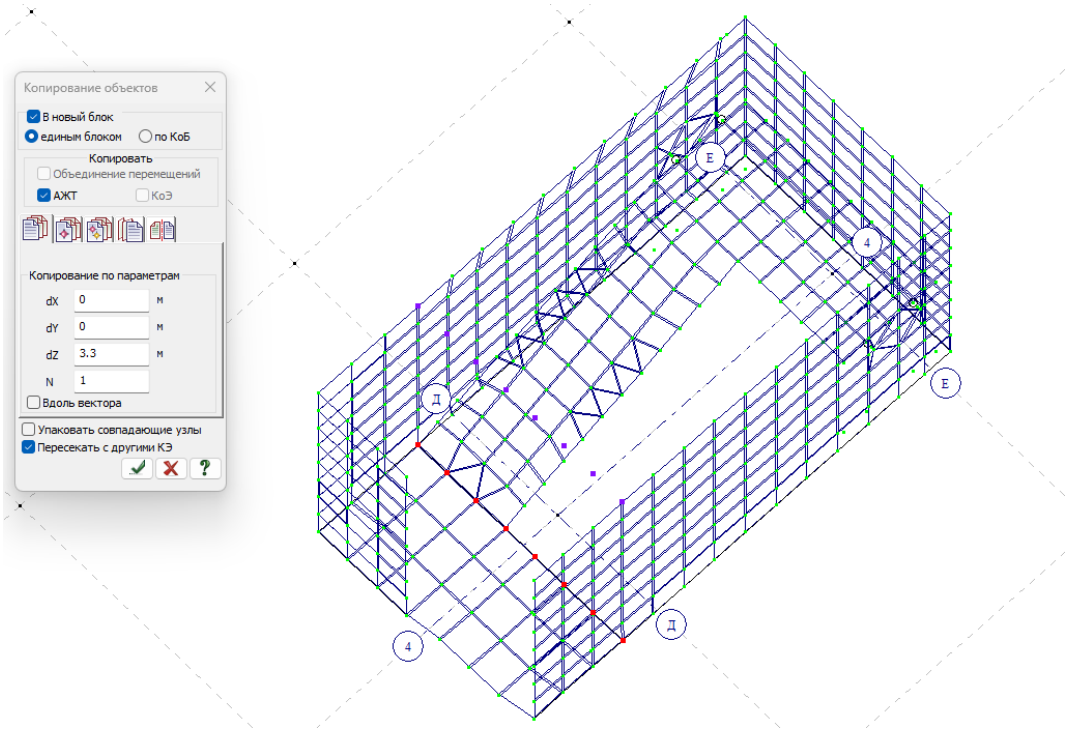
Лестничные марши жестко сопрягаются с площадками и не имеют точек соприкосновения со стенами.

Создание лестничных маршей ведется путем триангуляции .

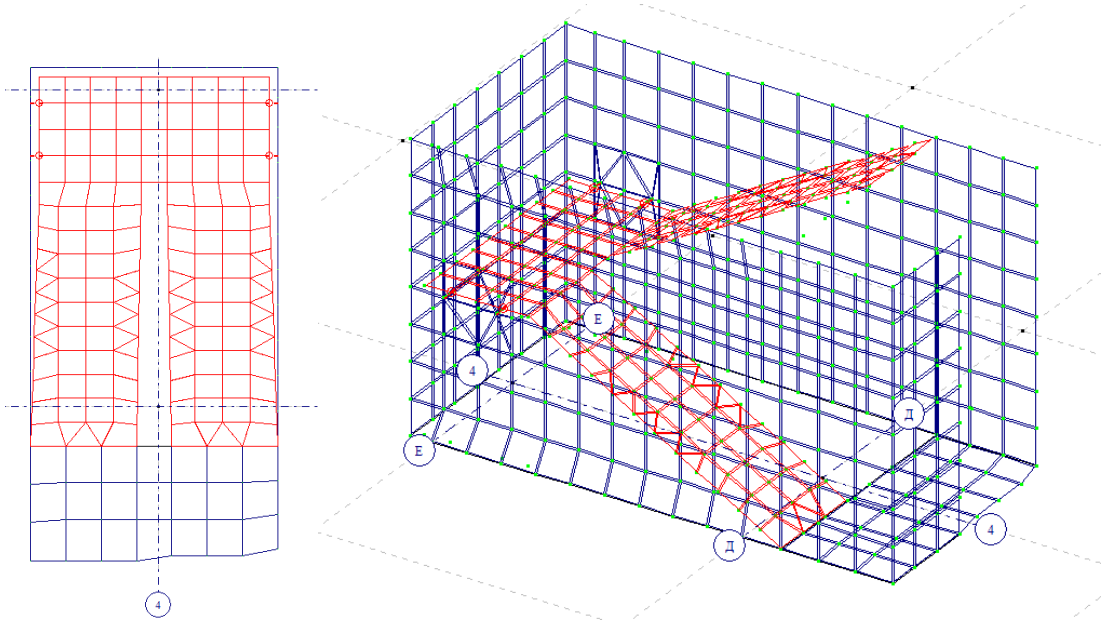




Для создания верхнего марша нужно скопировать вверх ключевые узлы площадки и по ним произвести триангуляцию .

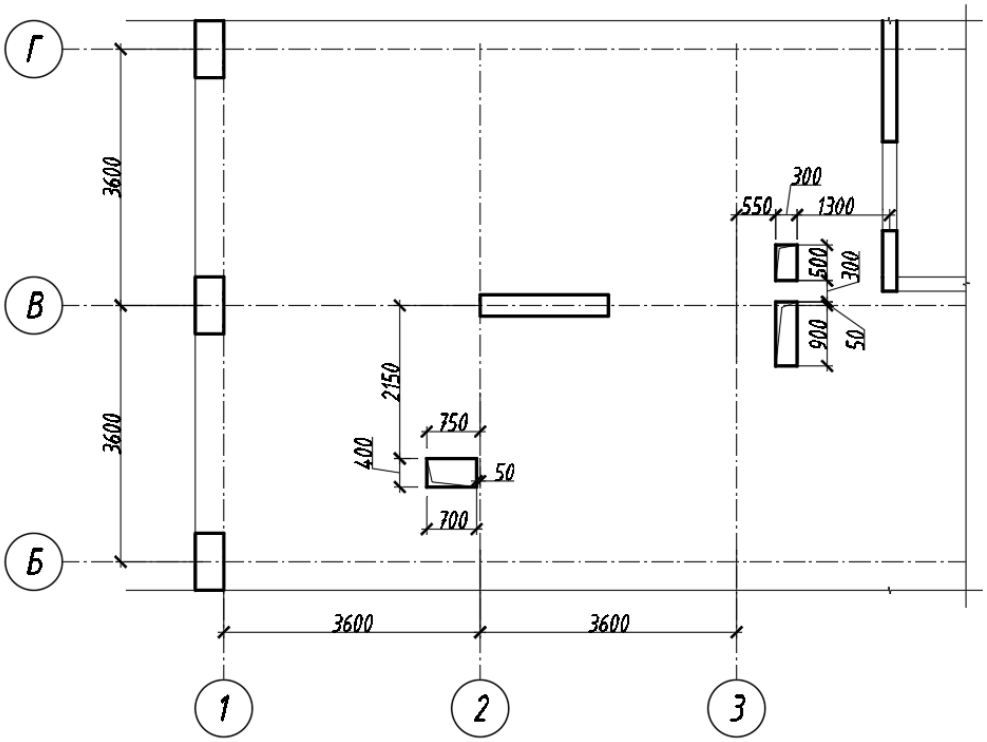


Результат создания лестничной площадки и маршей:



Небольшие «перекосы» геометрии лестничной площадки не будут вносить значительной погрешности в результат вычислений.

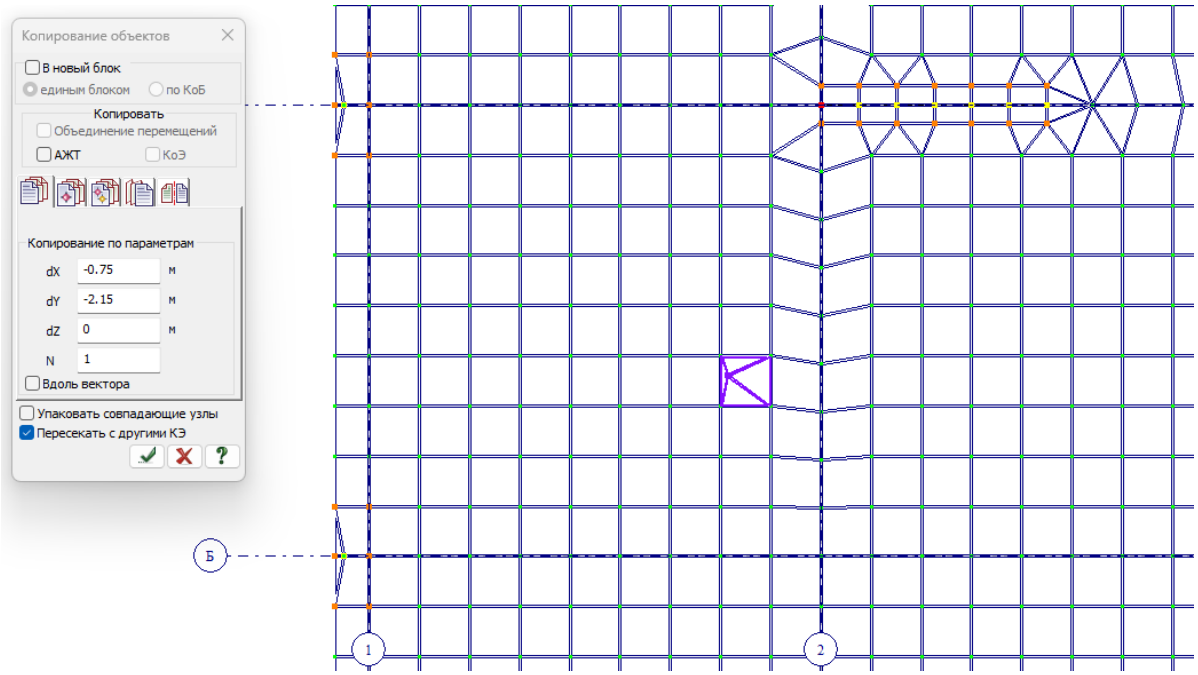
Шаг 12. Создание отверстий в плитах



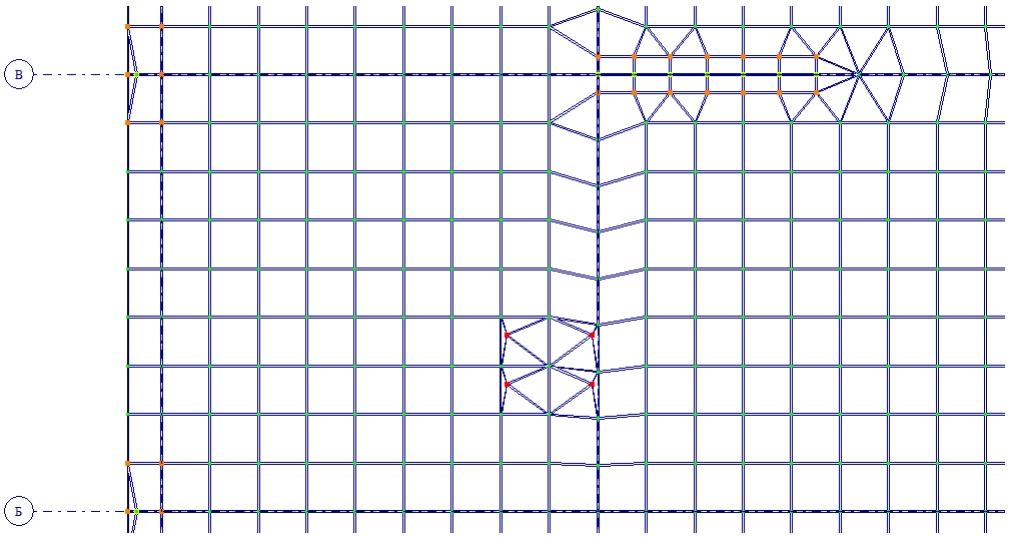
Для создания отверстий нужно создать контур по угловым точкам отвертия.

Для этого по привязкам чертежа копируем уже имеющиеся узлы модели по привязкам углов отверстия. В примере копируется крайний узел стены.

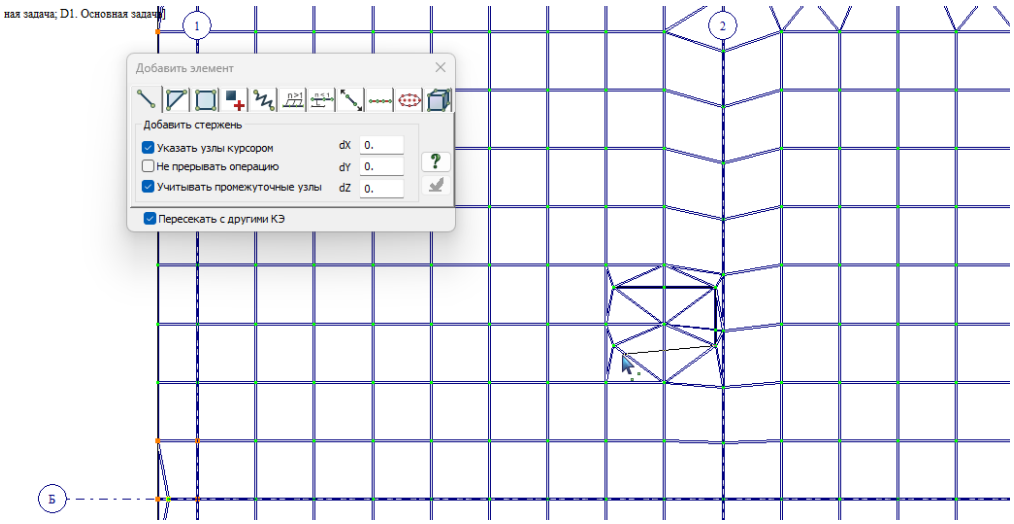
При копировании обязательно нужно поставить галочку «Пересекать с другими КЭ», чтобы узел разбивал плиту на отдельные конечные элементы и не был «висячим».



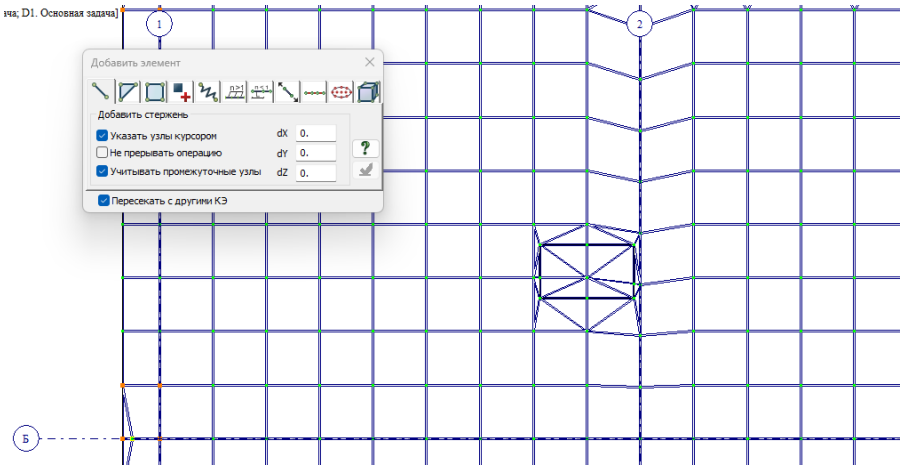
Результат создания ключевых узлов:



Далее создаем «фиктивные» стержни для создания контура. Чтобы «фиктивные» стержни разбивали контур, необходимо поставить галочку «Пересекать с другими КЭ».

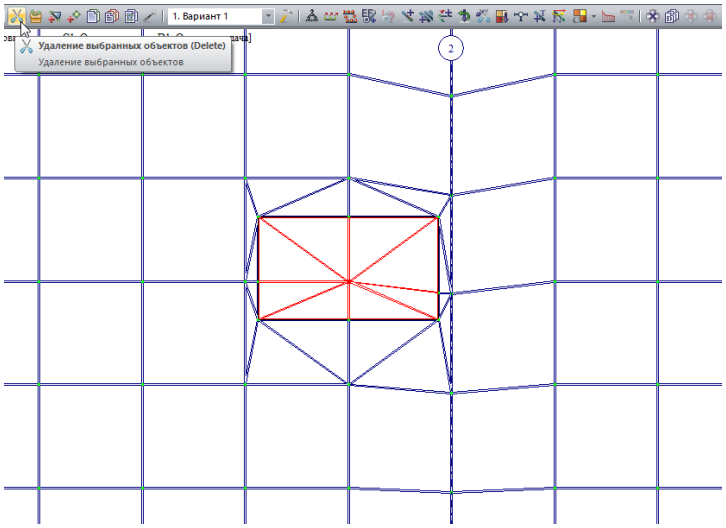


Результат создания контура:

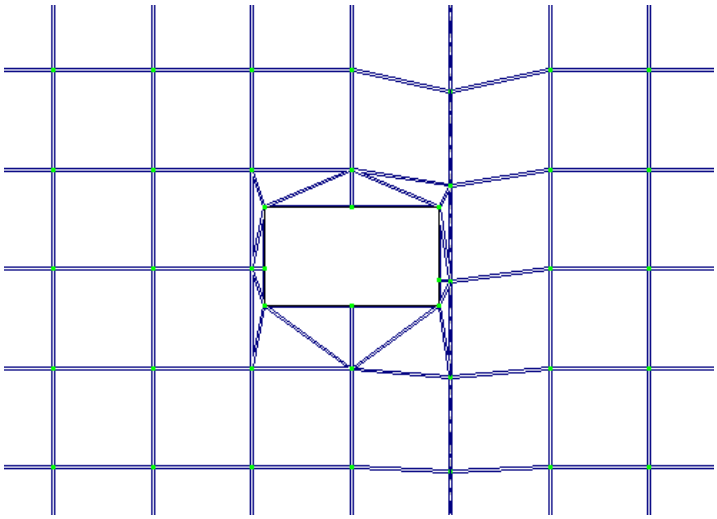


Далее удаляем внутренние узлы и элементы контура. Для этого выделяем внутренние узлы и элементы и нажимаем «ножницы» .

Пояснение: при удалении узла удаляются все элементы примыкающие к нему. Можно было бы для удаления выделить только центральный узел.



После удаления внутренних узлов и элементов внутри отверстия:

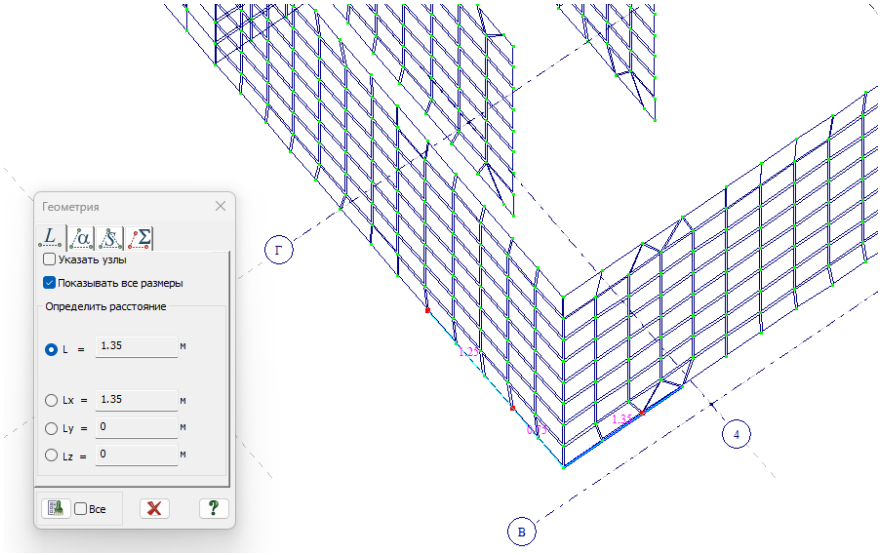


<u>После создания всех отверстий нужно исправить сингулярность. О том как это сделать говорится в последующих шагах.</u>

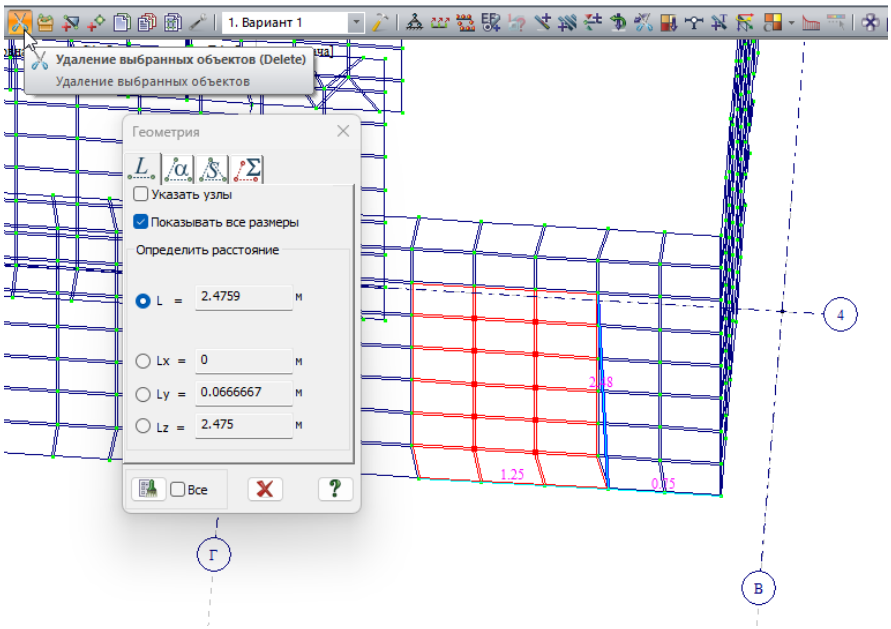
Шаг 13. Создание отверстий в стенах

На шаге №4 создавались ключевые узлы по стенам, в том числе по проемам в стенах.

Чтобы найти узлы по созданной сетке можно воспользоваться линейкой .



Выделяем промежуточные узлы и вырезаем примерный контур проема.



Далее необходимо выровнять края проема.

Для этого нужно:

1) выделить краевые узлы ;

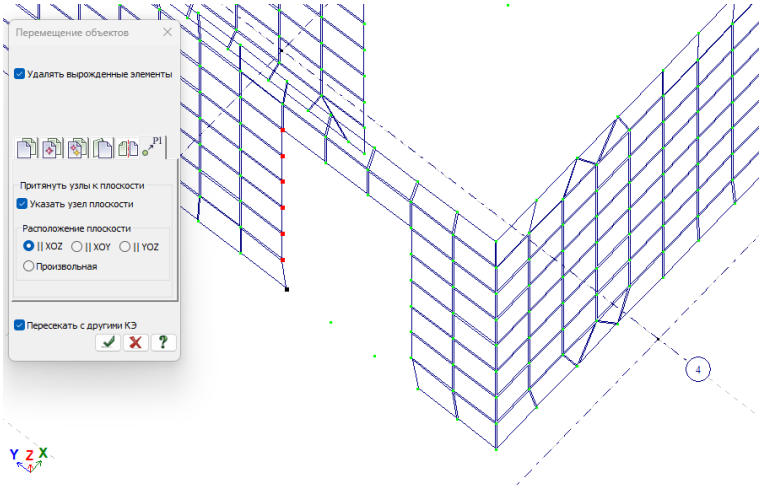
2) войти в команду перемещение объектов и найти вкладку – притянуть узлы к плоскости ;

3) выбрать галочкой плоскость, к которой нужно притянуть сориентировавшись по глобальным осям. В примере узлы притягиваются к плоскости параллельной XOZ;

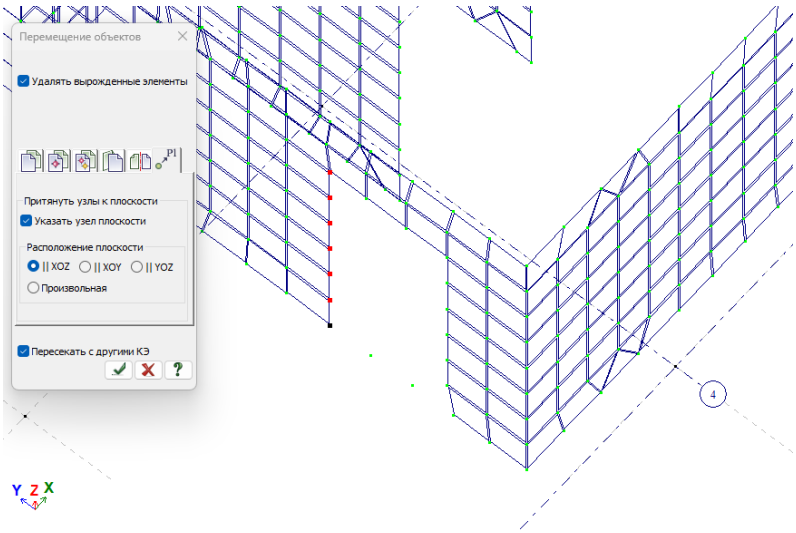
4) нажать галочку указать узел плоскости и нажать на нижний узел проема;

5) нажать применить и узлы переместятся.

До перемещения:



После перемещения:



Аналогично поступаем со второй вертикальной гранью для ее выравнивания относительно нижнего узла.

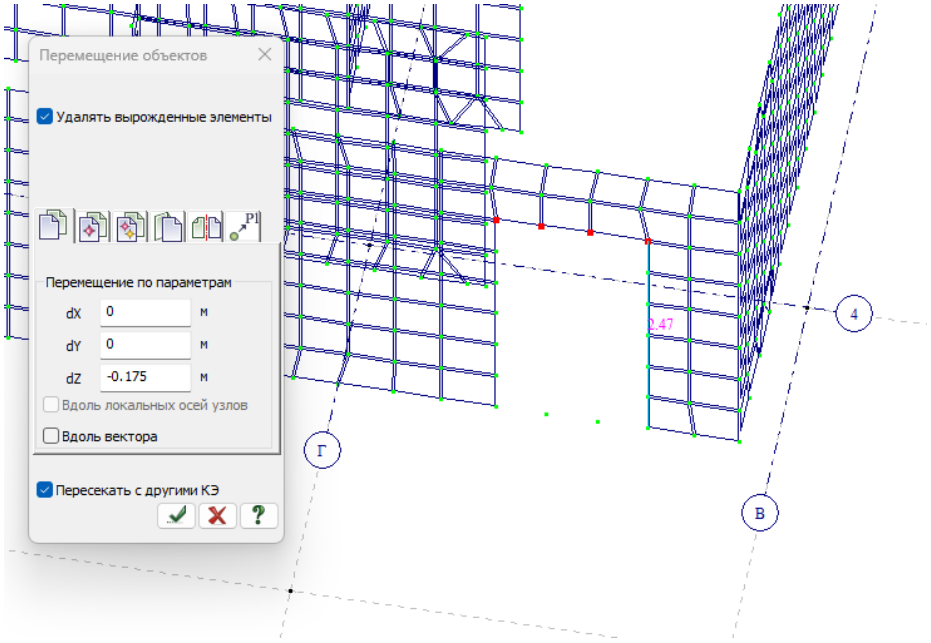
Чтобы выровнять верхнюю часть нужно:

1) выделить верхние узлы;

2) войти в команду перемещение объектов и найти вкладку – перемещение по параметрам ;

3) во вкладке перемещение по параметрам ввести нужное число перемещения по Z;

4) нажать применить и узлы переместятся.



Шаг 14. Исправление сингулярностей

Краткая теория:

Сингулярность – нерегулярность поведения. Иными словами – это то место, где получится некорректный результат по усилиям и армированию.

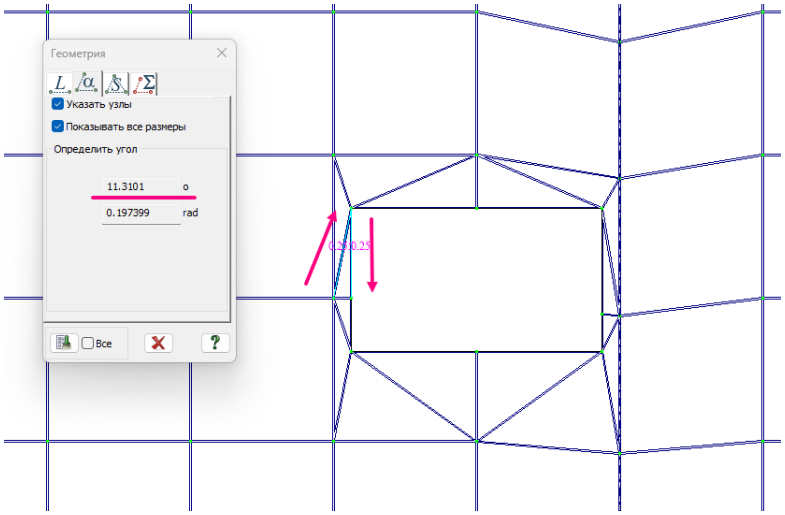
Для борьбы с сингулярностью нужно максимально удалять/исправлять:

- Остроугольные элементы (с углами менее 30 градусов).

- Прямоугольных элементов с соотношением сторон 1/3-1/4 и менее.

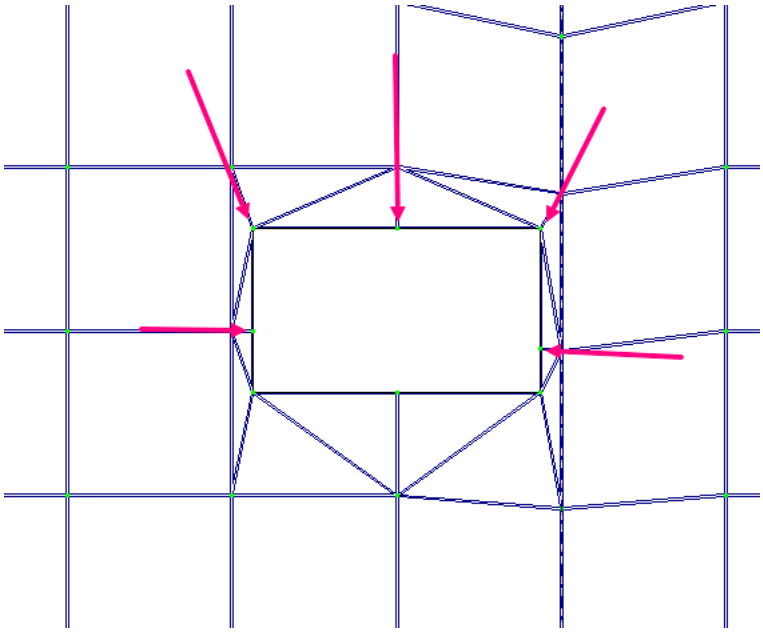
Перед выполнение исправлений сингулярностей нужно выполнить упаковку (см. шаг 7).

Для измерения угла нужно воспользоваться командой: . Измерив угол можно понять относится ли элемент к сингулярным.



Исправление здесь возможно следующим способом:

Этап 1. Сдвинем узлы плиты в ключевые узлы проема:



1) выделяем узел плиты, который нужно перенести

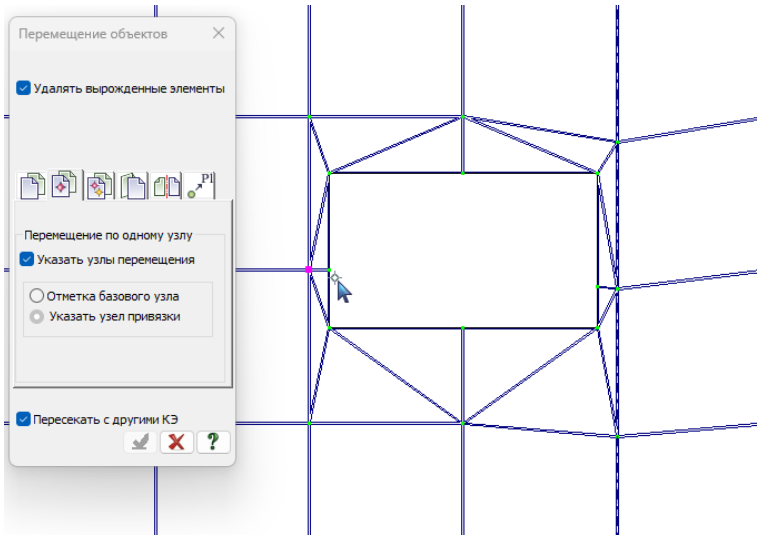
2) заходим в команду «перенести»

3) выбираем вкладку «перенести по одному узлу»

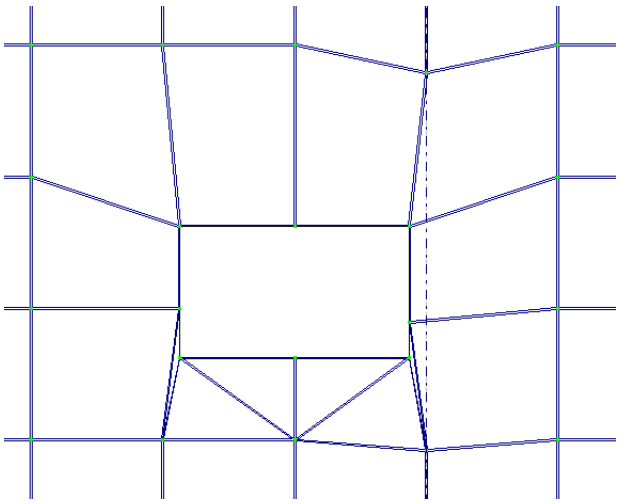
4) кликаем ЛКМ на узел, который хотим перенести

5) кликаем ЛКМ на узел проема, куда хотим перенести

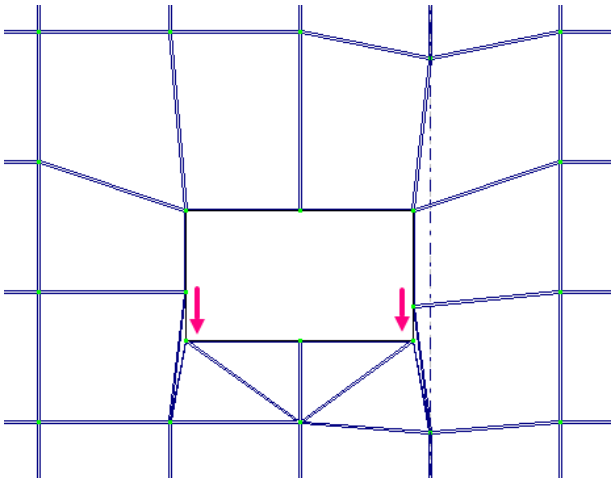
6) после каждого переноса узла нажимаем ESC, чтобы снять выделение.



Результат корректировки сетки после первого этапа:

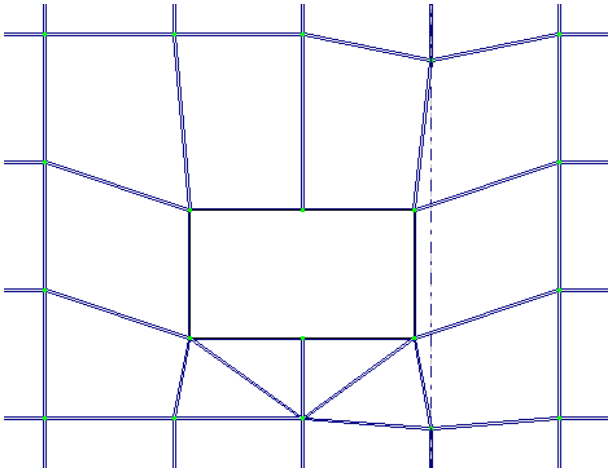


Этап 2. Сдвинем узлы в узлы:



Перемещаем аналогично предыдущему этапу.

Результат перемещения:

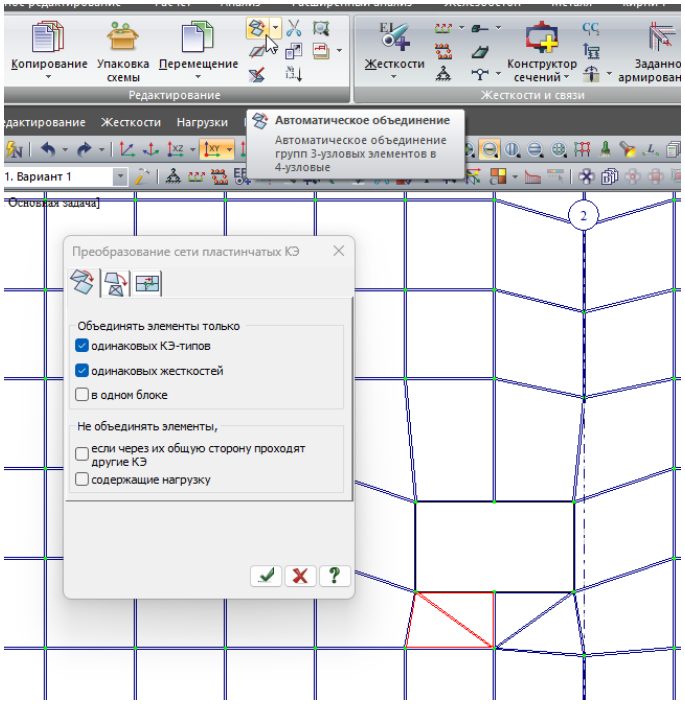


Этап 3. Объединим смежные треугольные элементы в четырехугольные.

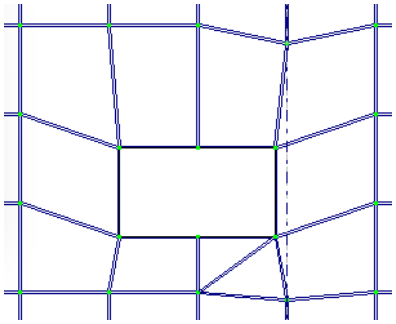
Перед выполнением данной команды рекомендуется выполнить упаковку .

Выбираем команду «Автоматическое объединение» и нажимаем .

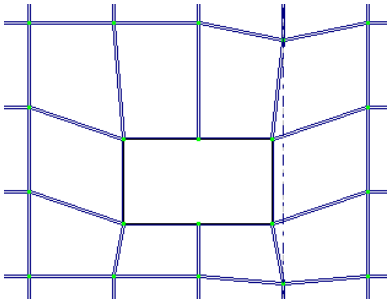
Галочку «объединять элементы только в одном блоке» нужно снять.



Результат объединения:

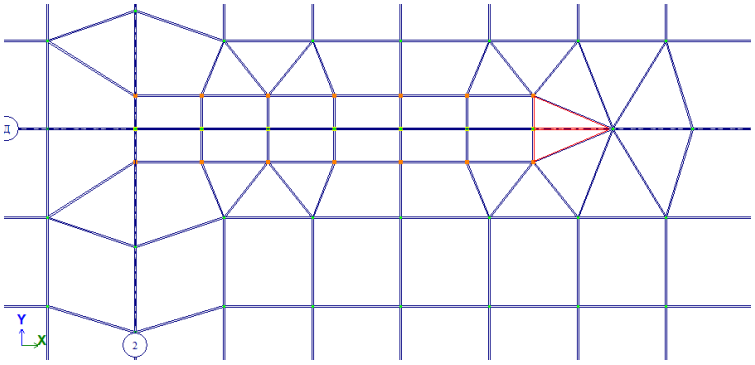


Аналогично объединяем оставшиеся треугольные элементы (операцию можно делать одновременно для нескольких элементов):

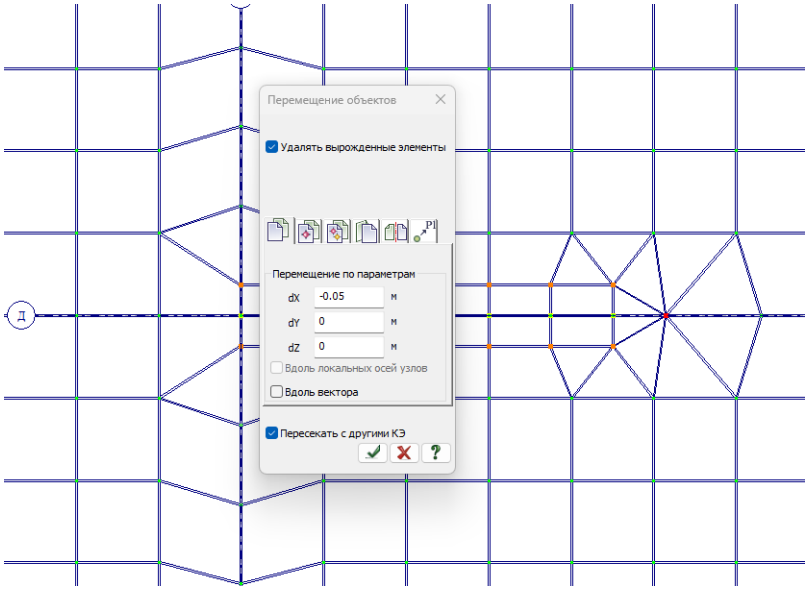


Для исправления сингулярностей можно перемещать узлы таким образом, чтобы убрать острые углы.

Рассмотрим исправление «клиновидных» треугольных элементов.

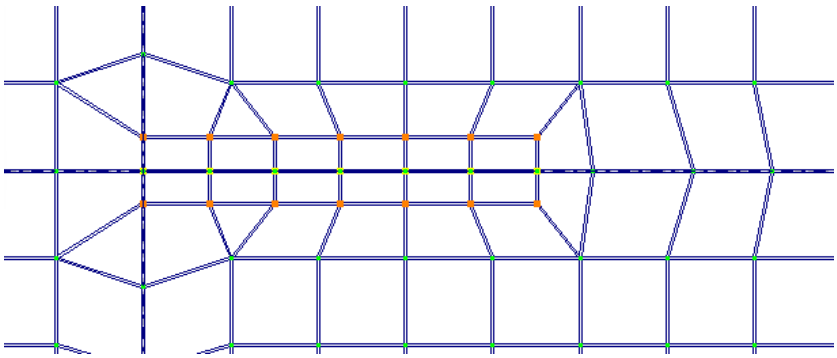


Выделяем узел в вершине угла и смещаем несколько раз по 5 см до получения удовлетворительного результата.



Далее объединяем треугольные элементы в четырехгольные командой . Галочку «объединять элементы только в одном блоке» нужно снять.

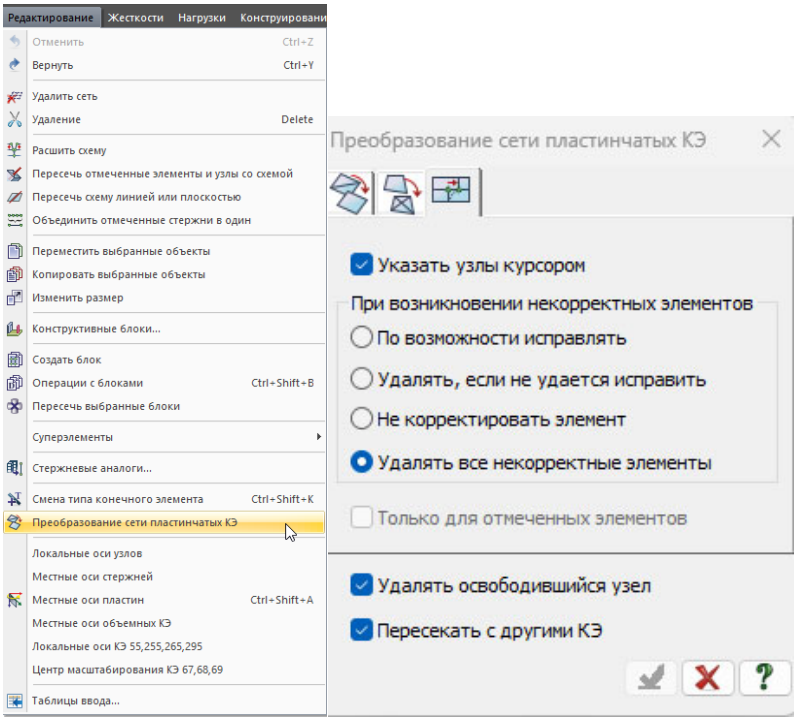
Результат:



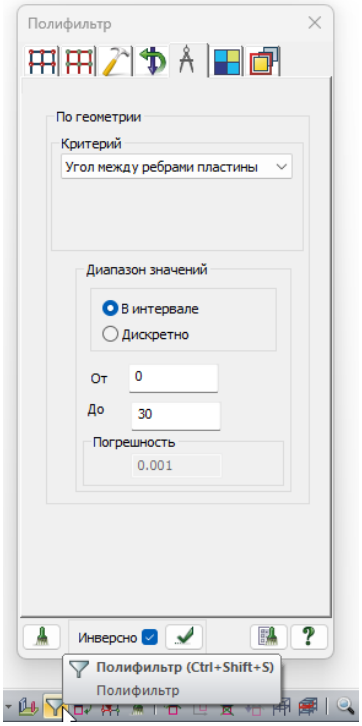
Полезные команды. Иногда очень удобно пользоваться командой «Преобразование сети конечных элементов» . В этой команде нужно:

1) поставить галочку «Удалять все некорректные элементы»

2) чтобы редактировать сетку нужно ПКМ указывать первый и конечный узел перемещения. Сетка автоматически будет преобразовываться.



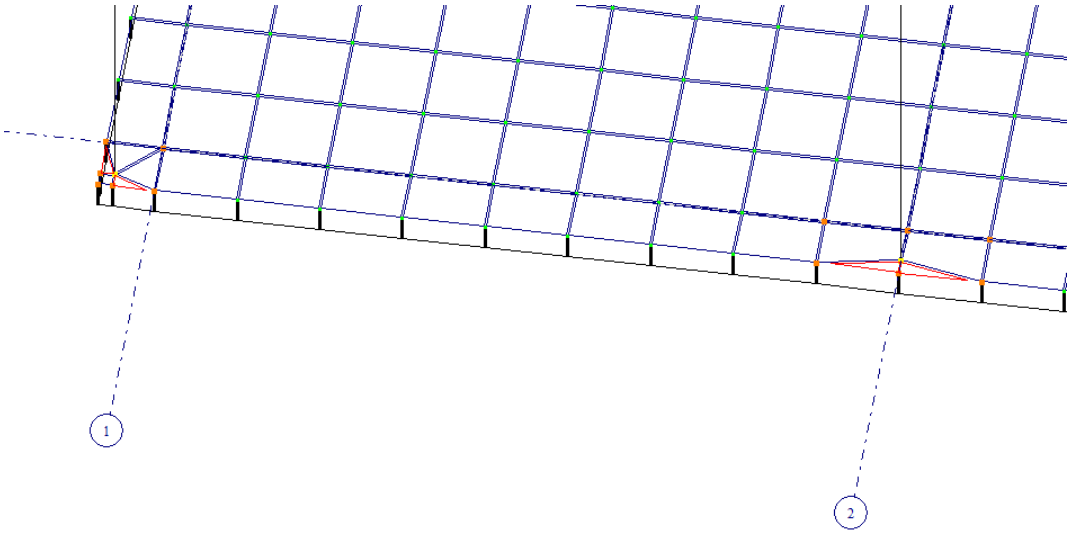
Поиск сингулярных пластинчатых элементов может осуществляться через «Полифильтр» .



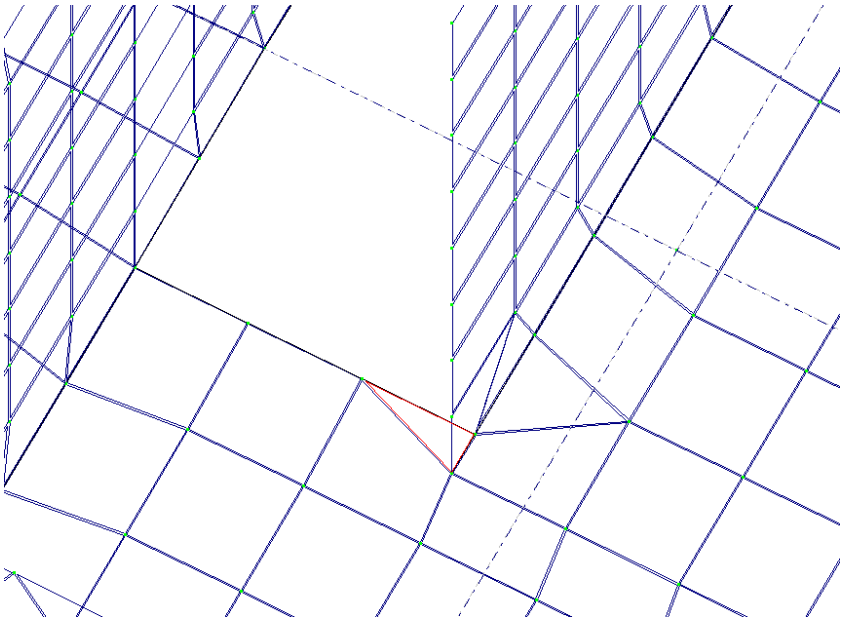
Элементы, в которых не нужно исправлять сингулярность.

К таковым элементам относятся:

- элементы в составе АЖТ.

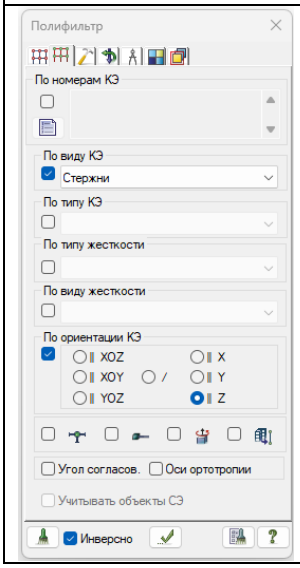
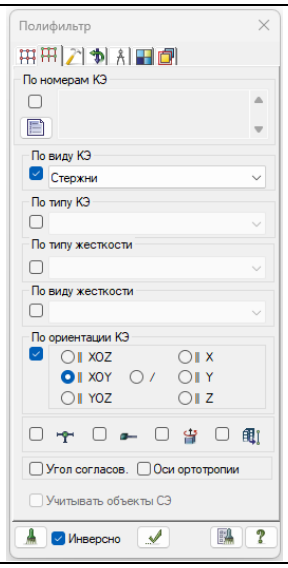
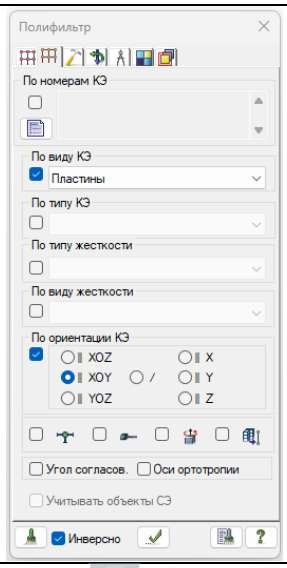
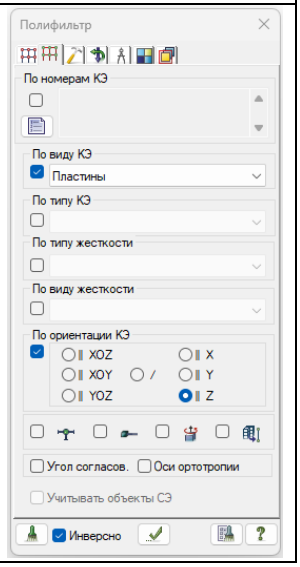


- элементы, от корректировки которых геометрия смежных элементы изменит напряженно-деформированное состояние (НДС) смежных элементов (например, при смещении узла плиты будет искривлена стена):

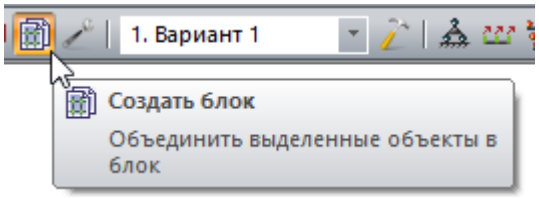


Шаг 15. Фильтры выбора. Создание блоков и фрагментация

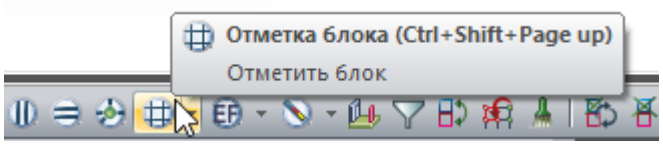
Для быстрого выбора элементов можно пользоваться фильтрами . При включенном фильтре выделяем элементы на схеме , при этом будут выделяться только указанные в фильтре.

Отметка колонн:	Отметка балок	Отметка плиты	Отметка стен
			

После отметки определенной группы можно создать блок .



После создания блока потом его можно быстро выбирать командой . Это очень удобно для быстрого выделения.

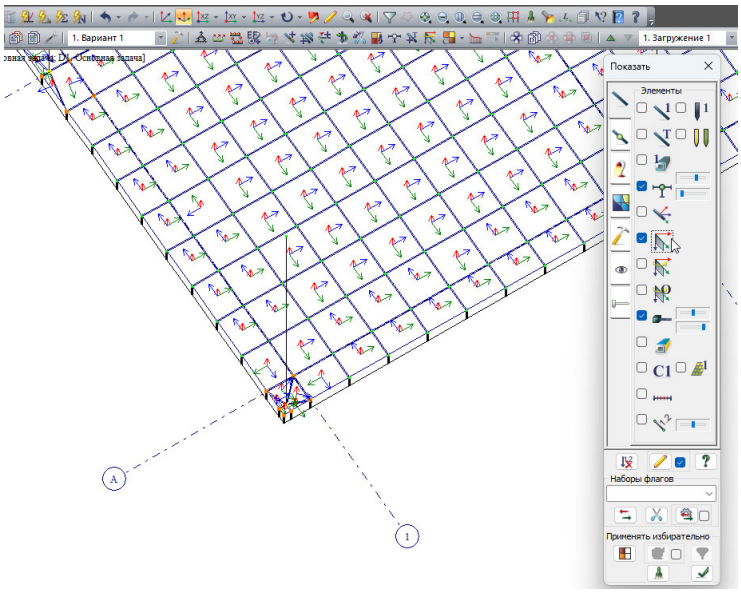


Шаг 16. Согласование местных осей плит, лестничных площадок и маршей

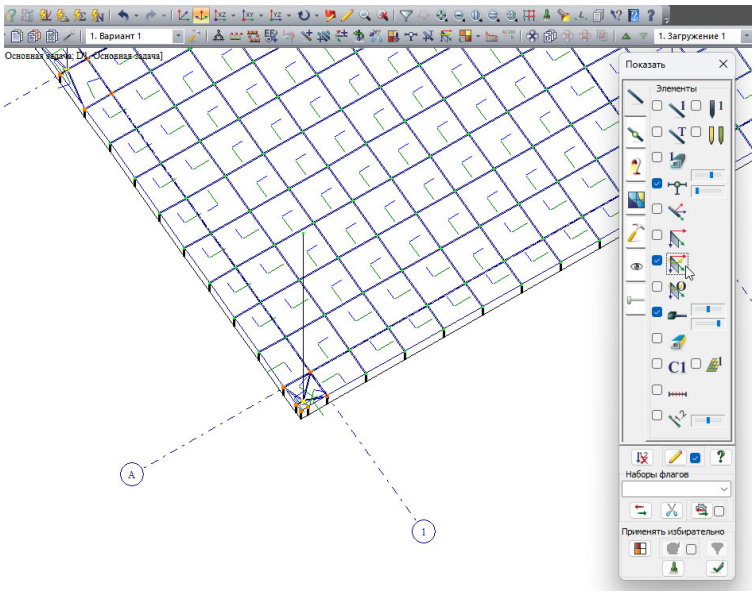
Краткая теория.

Местные оси влияют на выдачу результатов (усилий и перемещений). Просмотр осей осуществляется через флаги рисования . Местные оси пластин разделяются на местные оси №1 и местные оси №2. Смотреть местные оси №1 и №2 нужно раздельно.

Местные оси №1. Местные оси, которые создаются в программе автоматически и не могут быть отредактированы, кроме ориентации оси Z. В видимости нужно поставить галочку на против .



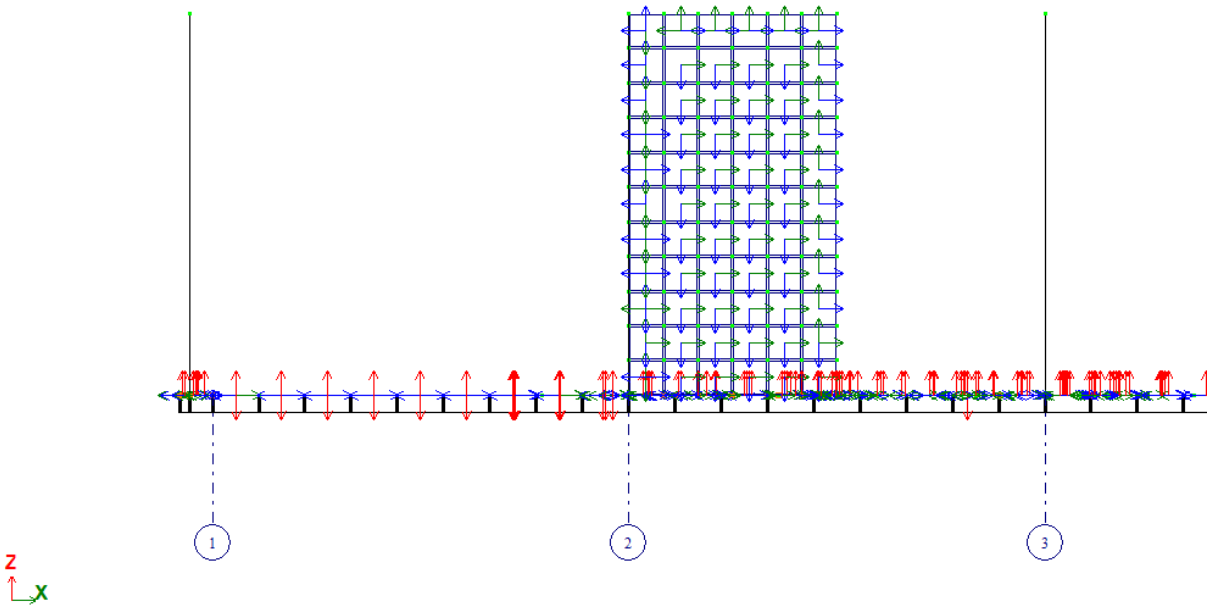
Местные оси №2. Местные для результатов, которые редактируют только оси X и Y. В видимости нужно поставить галочку на против .



Этап 1. Согласование местных осей №1 по Z.

Делаем видимыми оси №1.

Элементы до согласования местных имеют разнонаправленные оси Z (красные).



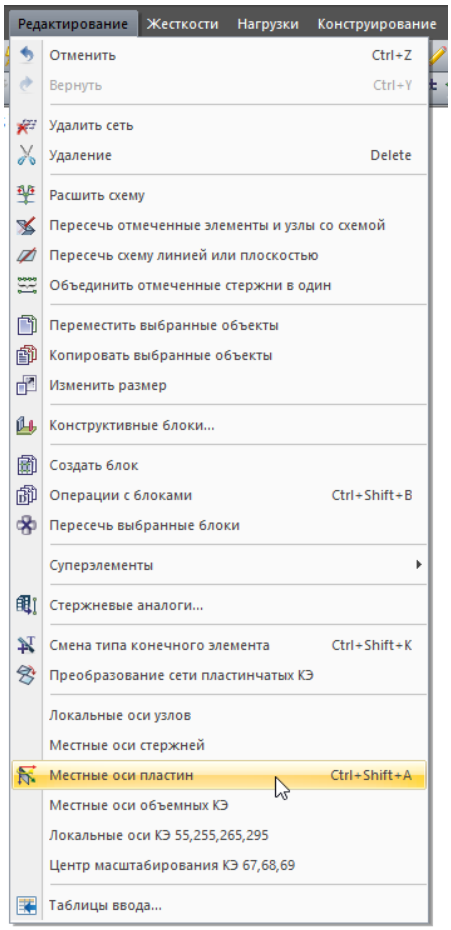
Для исправления местной оси Z:

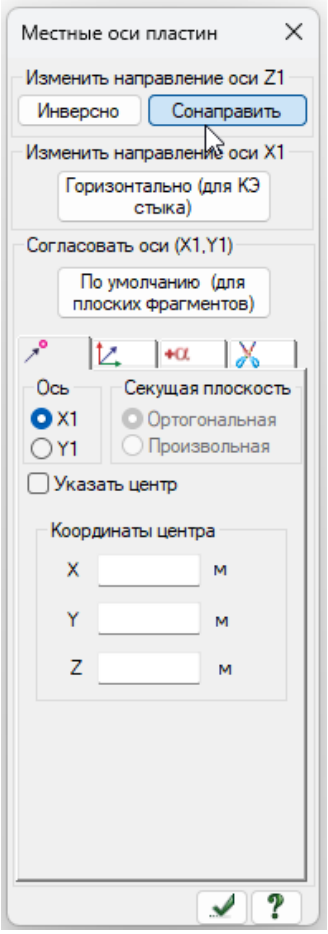
1) Выделяем элементы плиты .

2) Во вкладке «Редактирование» выбираем «местные оси пластин».

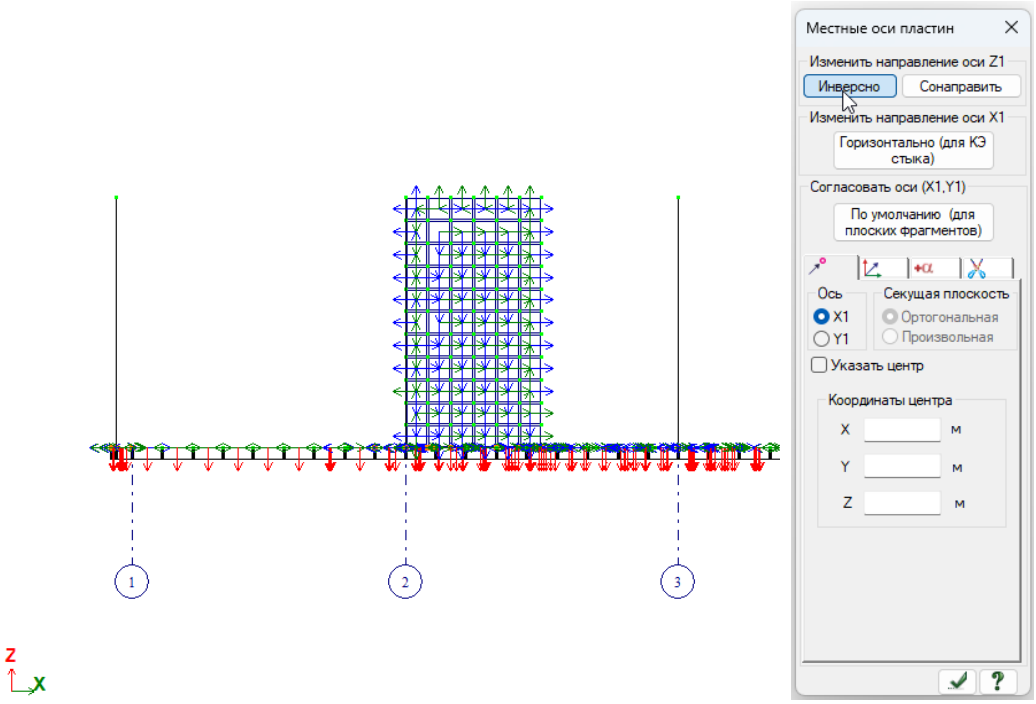
3) Изменить направление оси Z1 – выбираем «Сонаправить».

4) Если оси направились вниз, то нужно еще раз выделить элементы и во вкладке «местные оси пластин» изменить направление оси Z1, выбрав «Инверсно».

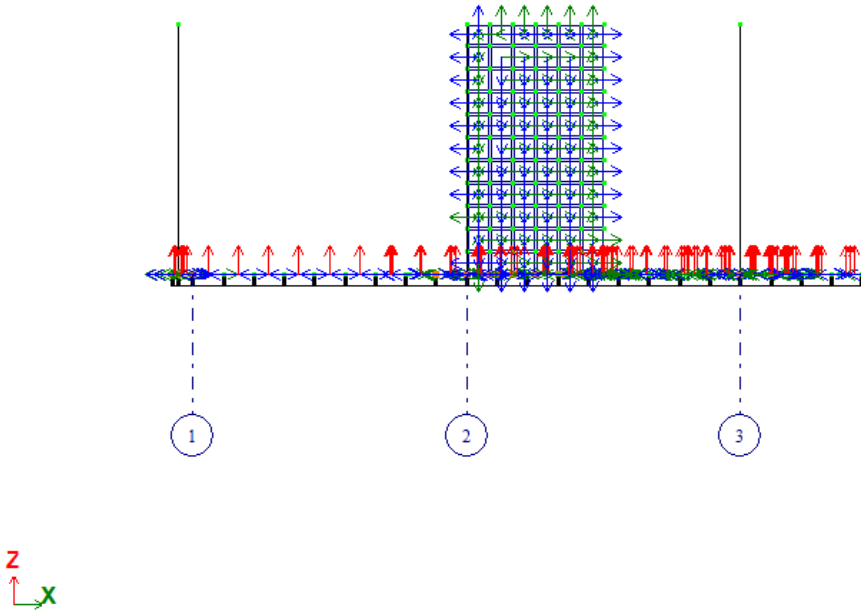




Пример, если оси Z сонаправились не в ту сторону:



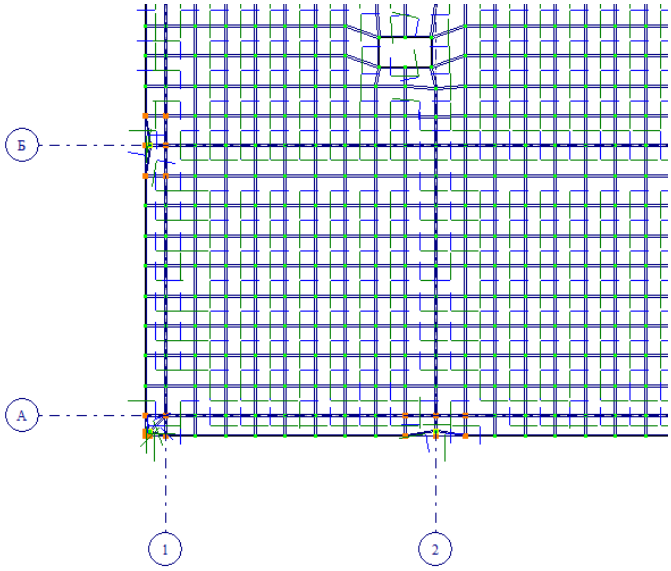
Правильный результат сонаправления осей Z:



Этап 2. Согласование местных осей №2 по XY.

Делаем видимыми оси №2. Видимость осей №1 отключаем.

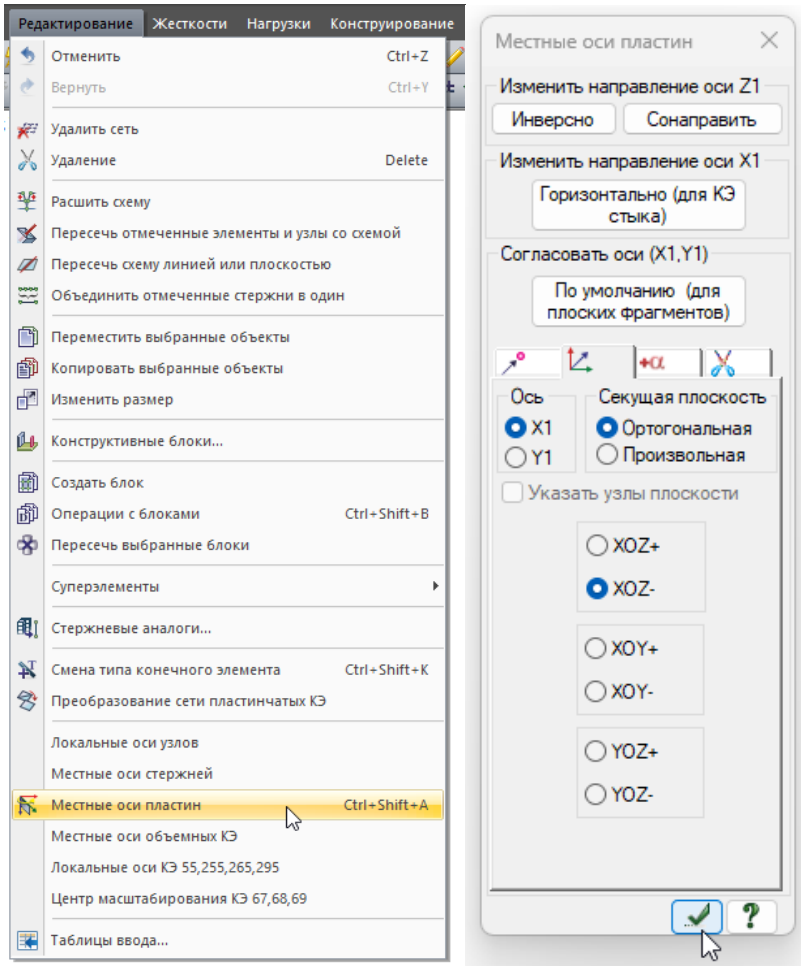
Изначально местные оси №2 имеют разнонаправленные оси XY.



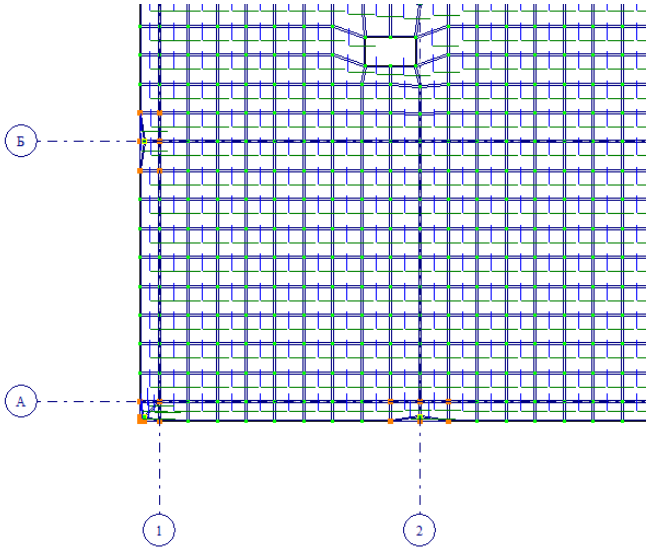
1) Выделяем элементы плиты .

2) Во вкладке «Редактирование» выбираем «местные оси пластин».

3) Во второй подвкладке выбираем **XOZ-** и нажимаем применить .



Результат сонаправления местных осей №2.



Лестничные площадки и марши имеют полностью аналогичную процедуру согласования местных осей №1 и №2. При этом марши нужно выбирать по отдельности каждый, поскольку они лежат в разных плоскостях.

Шаг 17. Согласование местных осей стен

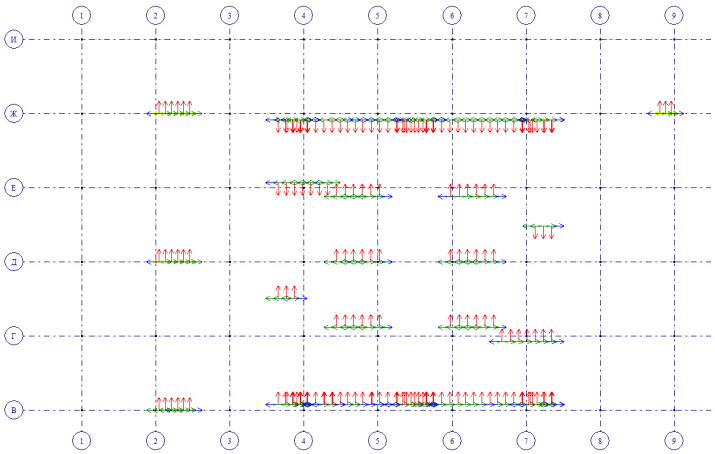
У стен, также как у плит, есть местные оси №1 и местные оси №2 (см. предыдущий шаг).

Этап 1. Согласование местных осей №1 по Z

Делаем видимыми оси №1.

Во флагах рисования отмечаем видимость

Отмечаем только стены, лежащие в параллельных плоскостях. Рассмотрим согласование осей в плоскости параллельной XOZ.



Для исправления местной оси Z:

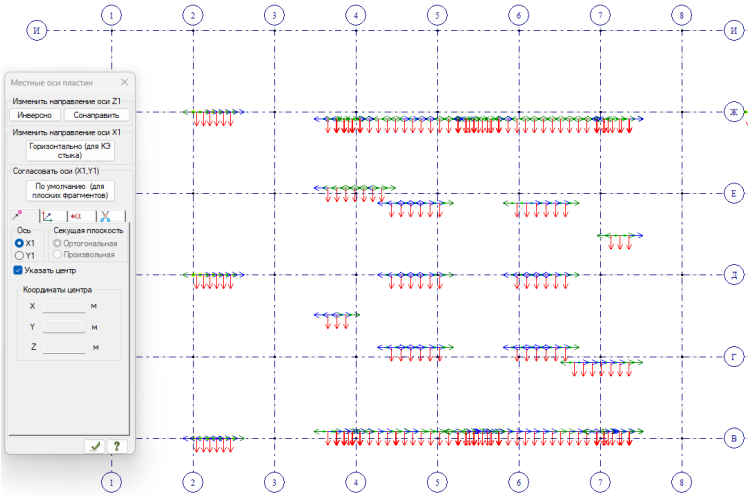
1) Выделяем элементы .

2) Во вкладке «Редактирование» выбираем «местные оси пластин».

3) Изменить направление оси Z1 – выбираем «Сонаправить».

4) Если оси направились неверно, то нужно еще раз выделить элементы и во вкладке «местные оси пластин» изменить направление оси Z1 – выбирав «Инверсно».

Результат согласования местных осей №1:

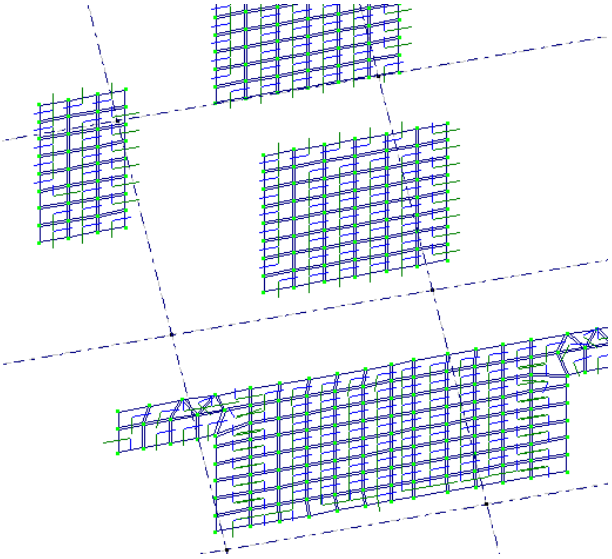


Этап 2. Согласование местных осей №2 по XY.

Во флагах рисования отмечаем видимость

Делаем видимыми оси №2. Видимость осей №1 отключаем.

Изначально местные оси №2 имеют разнонаправленные оси XY.

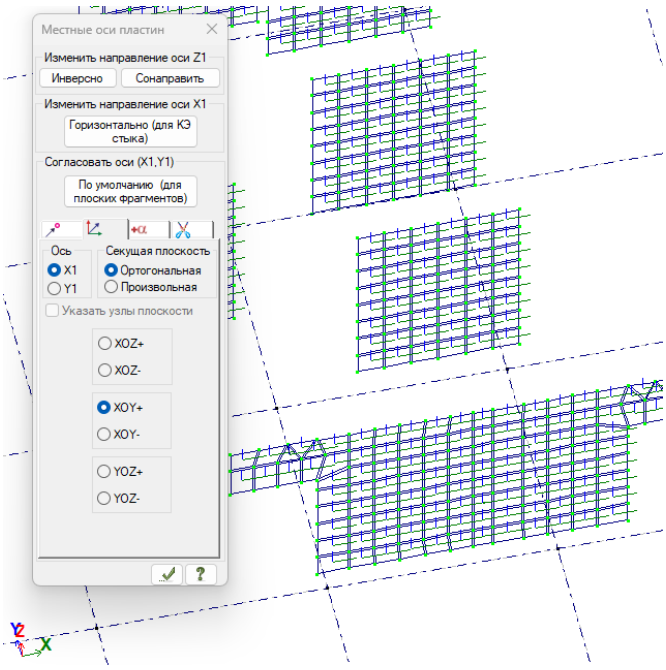


1) Выделяем элементы стен .

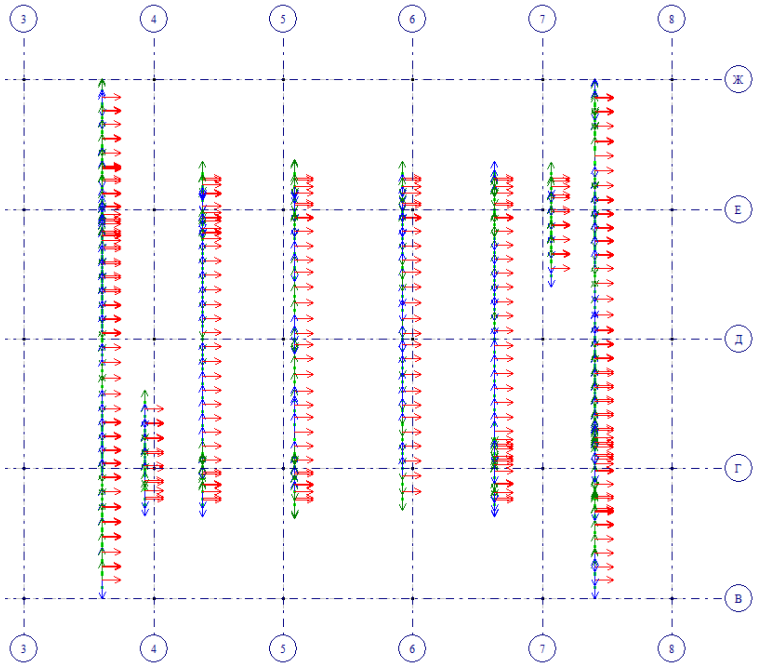
2) Во вкладке «Редактирование» выбираем «местные оси пластин».

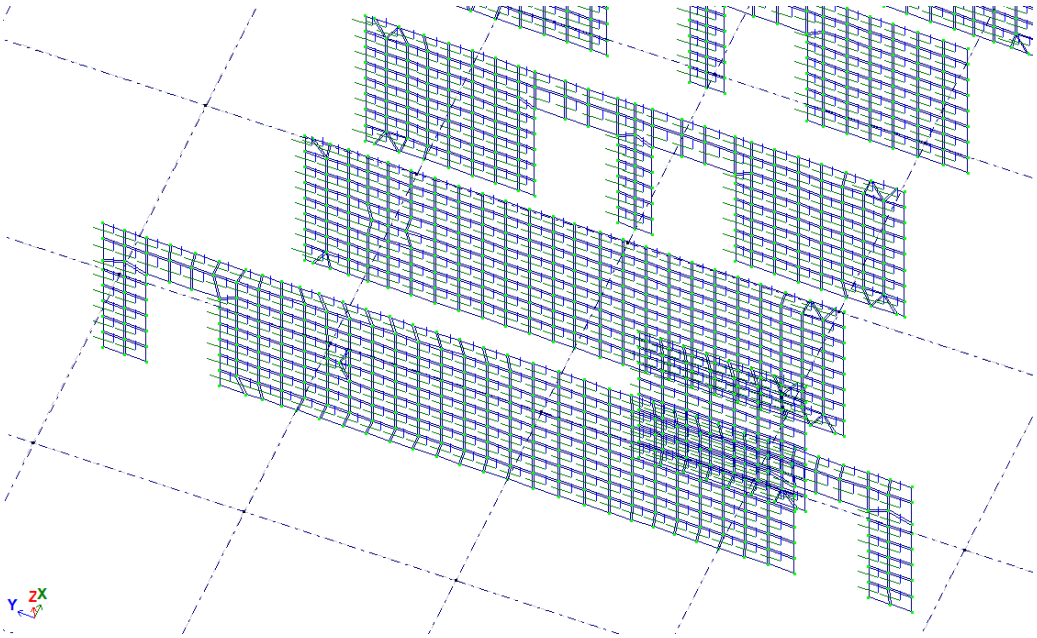
3) Во второй подвкладке выбираем **XOY+** и нажимаем применить .

Результат сонаправления местных осей №2.



Далее согласовываем местные от стен, лежащих параллельно плоскости YOZ. Согласование полностью аналогично стенам, параллельными в XOZ. Результат согласования:





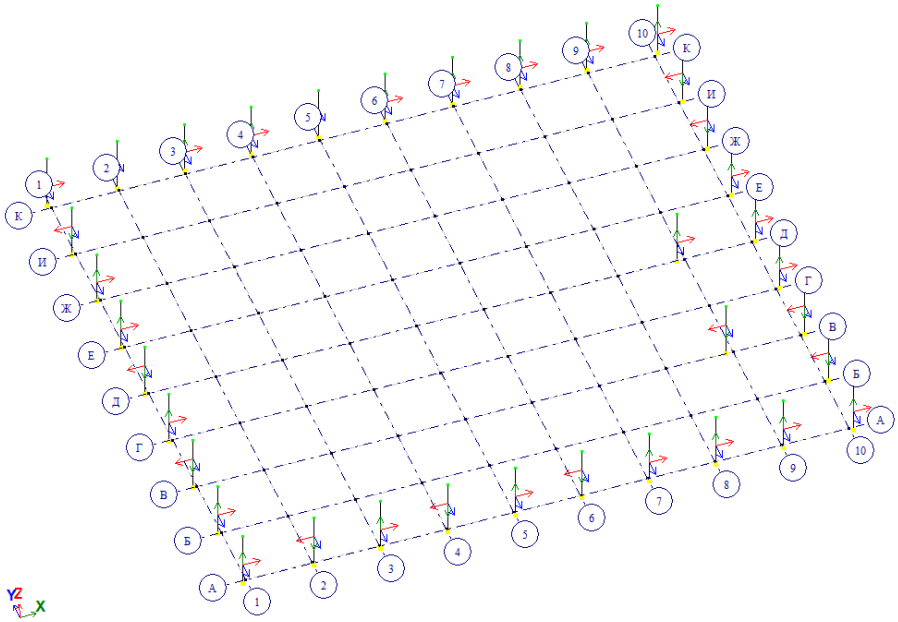
Шаг 18. Согласование местных осей колонн

Местные оси стержней отвечают за ориентацию сечения, а также за выдачу результатов.

Делаем видимыми оси стержней.

Этап 1. Согласование местных осей по X. Местные оси **X колонн** должны смотреть **вверх**.

Элементы до согласования местных могут иметь разнонаправленные оси X (зеленые).



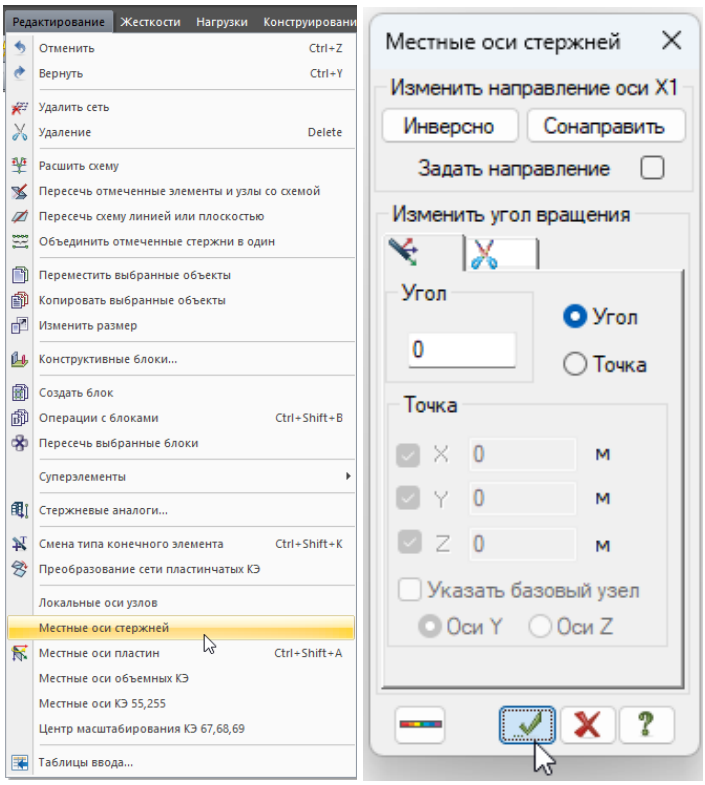
Для исправления местной оси X:

1) Выделяем элементы .

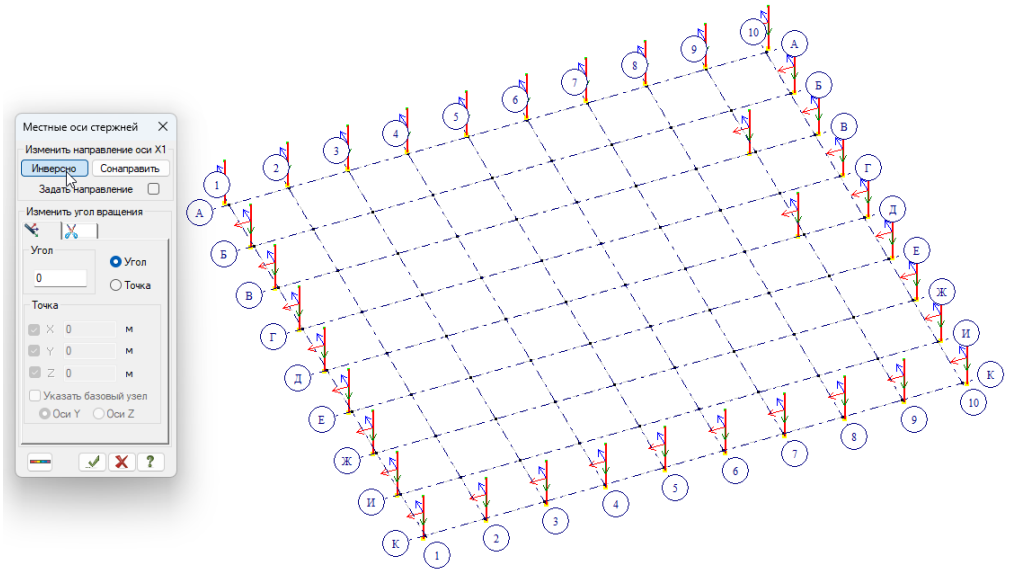
2) Во вкладке «Редактирование» выбираем «местные оси стержней».

3) Изменить направление оси X1 – выбираем «Сонаправить».

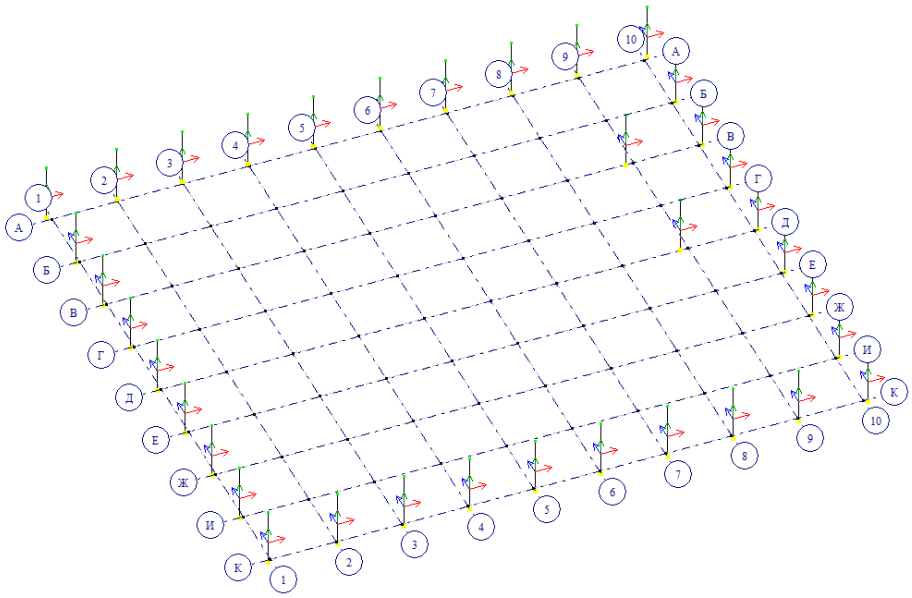
4) Если оси направились вниз, то нужно еще раз выделить элементы и во вкладке «местные оси стержней» изменить направление оси X1 – выбирав «Инверсно».



Если оси X сонаправились не в ту сторону:



Правильный результат сонаправления осей X:



Этап 2. Изменение местных осей по XY.

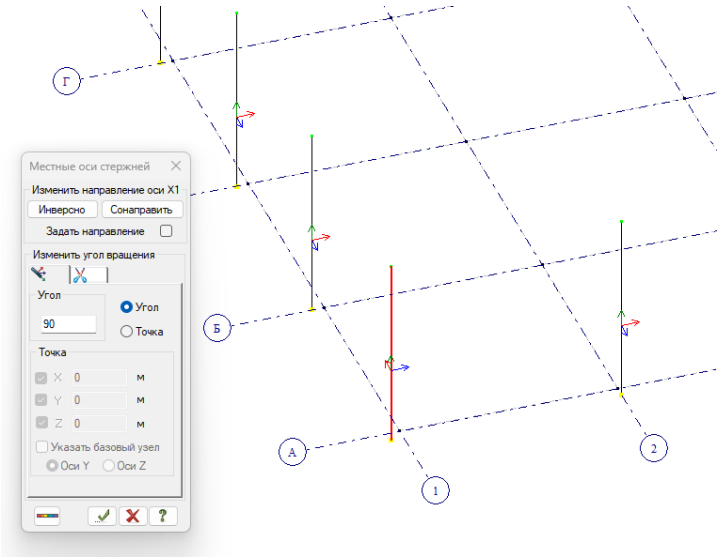
Местные оси могут иметь разнонаправленные оси XY. Для удобства чтения результатов лучше, чтобы оси XY были у всех элементов направлены одинаково. Обычно местная ось Z вдоль глобальной оси X, местная ось Y вдоль глобальной оси Y, но решение о направлении принимает сам расчетчик.

1) Выделяем элементы .

2) Во вкладке «Редактирование» выбираем «местные оси стержней».

3) Выбираем угол поворота вокруг оси X.

Пример поворота по XY 90 градусов (выделен элемент, на котором оси повернуты):



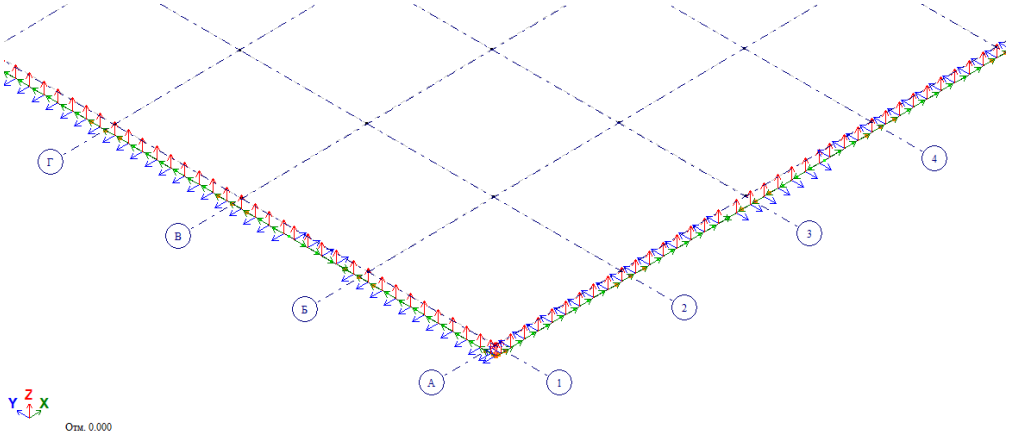
Шаг 19. Согласование местных осей балок

Местные оси стержней отвечают за ориентацию сечения, а также за выдачу результатов.

Во флагах рисования отмечаем видимость .

Этап 1. Согласование местных осей по X. Местные оси балок **X должны быть направлены вдоль глобальных осей X и Y.**

Элементы до согласования местных могут иметь разнонаправленные оси X (зеленые).



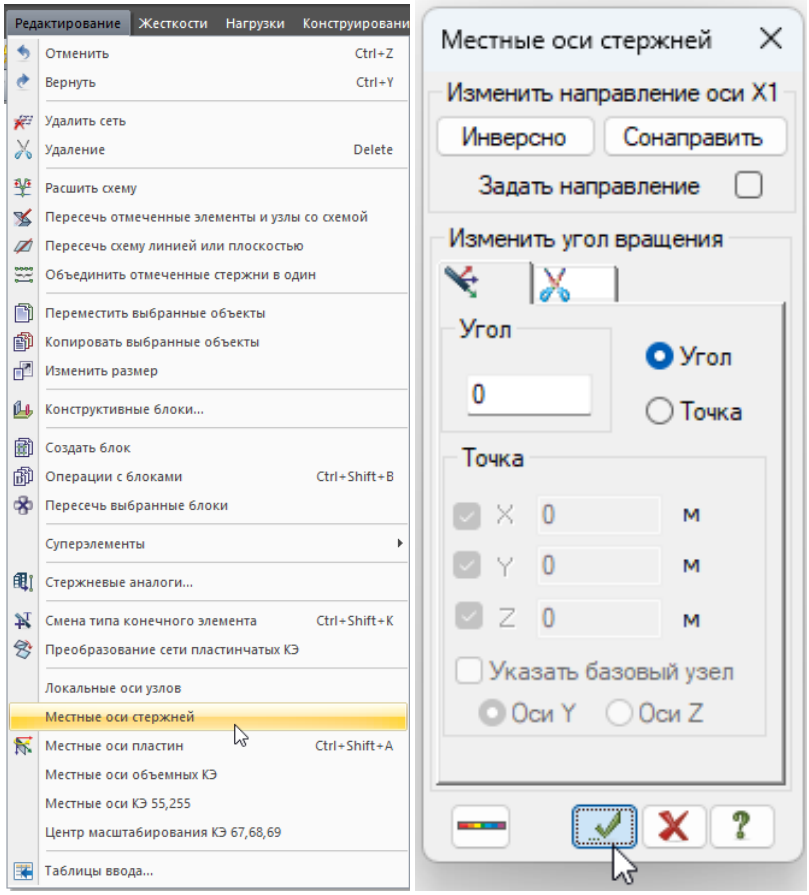
Для исправления местной оси X:

1) Выделяем элементы , **лежащие только в параллельных плоскостях. Если выбрать все стержни сразу, то ничего не произойдет.**

2) Во вкладке «Редактирование» выбираем «местные оси стержней».

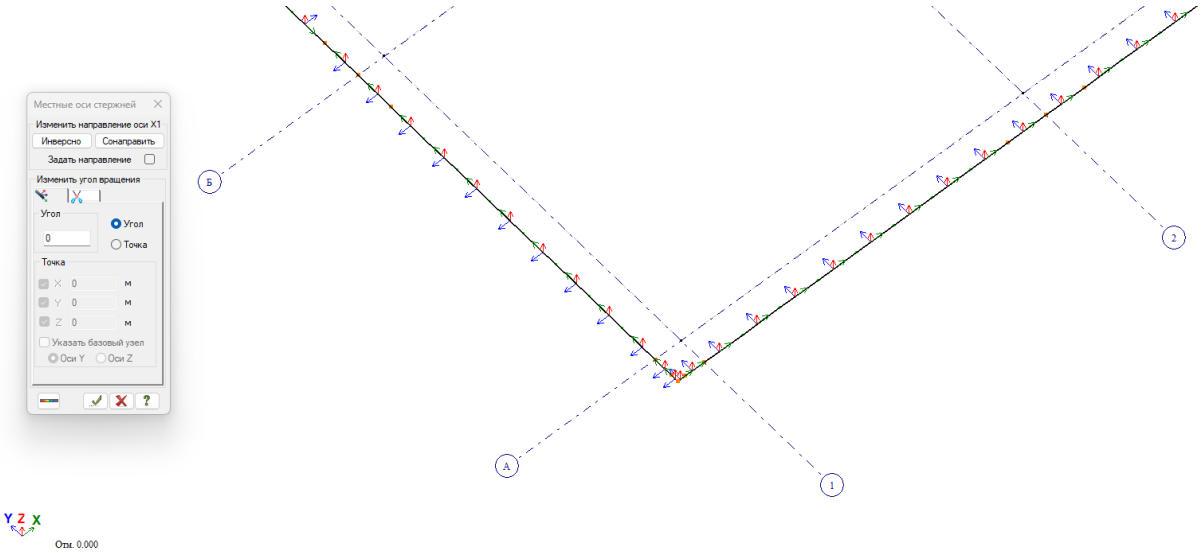
3) Изменить направление оси X1 – выбираем «Сонаправить».

4) Если оси направились не в ту сторону, то нужно еще раз выделить элементы и во вкладке «местные оси пластин» изменить направление оси X1 – выбирав «Инверсно».



Если оси X сонаправились не в ту сторону:

Правильный результат сонаправления осей X(стержни выделялись и сонаправлялись по отдельности)



Этап 2. Изменение местных осей по XY.

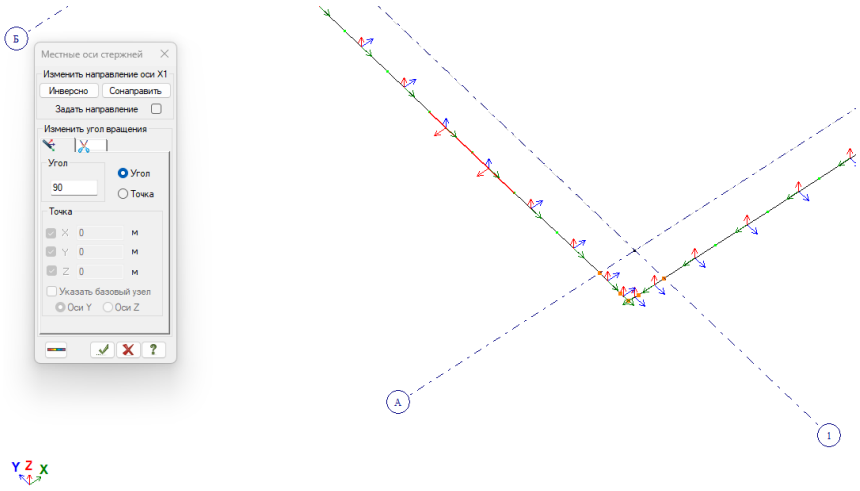
Местные оси могут иметь разнонаправленные оси XY. Для удобства чтения результатов лучше, чтобы оси XY были у всех элементов направлены одинаково

1) Выделяем элементы .

2) Во вкладке «Редактирование» выбираем «местные оси стержней».

3) Выбираем угол поворота вокруг оси X.

Пример поворота отдельных по XY 90 градусов (выделены элементы, на которых оси повернуты).

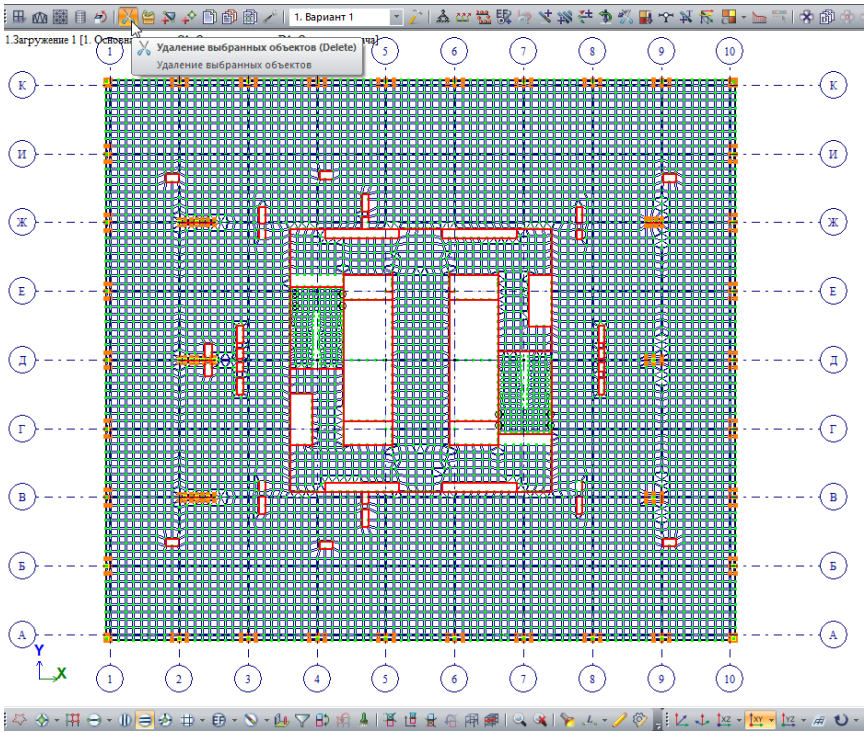


Шаг 20. Удаление ненужных фиктивных элементов

В примере были созданы и использованы фиктивные элементы для создания стен и отверстий.

Их можно найти отметкой горизонтальных стержней .

При выделении случайно не удалите нужные стержни по лестнице!



Шаг 21. Назначение жесткостей элементов

Краткая теория.

Основные параметры жесткости:

$\boldsymbol{E}$ *– модуль упругости;*

$\boldsymbol{\nu}$ *– коэффициент Пуассона;*

$\boldsymbol{t, b, h}$ *– толщина, ширина, высота сечения.*

$\boldsymbol{R_0}$ *– удельный вес (задается нормативное значение, даже если выбраны расчетные нагрузки).*

$\boldsymbol{\nu = 0,2}$ *(по п.6.1.17 СП 63. Для железобетонных конструкций)*

$\boldsymbol{R_0 = 2,5}\ \text{т/м}^3 = 0.0245166\ \text{МН/м}^3$ *(для конструкций из тяжелого бетона)*

Модуль упругости $\boldsymbol{E}$ *для железобетонных элементов зависит от расчетной ситуации. В правильном подходе должно быть несколько расчетных схем.*

Справочная таблица 12. Виды расчетов и модуль упругости.

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, пилоны, стены)	$\boldsymbol{E = 0,6E_b}$ *(п. 6.2.7 СП 430)*	$\boldsymbol{E = 0,6E_0}$ *(п. 6.2.9., 6.2.10. СП 430)*	***р.з.а.*** $\boldsymbol{E = 0,6E_b}$	***р.з.а.*** $\boldsymbol{E = 0,85E_b}$	***р.з.а.*** $\boldsymbol{E = 1\,E_b}$
Горизонтальные (плиты перекрытия, покрытия, балки)	$\boldsymbol{E = 0,3E_b}$ *(п. 6.2.7 СП 430)*	$\boldsymbol{E = 0,2E_b}$ **–** *для конструкций с трещинами* $\boldsymbol{E = 0,3E_b}$ **–** *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.*** $\boldsymbol{E = 0,3E_b}$	***р.з.а.*** $\boldsymbol{E = 0,85E_b}$	***р.з.а.*** $\boldsymbol{E = 1\,E_b}$
Фундаментные плиты	***р.з.а.*** $\boldsymbol{E = 0,3 \ldots 0,6E_b}$	***р.з.а.*** $\boldsymbol{E = 0,3 \ldots 0,6E_b}$	***р.з.а.*** $\boldsymbol{E = 0,3 \ldots 0,6E_b}$	***р.з.а.*** $\boldsymbol{E = 0,85E_b}$	***р.з.а.*** $\boldsymbol{E = 1\,E_b}$
	См. примечание №2	*См. примечание №2*	*См. примечание №2*	*См. примечание №3*	*См. примечание №4*

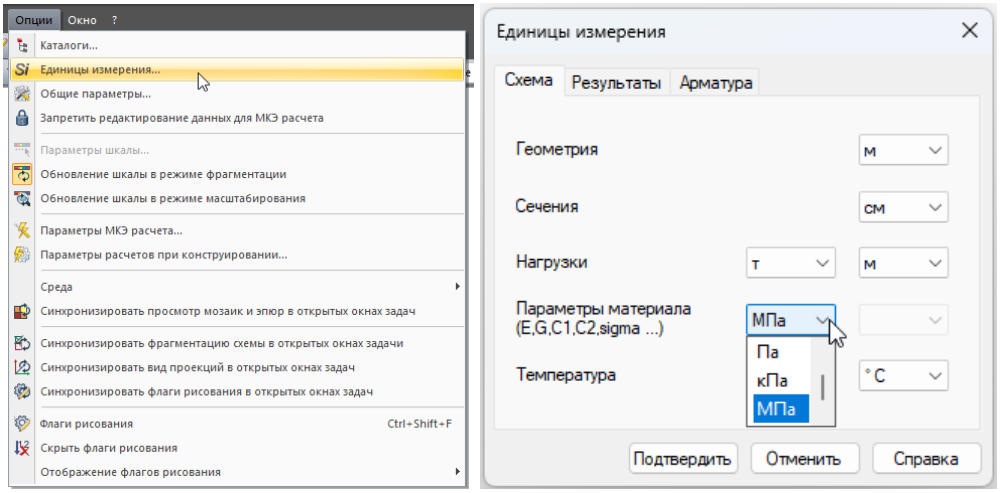
Примечание:
1. $\boldsymbol{E_b}$ *– начальный модуль упругости, определенный по таблице 6.11 СП 63.*
2. Данные коэффициенты ***(0,2; 0,3; 0,6)*** *получены путем расчета большого количества конструкций с учетом факторов ползучести и трещинообразования. Данные коэффициенты являются очень осредненными. 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.

Фрагмент таблицы 6.11 СП 63.

Бетон	*Значения начального модуля упругости бетона при сжатии и растяжении* 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*	–	–	–	–	–	–	–	–

Этап 1. Выбор единиц измерения, в которых удобно работать

Задавать модуль упругости E удобнее в МПа, удельный вес в т/м³.



Этап 2. Назначение жесткости стержням.

Во флагах рисования отмечаем видимость местных осей стержневых элементов .

Во вкладке «Жесткости» выбираем «Жесткости и материалы». В открывшемся окне нажимаем «добавить». Выбираем «Брус». Назначаем свойства (E, R_0, ν) и нажимаем .

Модуль упругости E :

- для расчета колонн из бетона класса B40 (E_0=36000МПа):

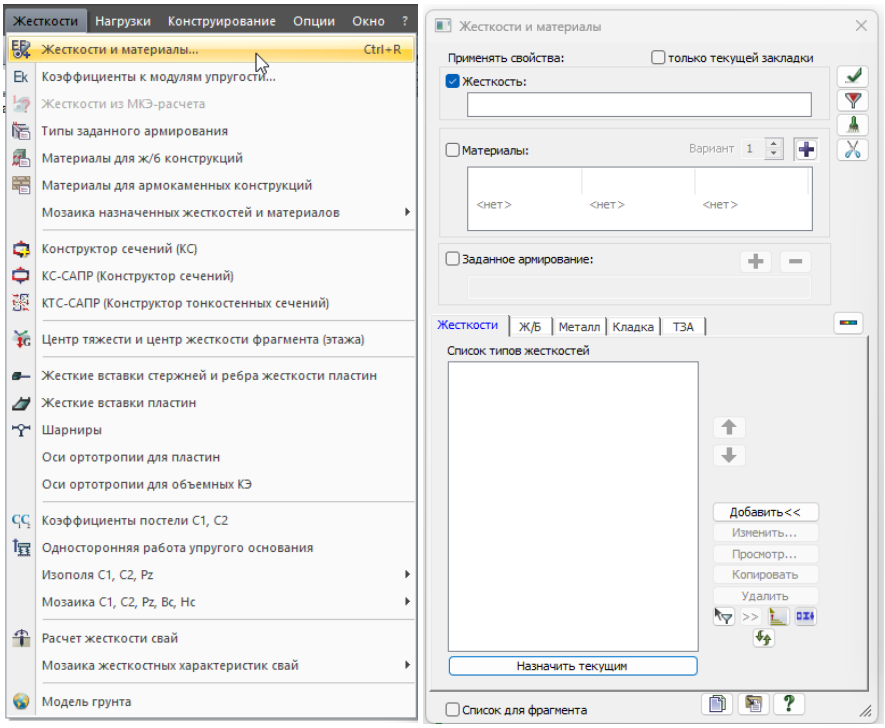
0,6x36000=21600Мпа = (21600*101,972= 2 202 590 т/м²)

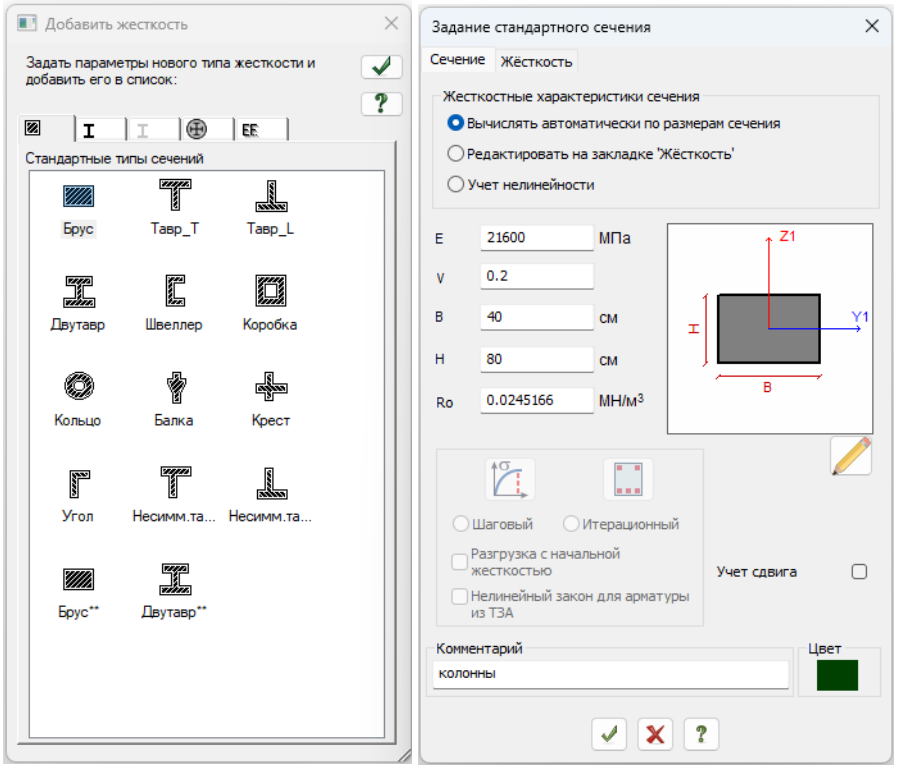
- для расчета балок из бетона класса B30 (E_0=32500МПа):

0,3x32500=9750Мпа = (9750*101,972= 994 227 т/м²)

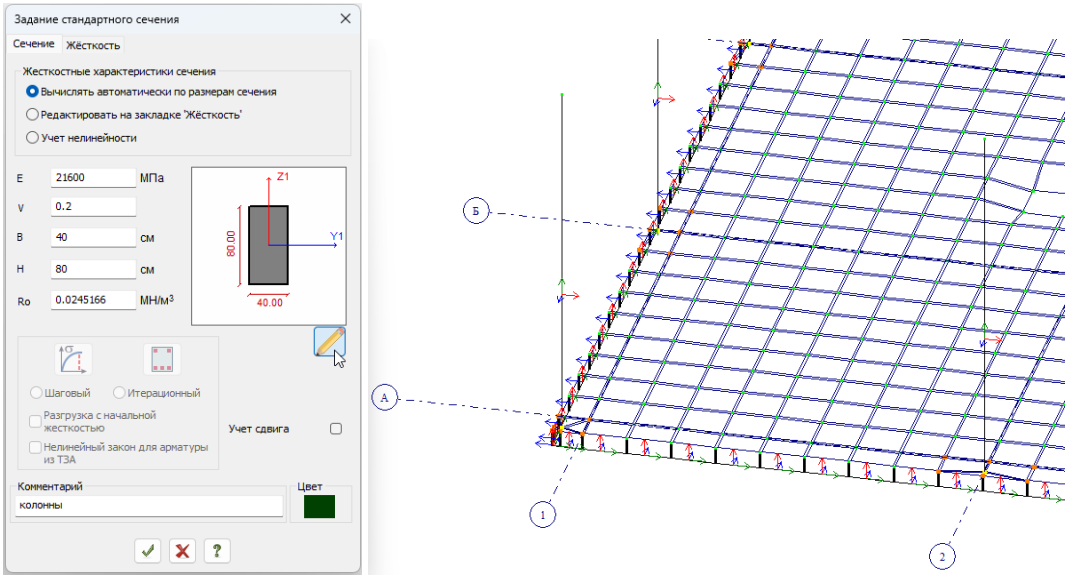
Удельный вес $R_0 = 2,5\ \text{т/м}^3 = 0.0245166\ \text{МН/м}^3$

Коэффициент Пуассона $\nu = 0,2$

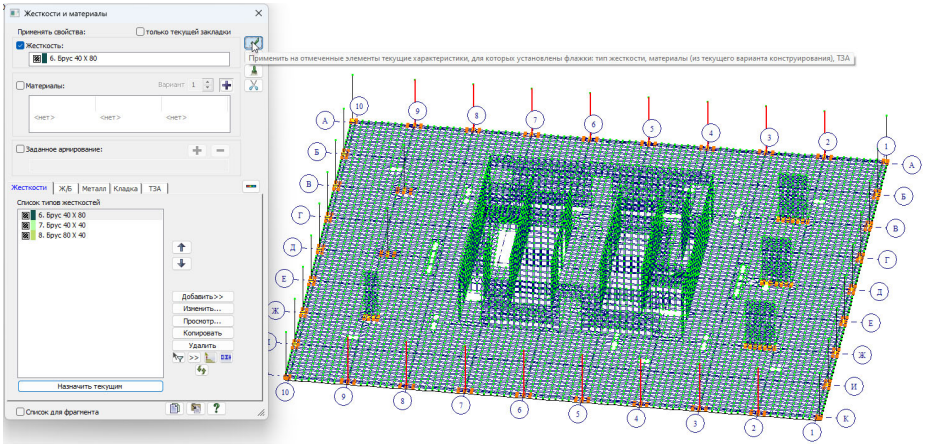


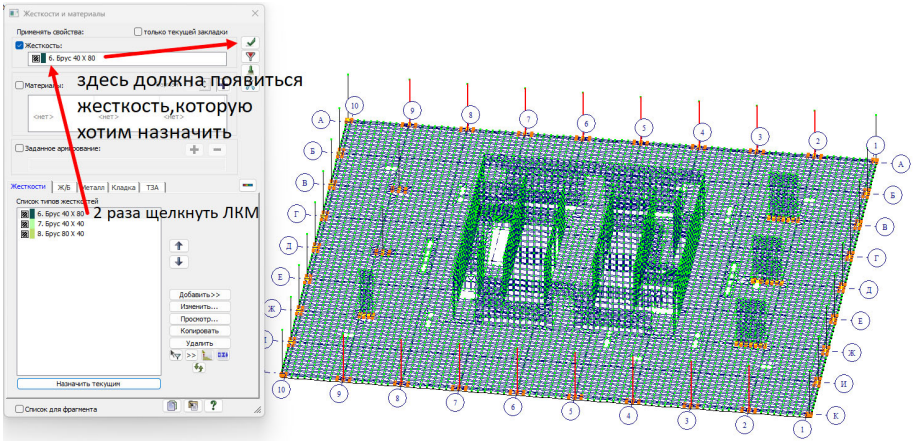


Для видимости сечения нажать . Далее нужно сопоставить оси Y1 Z1 с местными осями на конечных элементах и определиться, на какие стержни нужно назначить созданную жесткость. Для рассматриваемого примера жесткость будет назначена на стержни(колонны) по осям **А** и **К**.



Чтобы назначить жесткость нужно выделить элементы , на которые будет вестись назначение. Далее выбрать нужную жесткость из списка и два раза нажать на нее левой кнопкой мыши. После выбора нажать применить .





Назначение жесткости на балки и балки в золе лестничных площадок производится полностью аналогично колоннам.

Этап 3. Назначение жесткости пластинам.

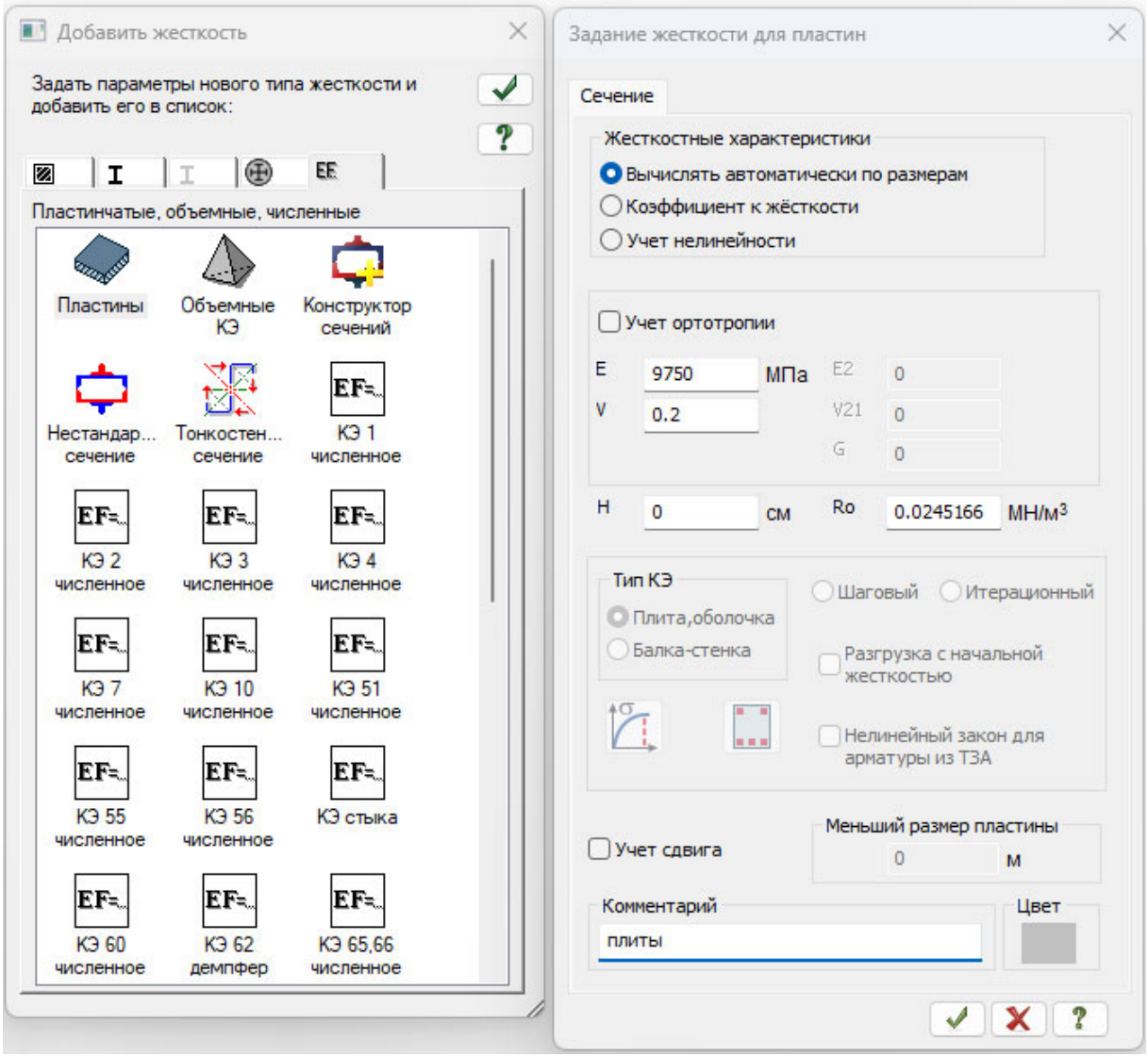
Во вкладке «Жесткости» выбираем «Жесткости и материалы». В открывшемся окне нажимаем «добавить». Выбираем вкладку EE и выбираем «Пластины». Назначаем свойства и нажимаем ✓.

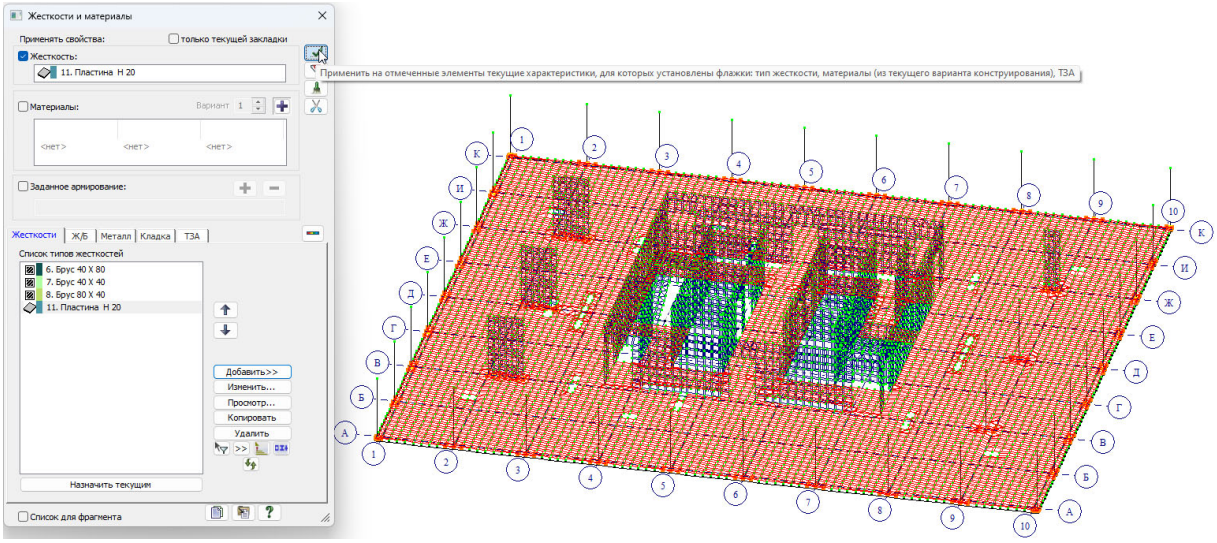
Модуль упругости E :

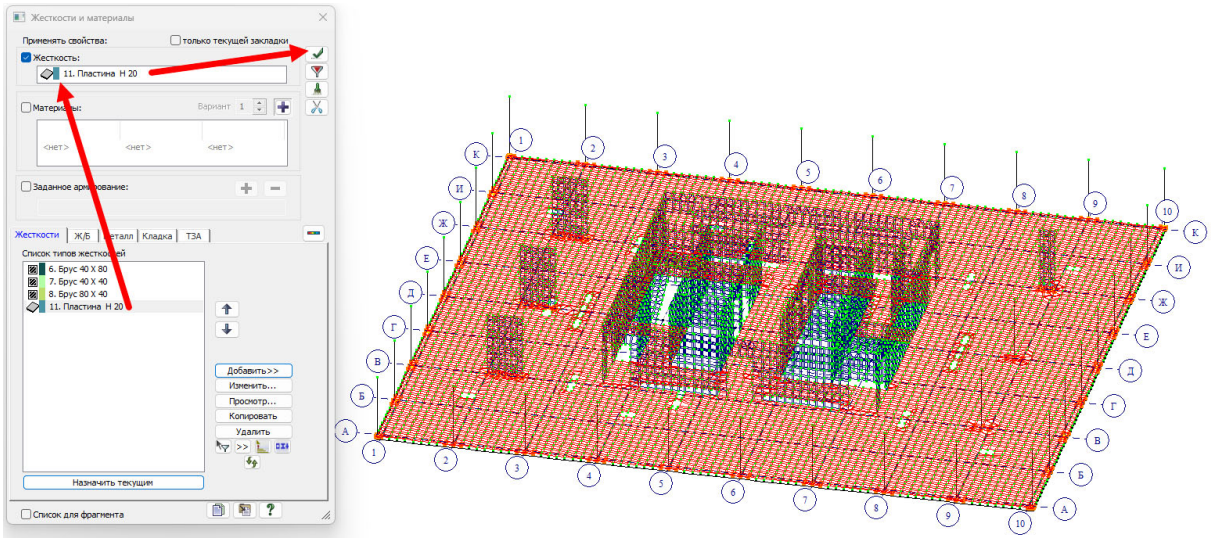
- для расчета стен: 0,6х36000=21600Мпа = (21600*101,972= 2 202 590 т/м²);
- для расчета плит: 0,3х32500=9750Мпа = (9750*101,972= 994 227 т/м²).

Удельный вес $R_0 = 2,5\ \text{т/м}^3 = 0.0245166\ \text{МН/м}^3$

Коэффициент Пуассона $v = 0,2$.

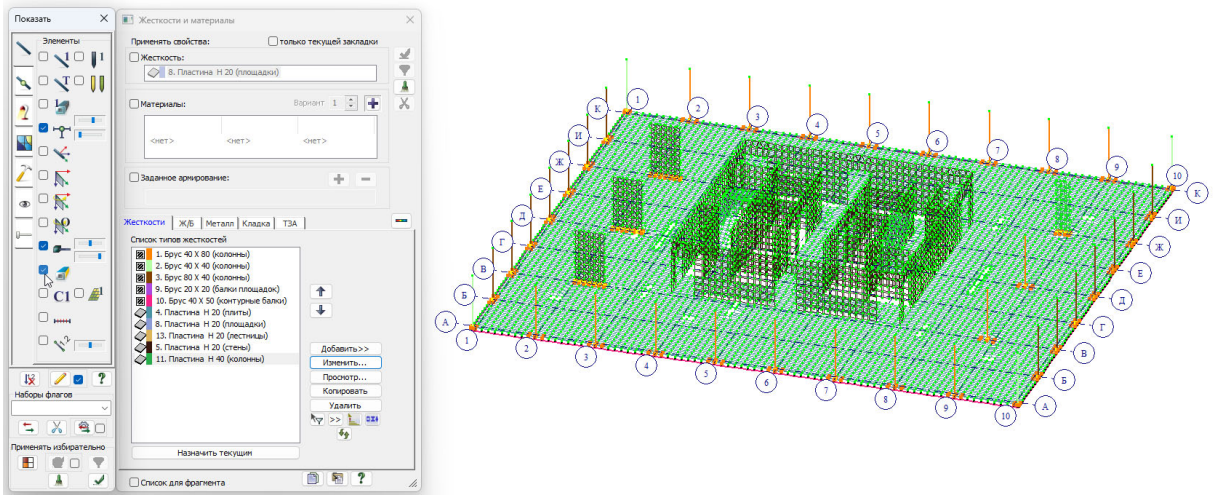




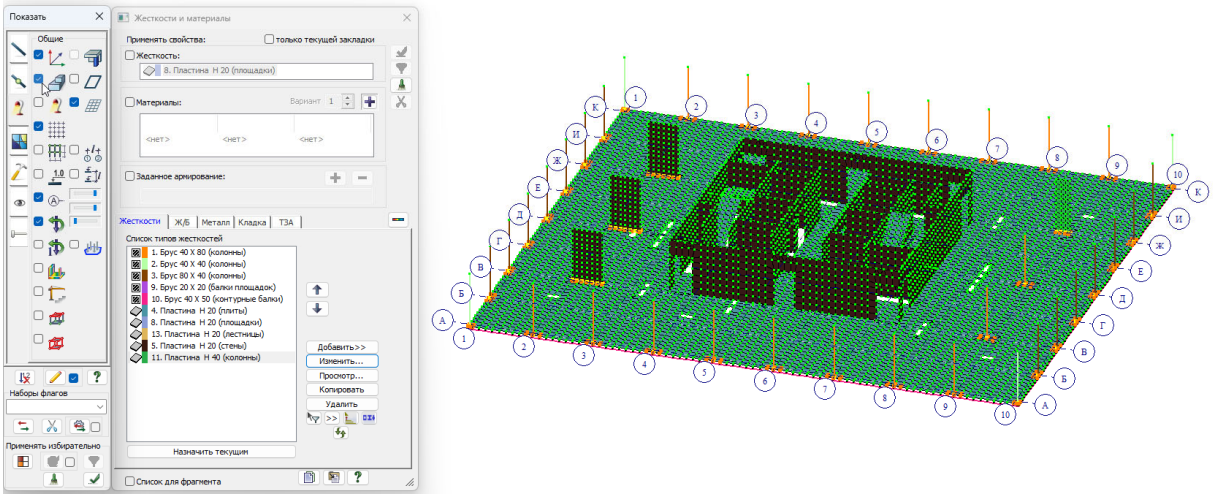


Назначение жесткости на лестничные марши, площадки и стены производится абсолютно аналогично плитам.

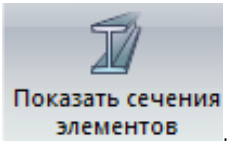
Чтобы улучшить вид можно включить «отображение жесткости цветом» через флаги рисования ..



Чтобы сделать элементы непрозрачными можно включить «удаление невидимых линий» через флаги рисования .



Чтобы просмотреть 3D-вид, нужно перейти в команду Пространственная модель .

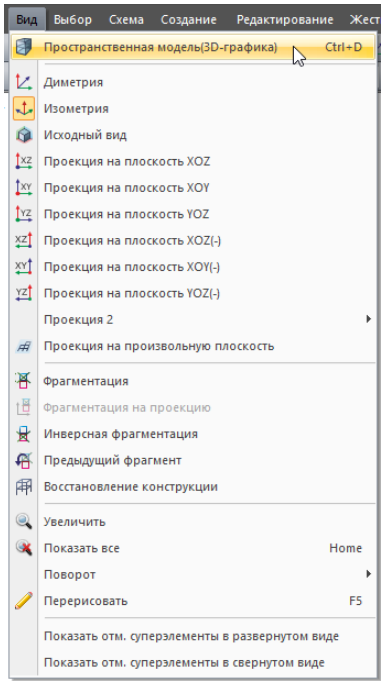
Нажать на 

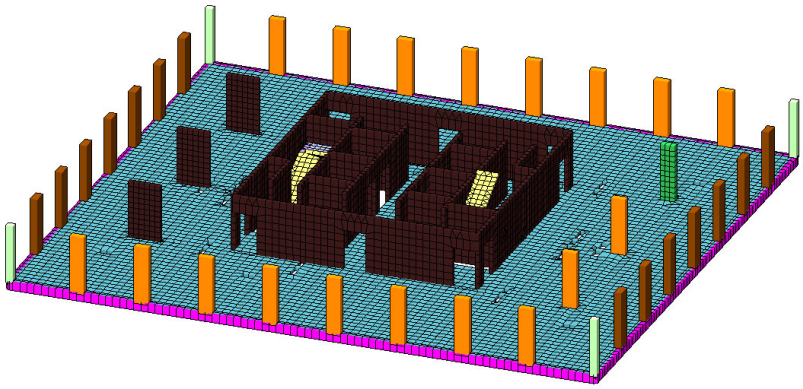
.

Обновить . Если не обновить, то вид показывается старый.

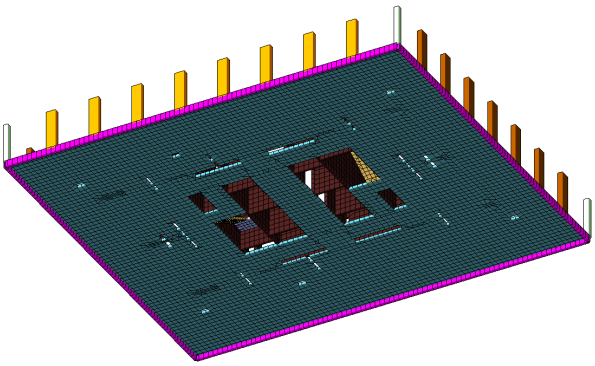
Чтобы вернуться назад в модель нужно нажать на

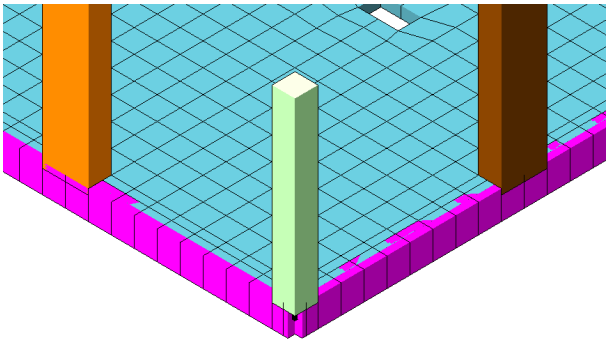
.

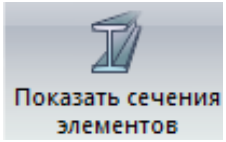




Верх балки должен совпадать с верхом перекрытия

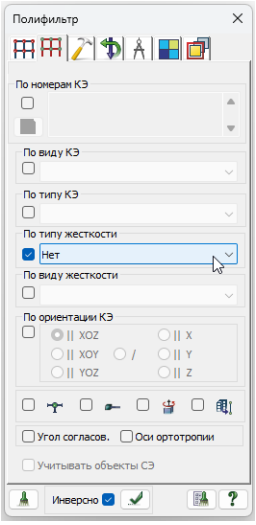




Если кнопка 

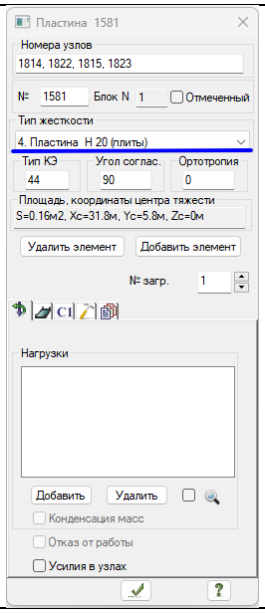
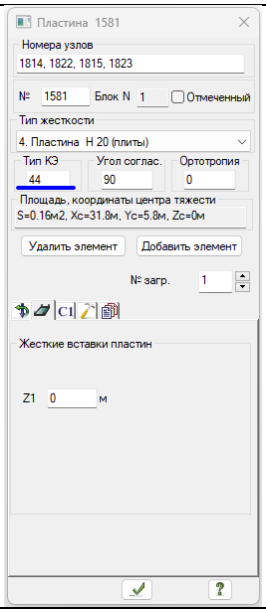
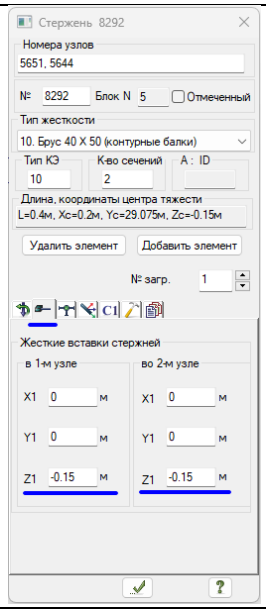
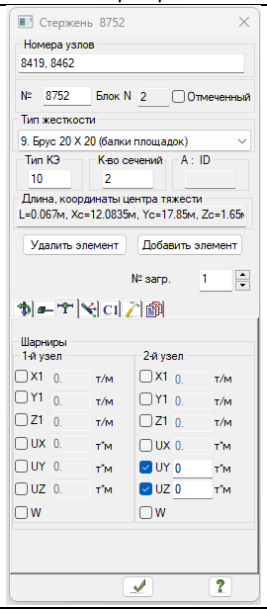
не нажимается (не активна), то есть элементы на которые не назначены жесткости или модель не обновлена .

Чтобы найти элементы на которые не назначились жесткости нужно воспользоваться полифильтром и найти их путем отметки ..

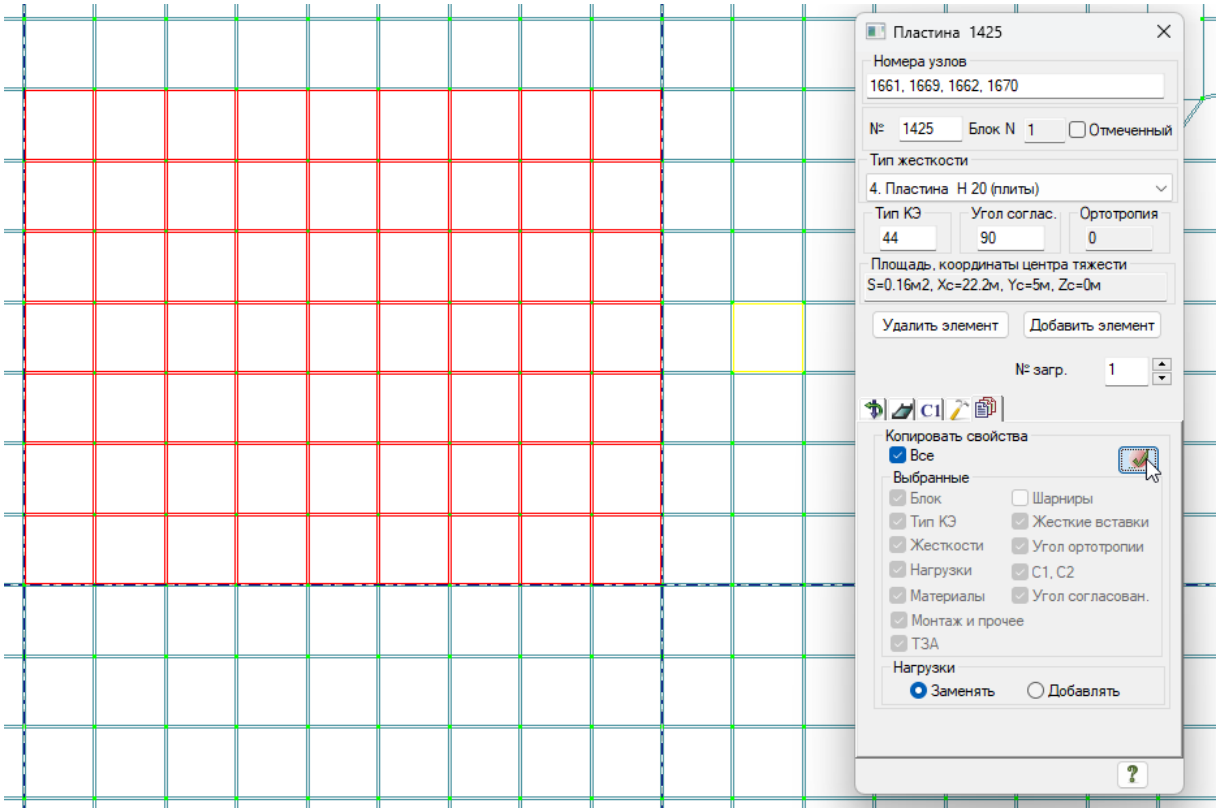


Шаг 22. Просмотр информации об элементах. Копирование свойств элементов

Просмотреть информацию об элементах можно используя команду «фонарик» . Нужно нажать на «фонарик» и на интересующий элемент. Можно при необходимости изменить свойства.

Жесткость	Тип КЭ	Жесткие вставки	Шарниры
			

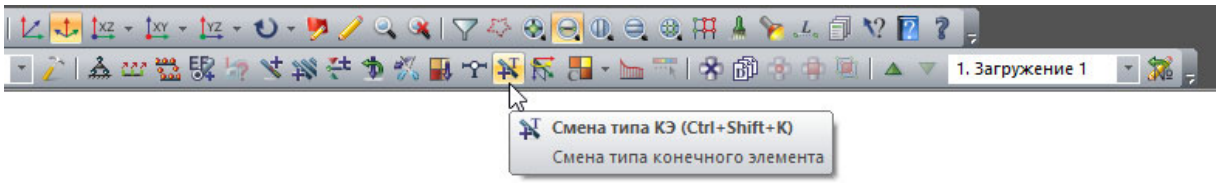
Чтобы скопировать свойства с одного элемента на другие нужно кликнуть «фонариком» в интересующий элемент – он подсветится желтым. Далее перейти во вкладку «Копировать свойства». Далее отметить те элементы, на которые нужно скопировать свойства, и нажать .

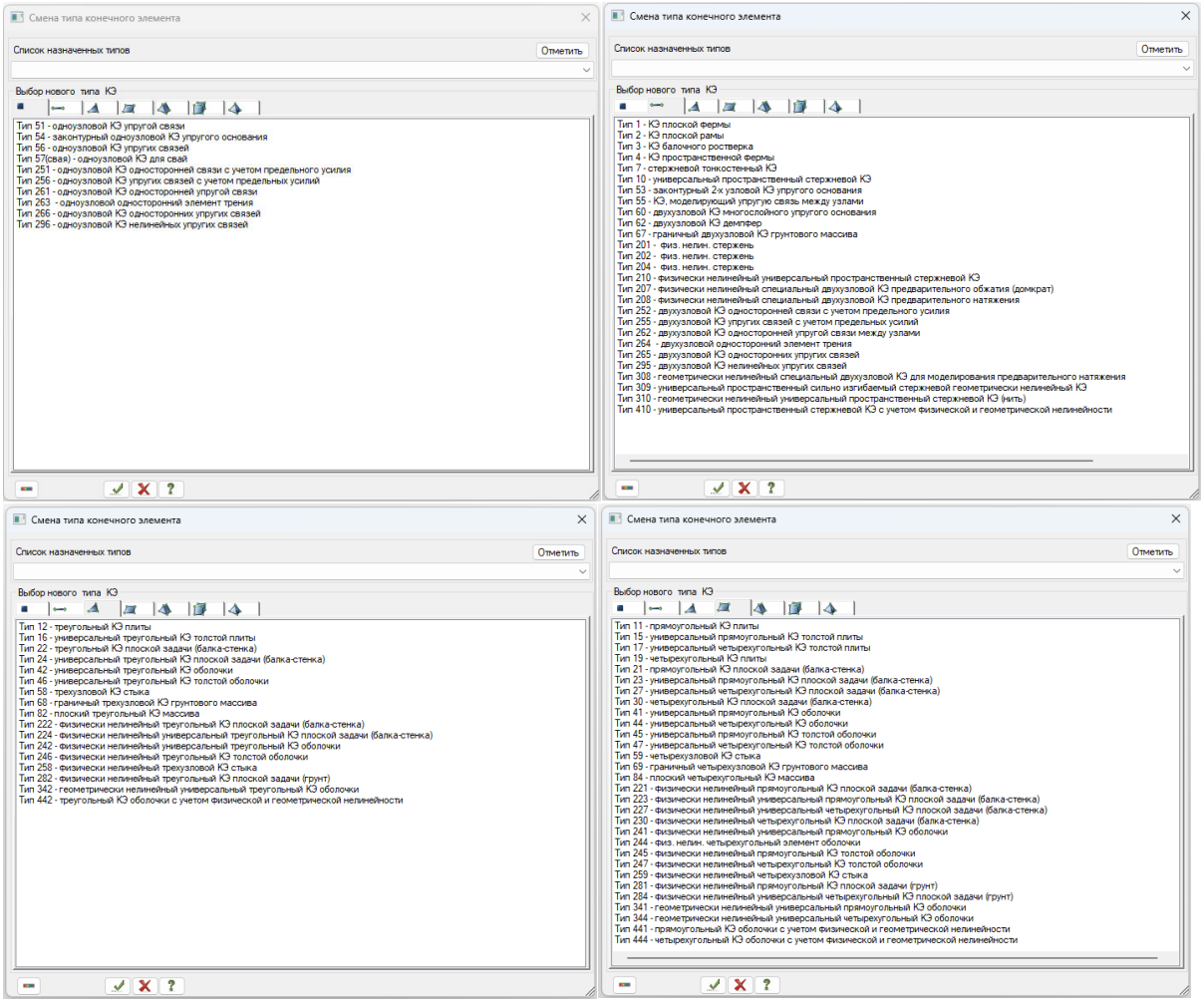


Шаг 23. Типы конечных элементов

Тип конечного элемента определяет то, какие факторы будут учитываться при расчете.

Изначально в программе задаются стандартные конечные элементы для линейного расчета. Для выполнения расчета и решения задач с первичной расчетной схемой их менять не нужно.





Если нужно заменить тип конечного элемента, то нужно выделить в списке нужный тип конечного элемента, отметить элементы на схеме и нажать .

Справочная таблица 13. Типы КЭ

КЭ	Номер типа КЭ	Наименование	Применение
Стержневой. Для моделирования: -колонн; -балок; -свай (совместно с одноузловыми КЭ)	10	Универсальный пространственный стержневой КЭ	**Основной линейный** расчет при **первичном принятии конструктивных решений**. Линейный расчет не является абсолютно точным, но для инженерных целей вполне достаточен.*
	210	Тот же КЭ 10, только с учетом физической нелинейности	Нелинейный расчет при проверке уже принятых конструктивных решений.
	310	Тот же КЭ 10, только с учетом геометрической нелинейности	Нелинейный расчет при проверке уже принятых конструктивных решений. Особенно актуален для вертикальных элементов большой длины с малым сечением (элементы с большой гибкостью).
	410	Тот же КЭ 10, только с учетом физической и геометрической нелинейности	**Основной линейный** расчет при **окончательной проверке конструктивных решений**. Нелинейный расчет формально необходим по ст.16. ФЗ №384.*
Пластинчатый. Для моделирования: -плит; -стен.	44(42)	Универсальный четырехугольный (трехугольный) элемент оболочки	**Основной линейный** расчет при **первичном принятии конструктивных решений**. Линейный расчет не является абсолютно точным, но для инженерных целей вполне достаточен.*
	244(242)	Тот же КЭ 44(42), только с учетом физической нелинейности	Нелинейный расчет при проверке уже принятых конструктивных решений.
	344(342)	Тот же КЭ 44(42), только с учетом геометрической нелинейности	Нелинейный расчет при проверке уже принятых конструктивных решений. Особенно актуален для вертикальных элементов большой длины с малым сечением (элементы с большой гибкостью).
	444(442)	Тот же КЭ 44(42), только с учетом физической и геометрической нелинейности	**Основной линейный** расчет при **окончательной проверке конструктивных решений**. Нелинейный расчет формально необходим по ст.16. ФЗ №384.*
Одноузловой -сваи (совместно со стержневыми); -контакт (трение) фундаментной плиты с грунтом.	56	Одноузловой элемент упругих связей	Моделирование трения фундаментной плиты с грунтом. **Элемент линейного расчета.**
	56	Одноузловой элемент упругих связей	Моделирование жесткости упругого основания свай. В этом случае жесткость для КЭ 56 передают геотехники (расчетчики, работающие в Plaxis, Midas). **Элемент линейного расчета.**
	57	Элемент моделирующий сваю	Моделирование свай в ЛИРА-САПР. **Элемент линейного расчета.**
*Примечание. Несмотря на требования ФЗ №384 о необходимости **окончательной проверки с учетом физической и геометрической нелинейности**, эти факторы частично учитываются и в **первичном линейном расчете** путем ввода понижающих коэффициентов (0,2, 0,3, 0,6 и т.д.). По опыту проектирования для 98% зданий не делается окончательной проверки с учетом физической и геометрической нелинейности. Это связано с тем, что правильно подобранные параметры сечений (армирование и бетон) в линейном расчете будут удовлетворять требованиям 1 и 2 групп предельных состояний в нелинейном расчете в подавляющем большинстве стандартных конструкций. Расчет с учетом физической и геометрической нелинейности рекомендуем автором для нестандартных решений (это, например, криволинейные области колонны, места с изменением положения вертикальных конструкций в плане по вертикали здания).			

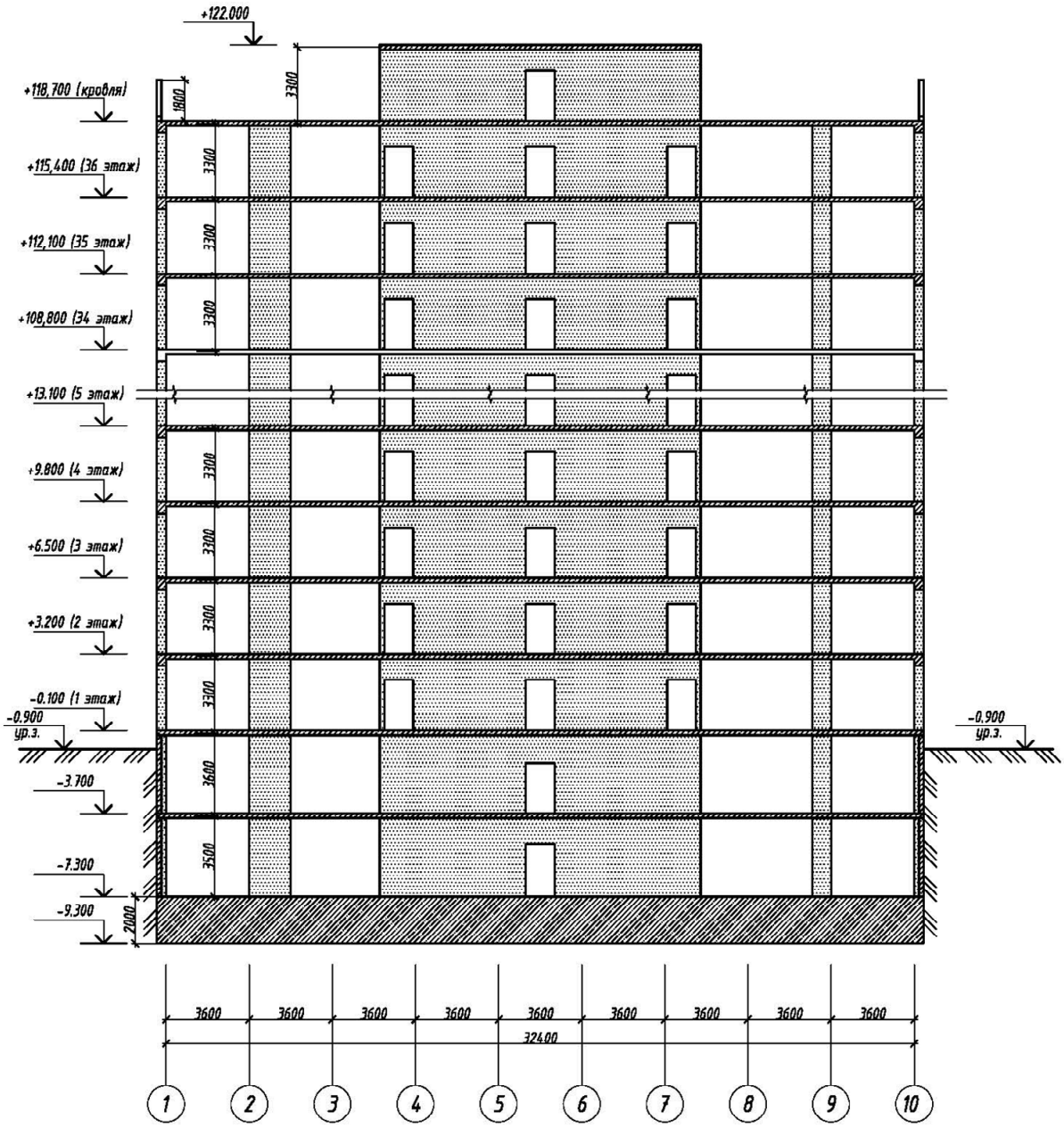
КЭ – конечный элемент.

Подробнее о расчетах с учетом физической и геометрической нелинейностью будет рассказано в следующих частях Справочника.

Шаг 24. Копирование этажей

Для копирования этажей нужно построить разрез по зданию.

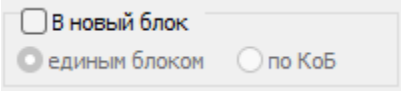
Высоты этажей, расположение вертикальных конструкций, проемы могут быть различными. Это все правится вручную на последующих этапах.



Для копирования надземной части:

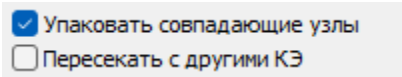
1) Выделяем все элементы этажа;

2) Заходим в команду «копировать выбранные объекты» ;

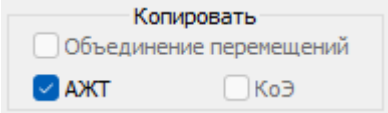
3) Убираем галочку «В новый блок» 

. Это нужно для того, чтобы созданные ранее созданные блоки (см. шаг 16) копировались от этажа к этажу.

4) Ставим галочку «упаковывать совпадающие узлы», снимаем «пересекать» с другими КЭ.



5) Проверить установку галочки копировать «АЖТ»

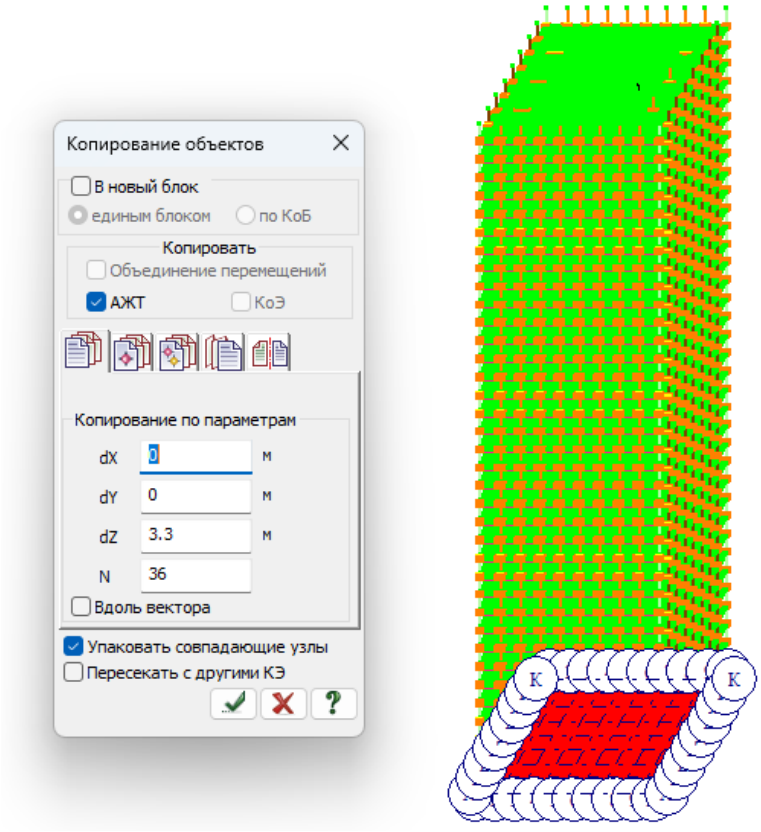


6) Выбираем количество этажей N, которое нужно скопировать. В данном случае будет 36 этажей. Один из которых будет последним – техническим.

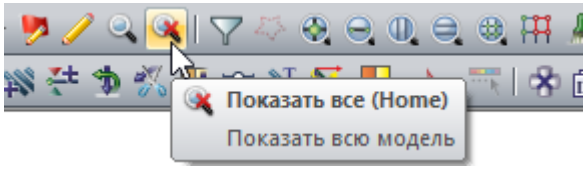
7) Выбираем высоту копирования по Z.

8) Нажимаем галочку «Применить» .

Примечание: время копирования может превышать 5 минут.

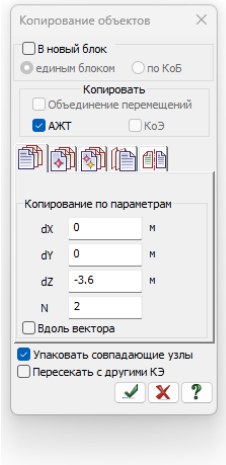


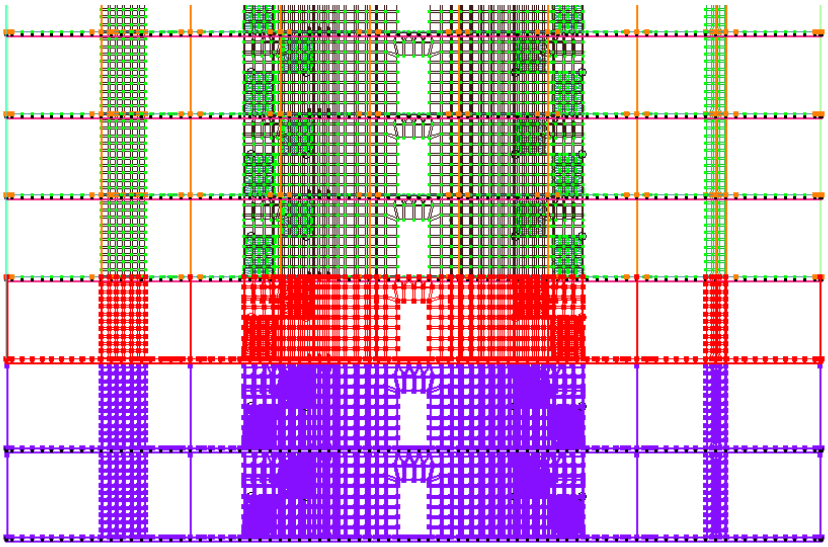
После копирования иногда вид не отдаляется и не приближается. Для масштабирования вида нужно воспользоваться командой «Показать все».



Для копирования подземной части необходимо проделать те же самые действия.

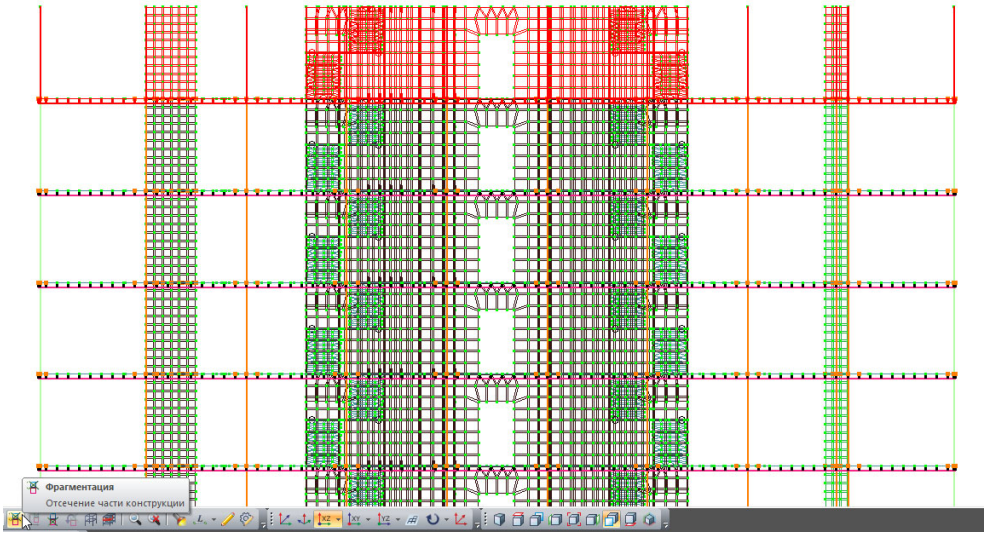
N=2, h=3,6м.





Шаг 25. Правки по верхнему этажу

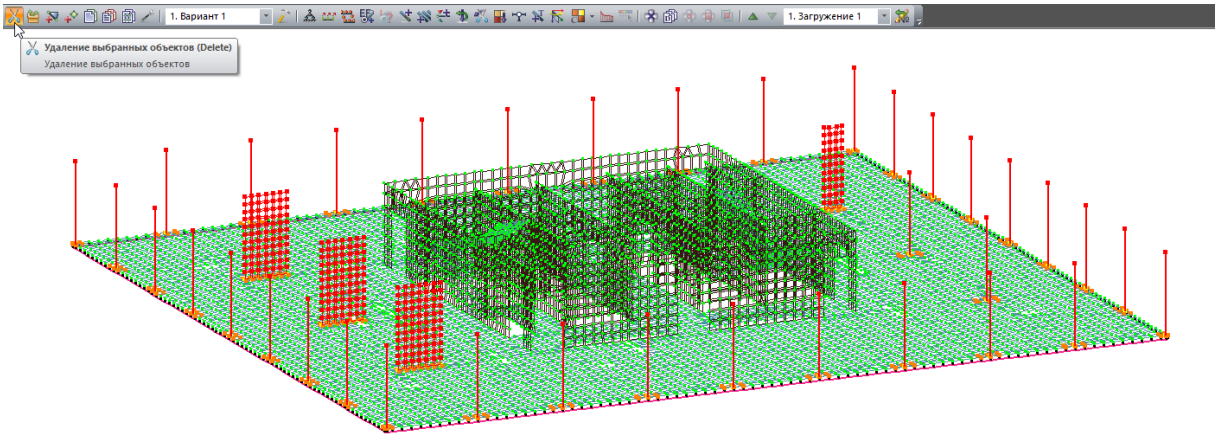
Для удобства работы с фрагментом схемы необходимо выделить интересующие элементы и нажать на фрагментацию .

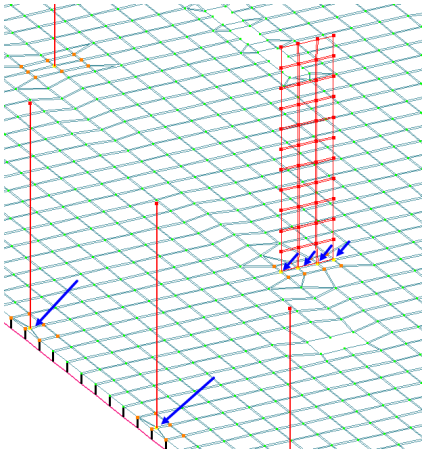


Удаляем ненужные стены и колонны.

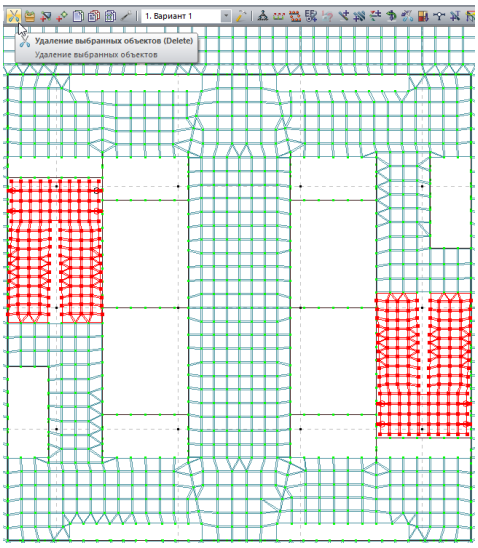
Выделяем ненужные элементы и узлы и нажиаем на удаление.

Важно! При выделении узлов не должны выделяться узлы, попадающие на перекрытие, иначе удалятся элементы самого перекрытия.

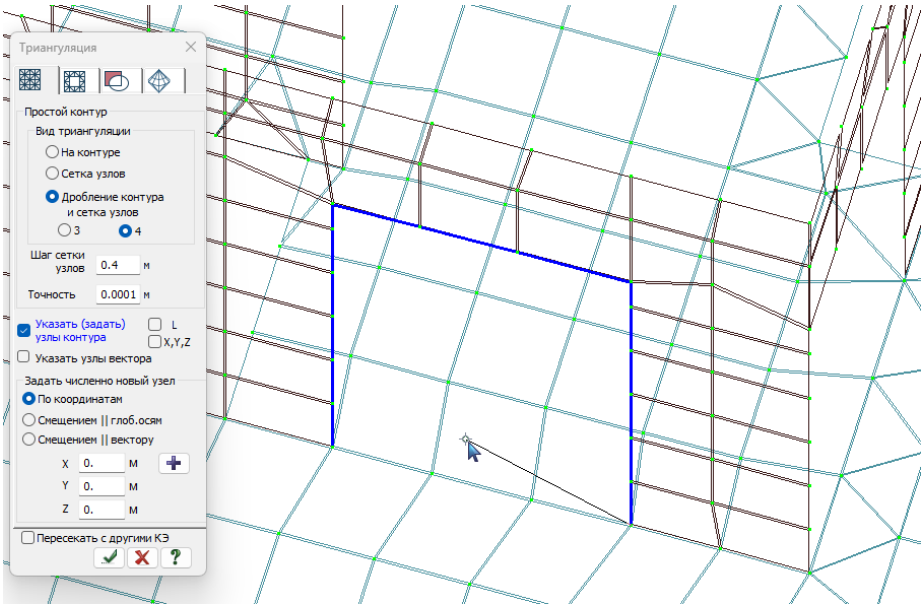




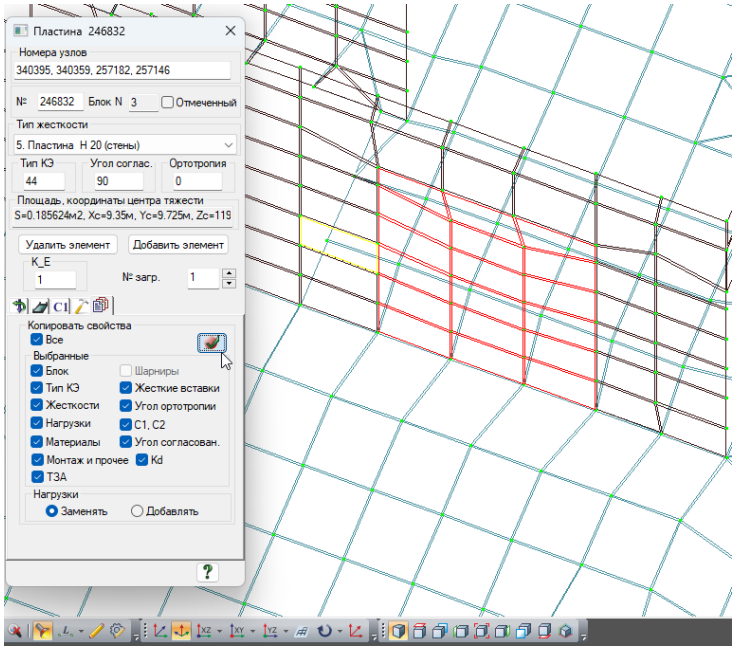
Удаляем ненужные лестницы.



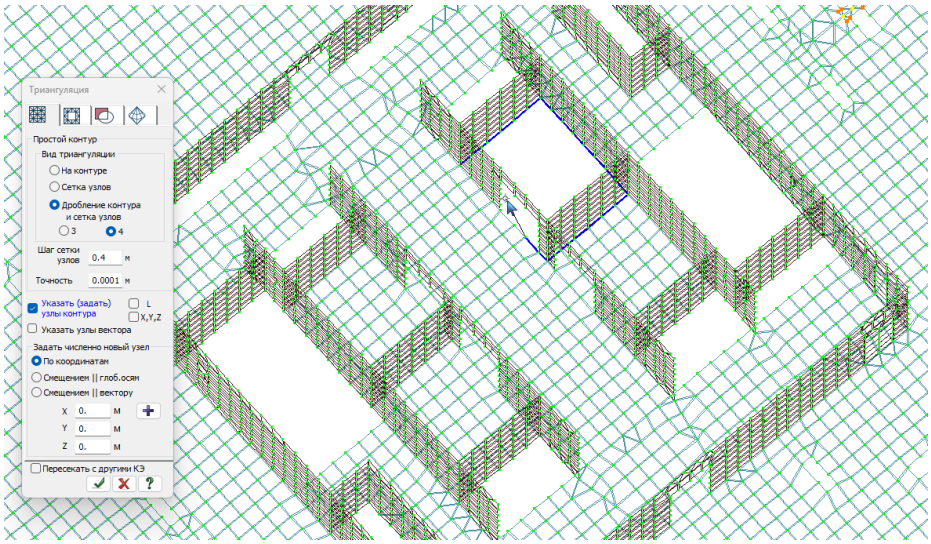
«Заделываем» триангуляцией ненужные отверстия в стенах .



Чтобы назначить свойства (жесткость, согласование местных осей и пр.) можно воспользоваться командой «фонарик» . Нажать на элемент с которого нужно скопировать свойства (подсветится желтым). Выделить элементы на которые нужно скопировать и нажать «применить» .

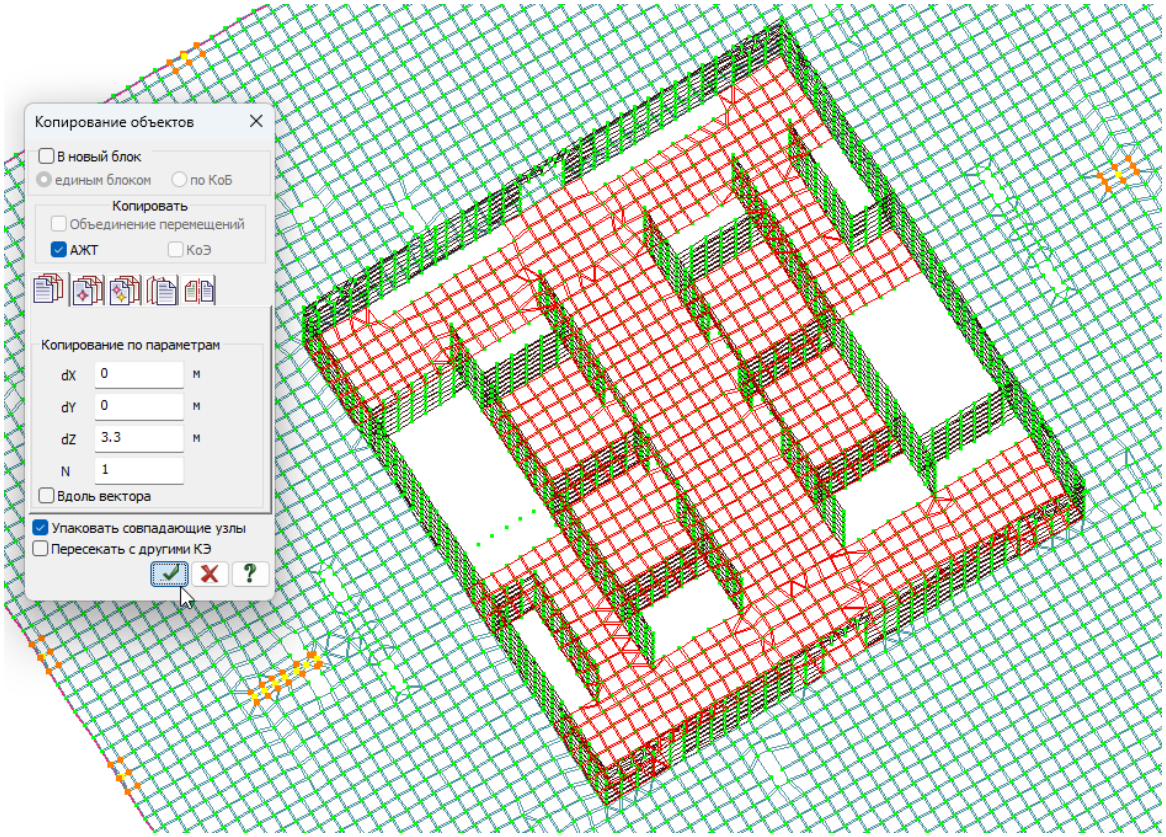


«Заделываем» триангуляцией ненужные отверстия в плитах .

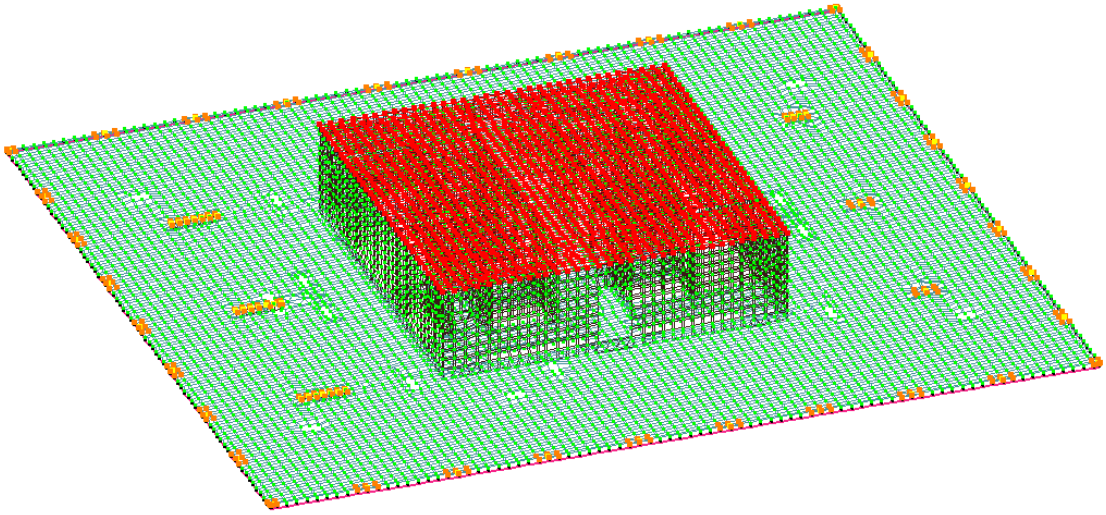


Копируем выделенную часть перекрытия для создания плиты покрытия и «заделываем» триангуляцией отверстия. Для удобства «заделки можно выделить и фрагметировать только нужную часть.

Также нужно не забыть назначить жесткости на созданные элементы и согласовывать местные оси. Или можно пользоваться копированием свойств через «фонарик» .



Результат создания плиты покрытия над лестнично-лифтовым узлом:

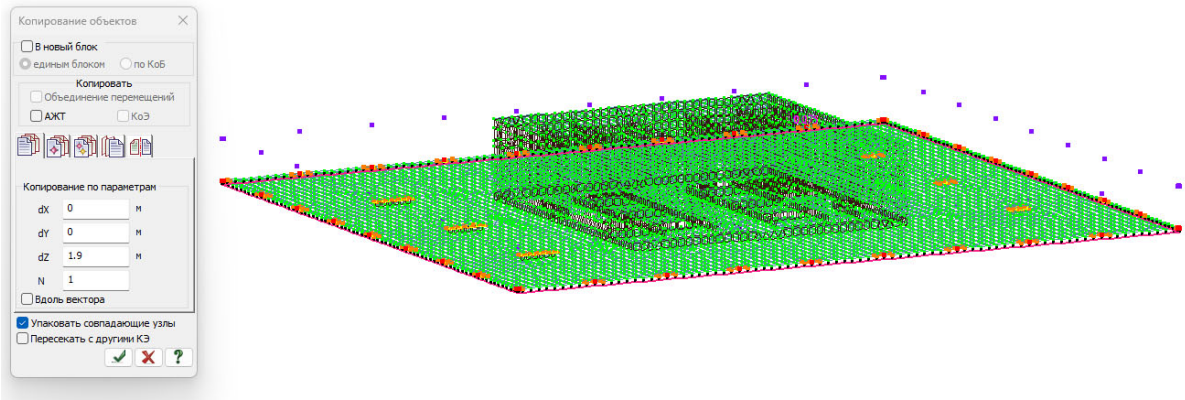


Моделирование парапета.

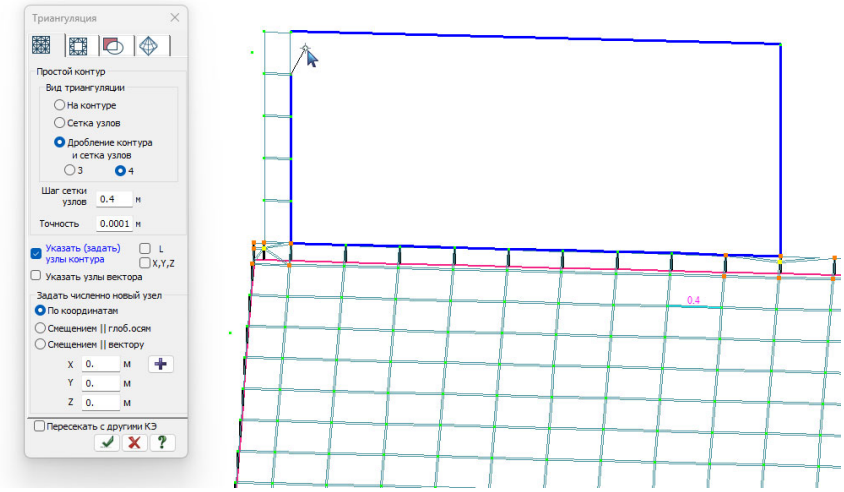
Парапет можно создать по ключевым узлам узлам балки. Несмотря на разную толщину балки(250) и парапета(200) необходимости в их расцентровке не требуется, поскольку это не оказывает существенного влияния на результат.

Создаем ключевые узлы парапета путем копирования. Галочку АЖТ нужно отключить. При этом лучше триангулировать ячейками – также, как и стены. Ячейки можно копировать.

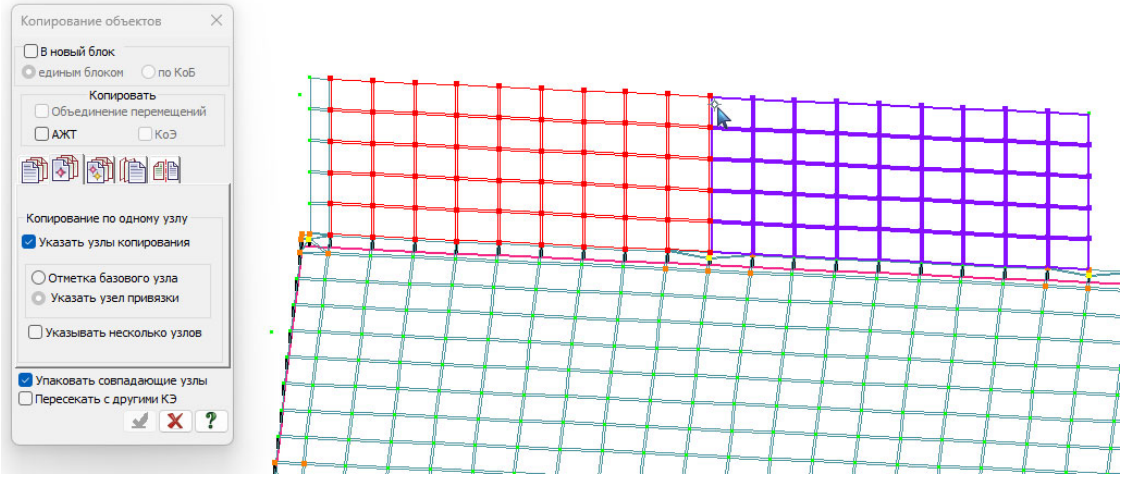
Копирование ключевых узлов:



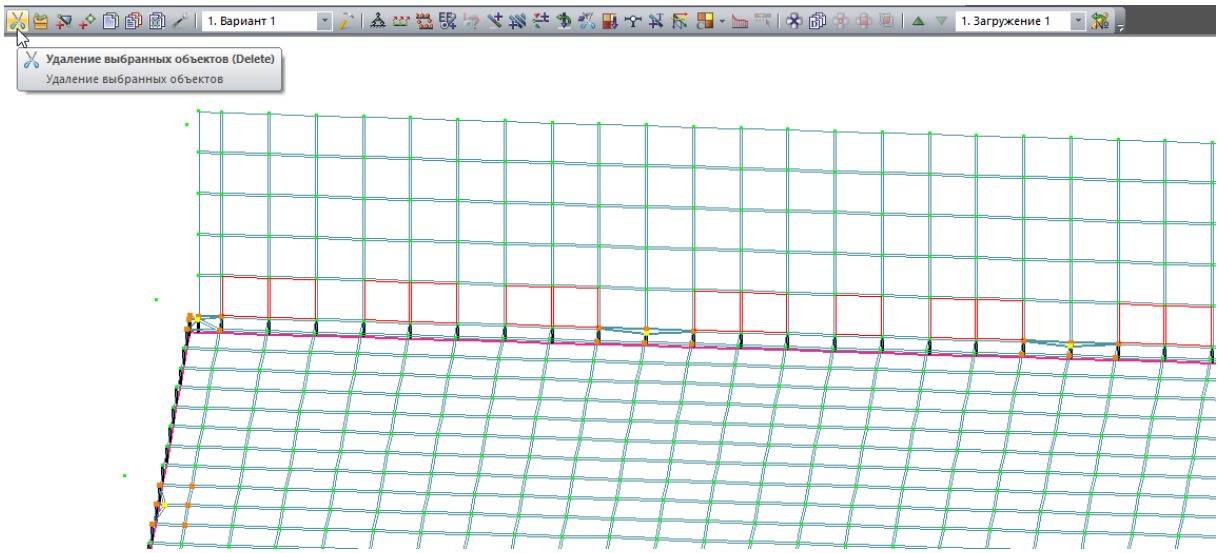
Триангуляция контура:



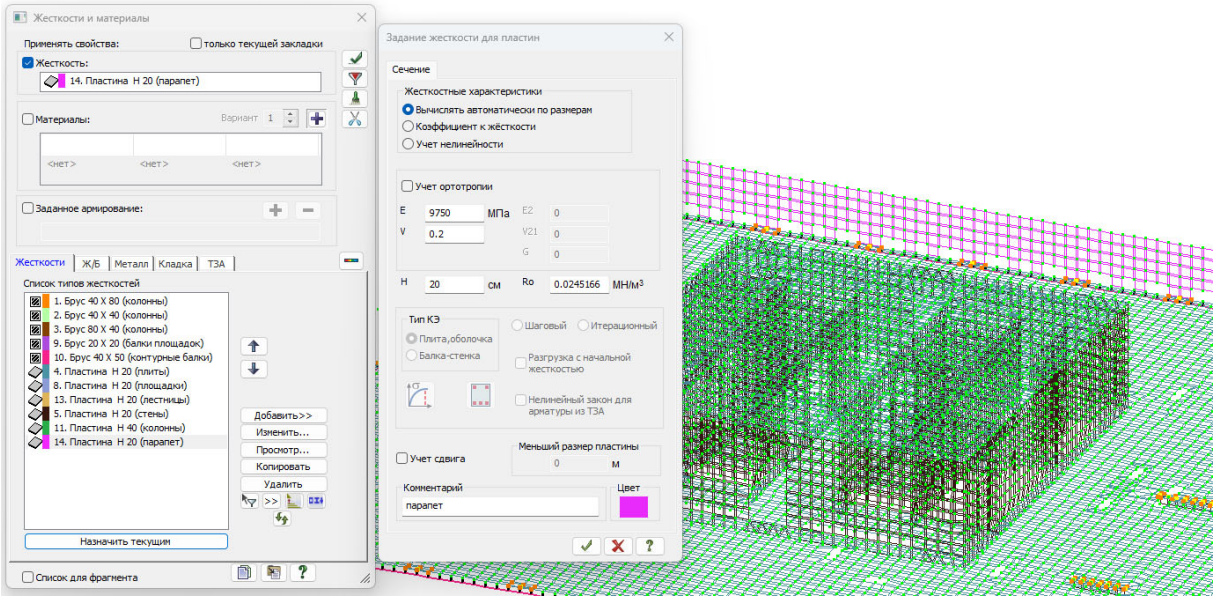
Копирование контура:



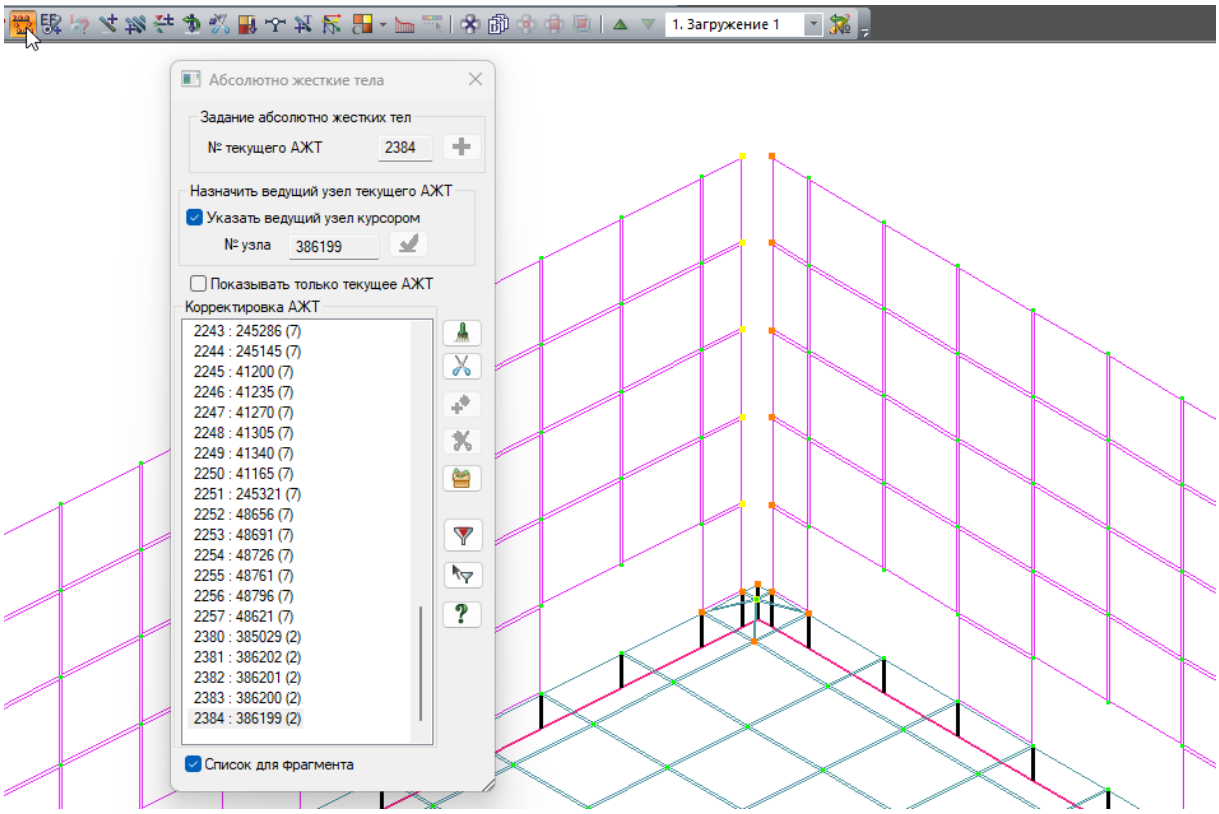
Вырезание отверстий под термовкладыши:



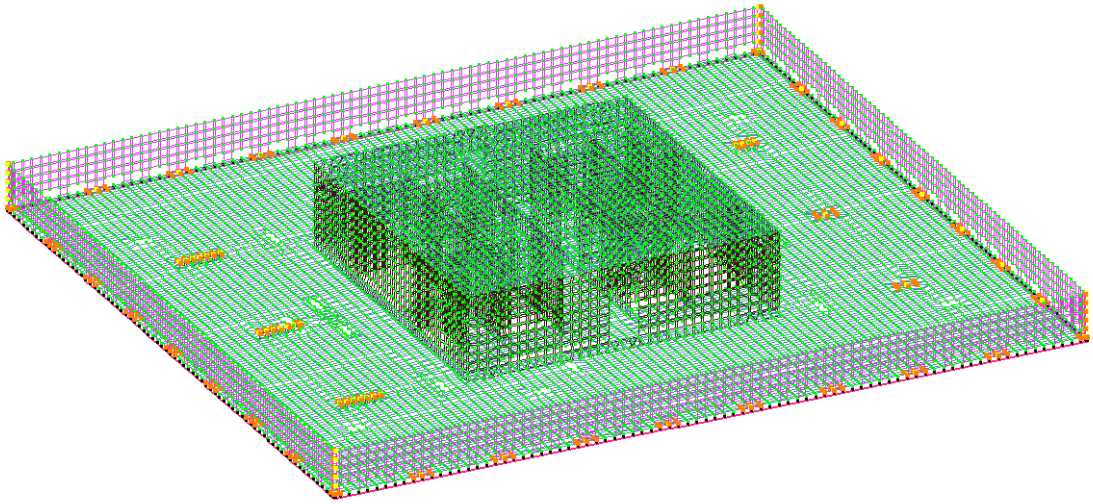
Парапет в большей части работает как изгибаемый элемент, поэтому свойства жесткости ему нужно присвоить по аналогии с плитами (модуль упругости E с коэффициентом 0,3).



В местах пересечения парапетов можно поставить АЖТ.

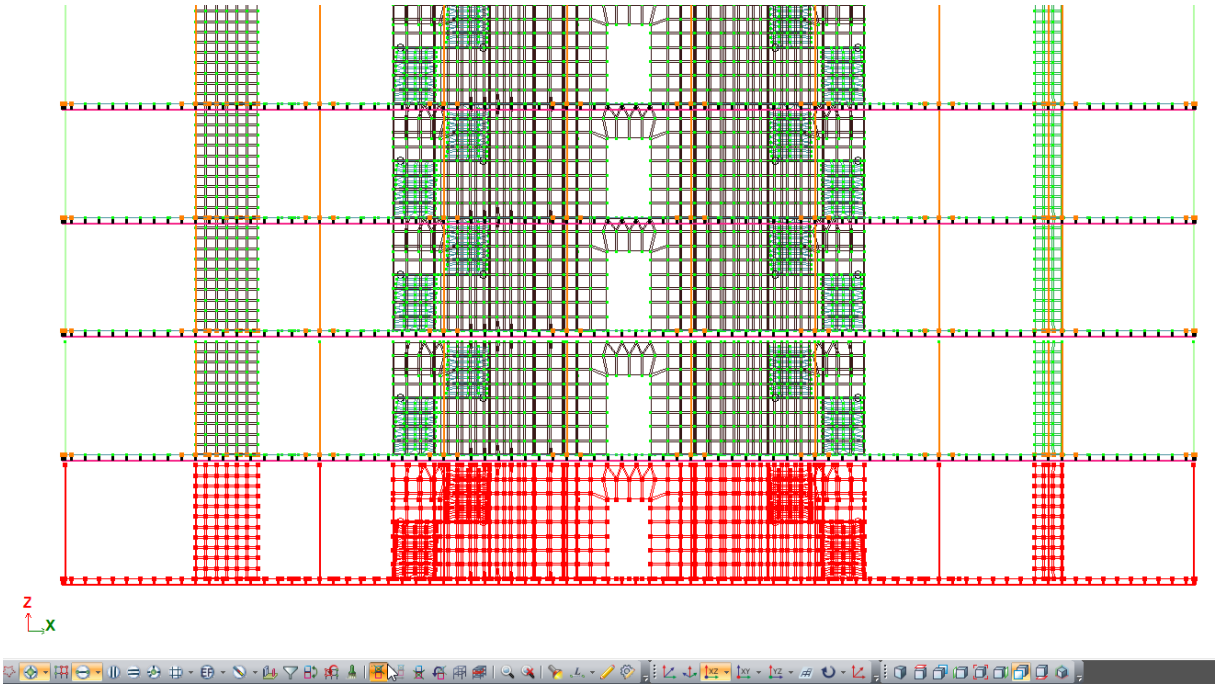


Результат правки по верхнему этажу:



Шаг 26. Правки по нижним этажам

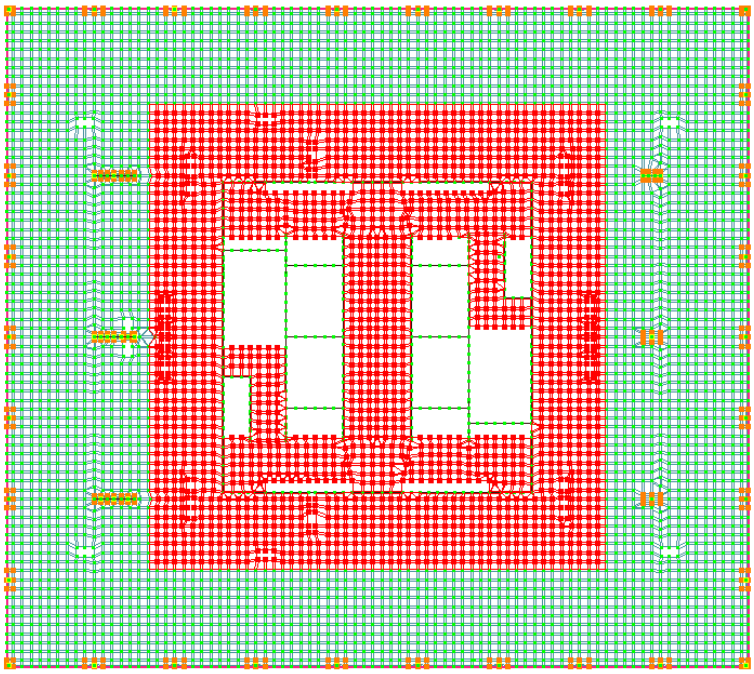
Для удобства работы с фрагментом схемы необходимо выделить интересующие элементы и нажать на фрагментацию .

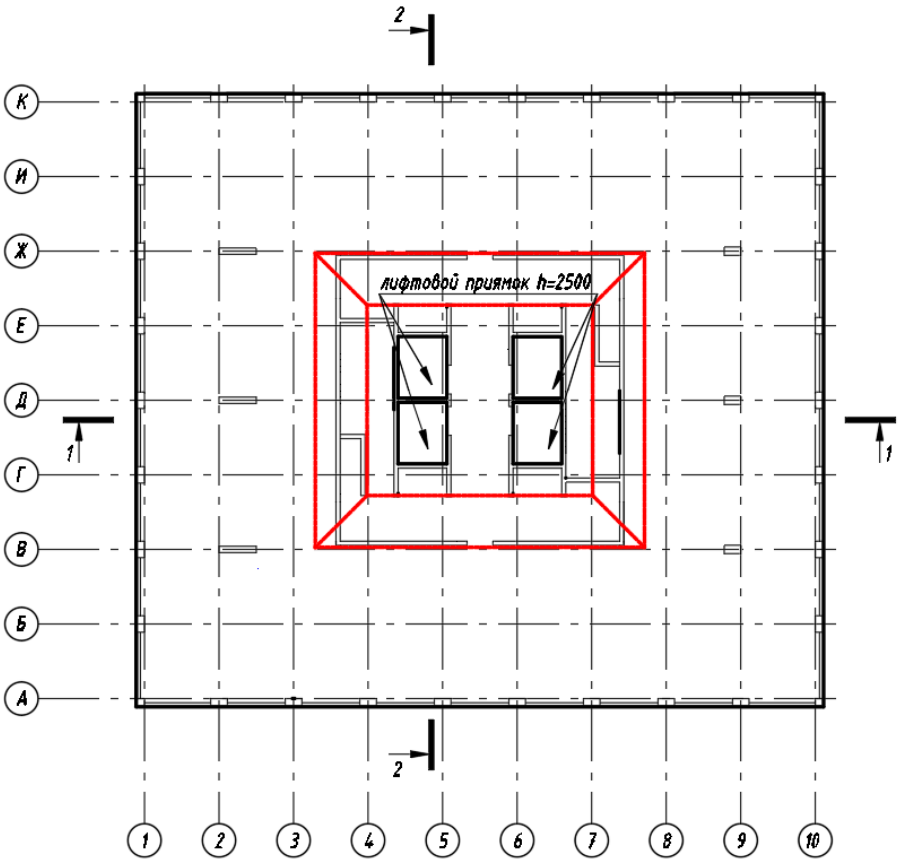


Корректировка фундаментной плиты.

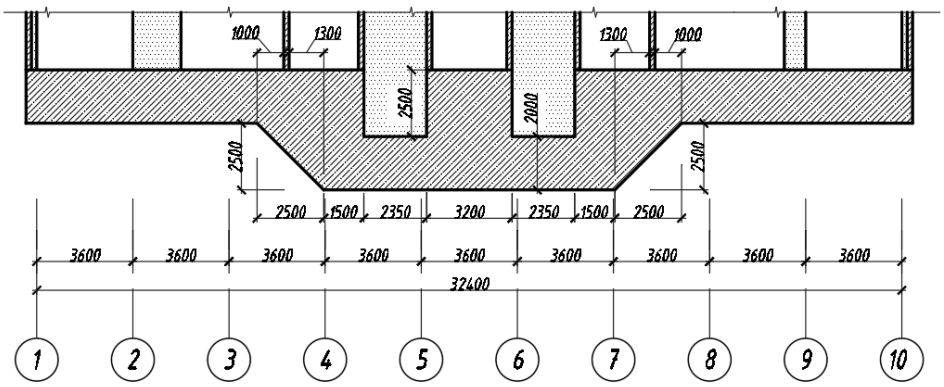
Удаляем среднюю часть. Ее будем создавать заново. Стены удалять не нужно.

1. Вариант 1



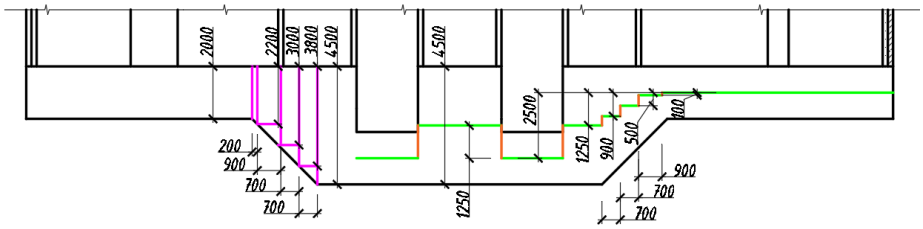

лифтовой приямок h=2500
К
И
Ж
Е
Д
Г
В
Б
А
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10

1-1

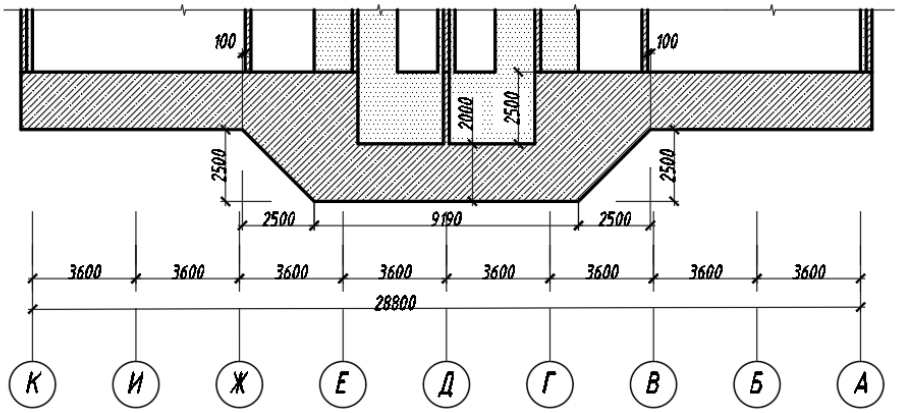


1-1 (для создания геометрии)

для определения толщин для построения сетки КЭ

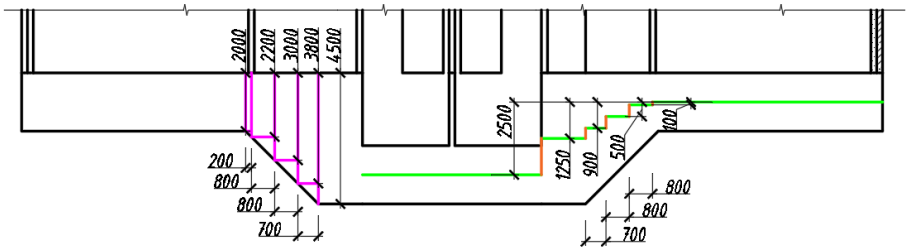


2-2

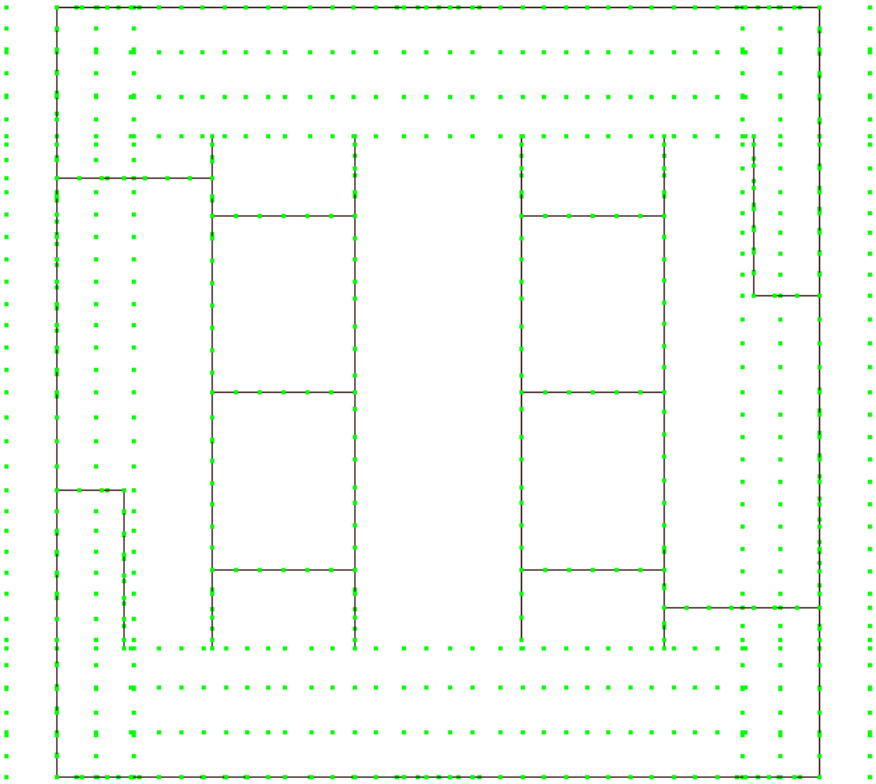


2-2 (для создания геометрии)

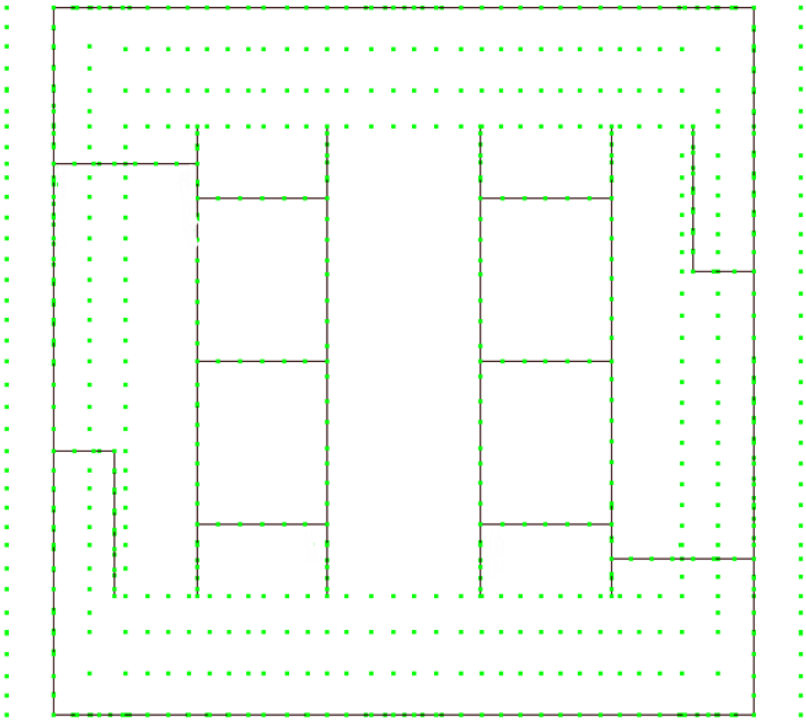
для определения толщин для построения сетки КЭ



Результат копирования нижних узлов (копируются нижние узлы стен):



Результат удаления ненужных узлов:



Создаем жесткость участков фундаментной плиты с толщинами:

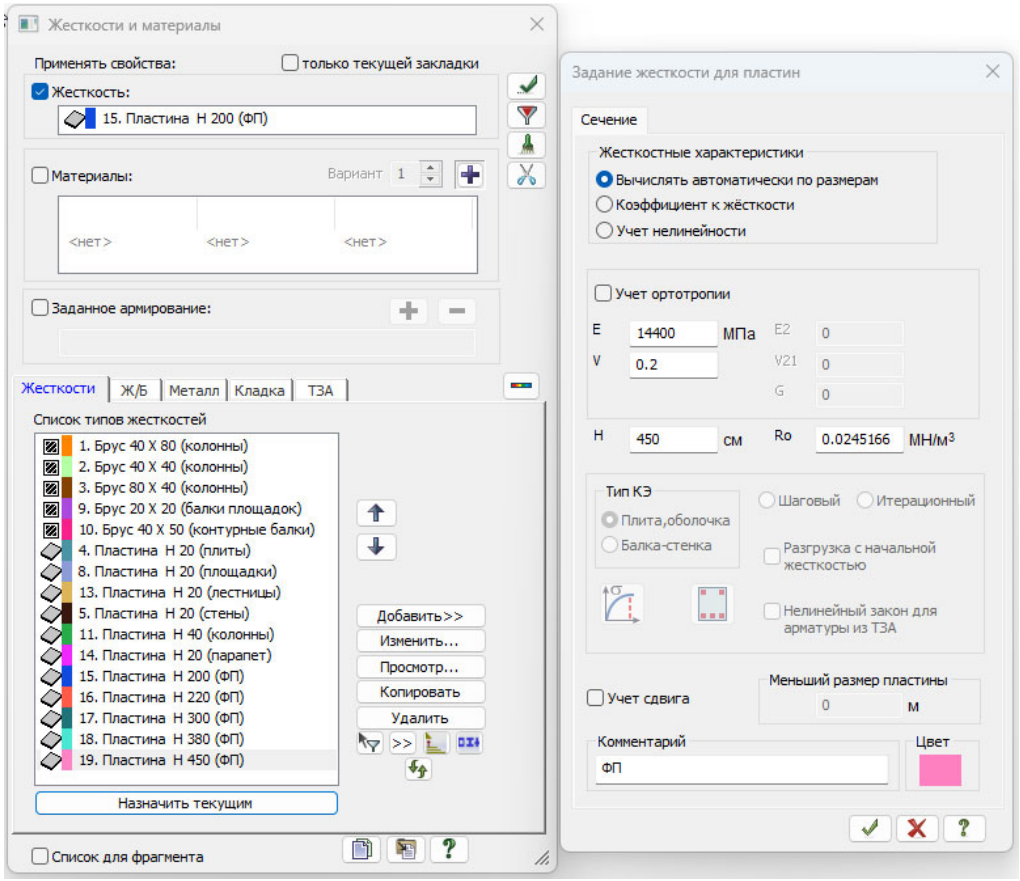
200 см, 220см, 300см, 380см, 450см.

Модуль упругости $\boldsymbol{E}$:

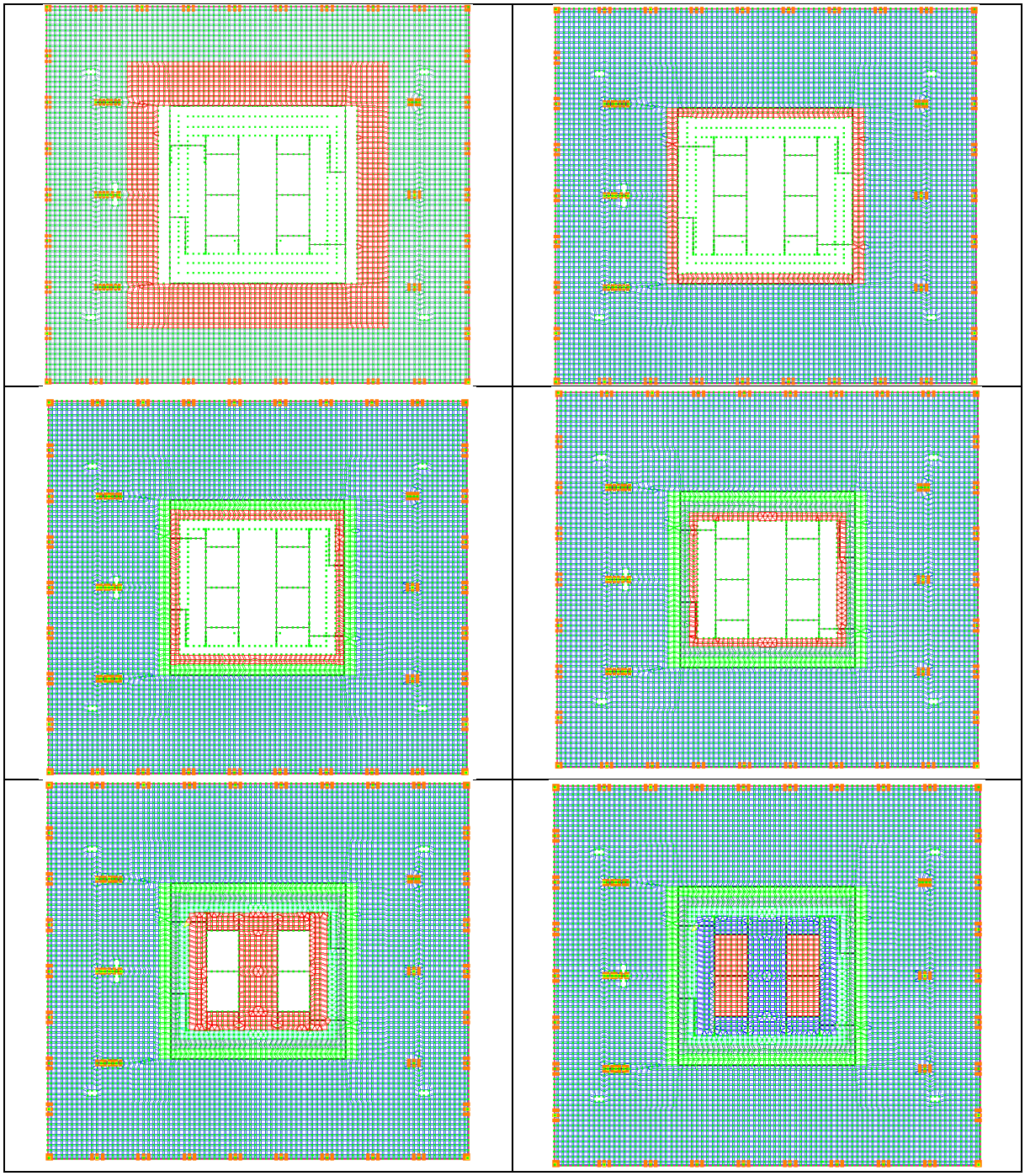
- для бетона класса В40: 0,4х36000= 14 400Мпа = (14400*101,972= 1 468 397 т/м²)

Удельный вес $\boldsymbol{R_0} = \mathbf{2,5}\ \text{т/м}^3 = 0.0245166\ \text{МН/м}^3$

Коэффициент Пуассона $\boldsymbol{v} = \mathbf{0,2}$



Восстановление удаленного контура толщиной 200см. Далее последовательно: создание контура толщиной 220см, 300см, 380см, 450см, 200см.



Далее необхходимо:

1. «Заделать триангуляцией все отверстия в фундаментной плите;

2. Удалить контурные балки, оставшиеся от плит;

3. Проверить назначение жесткостей ;

4. Максимально объединить треугольные элементы в четырехугольные ;

5. Передвинуть узлы для уменьшения сингулярности и повышения качества сетки КЭ.

6. Создать блоки для удобной фрагментации и выбора.

7. Согласовать местные оси по аналогии с плитами , .

8. Сделать жесткие вставки для плит(смещение срединной поверхности). е

Смещение **E** можно определить по чертежу.

Также **E** можно рассчитать по формуле, **<u>если верх плит совпадает</u>**:

$\boldsymbol{E} = \frac{\boldsymbol{T_{pl}}}{\mathbf{2}} - \frac{\boldsymbol{t_{pl}}}{\mathbf{2}}$, где

$\boldsymbol{T_{pl}}$– толщина смещаемой плиты (наибольшая толщина);

$\boldsymbol{t_{pl}}$– толщина несмещаемой плиты (наименьшая толщина).

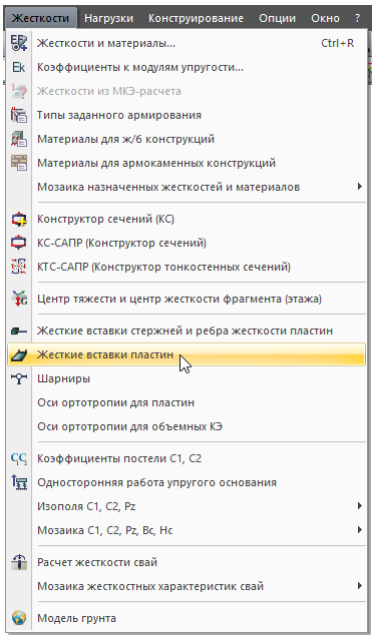
Для плиты 220см смещение относительно 200см: 10 см

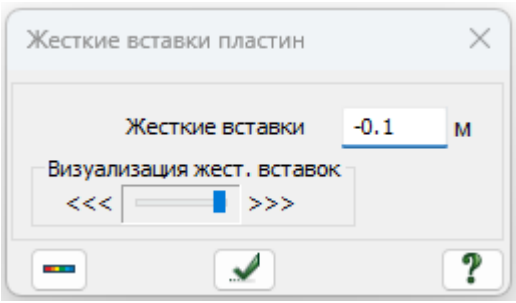
Для плиты 300 см: 50см

Для плиты 380 см: 90см

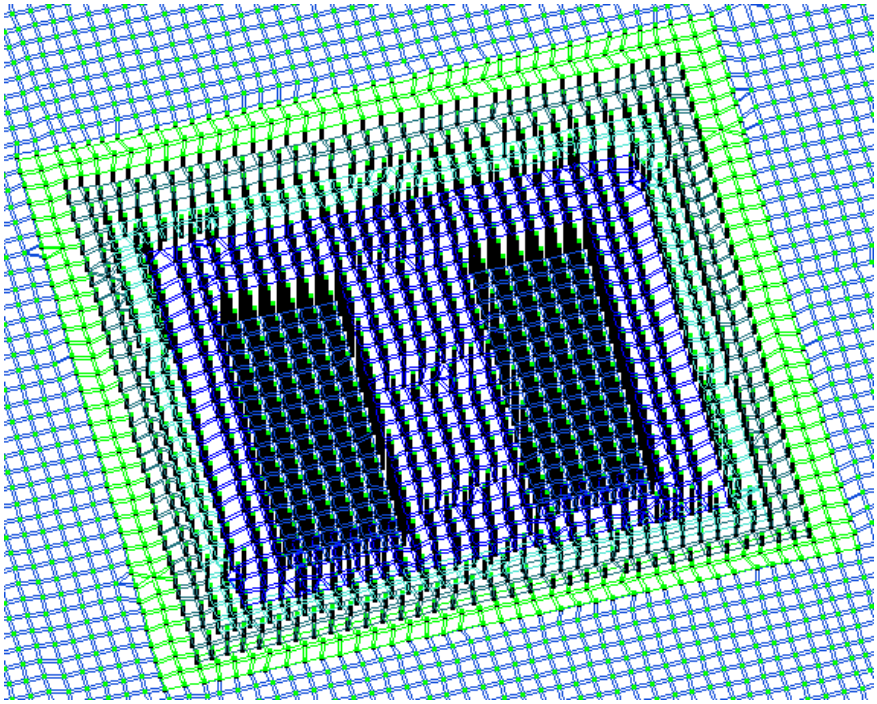
Для плиты 450 см: 125см

Смещение производится через «жесткие вставки пластин» .

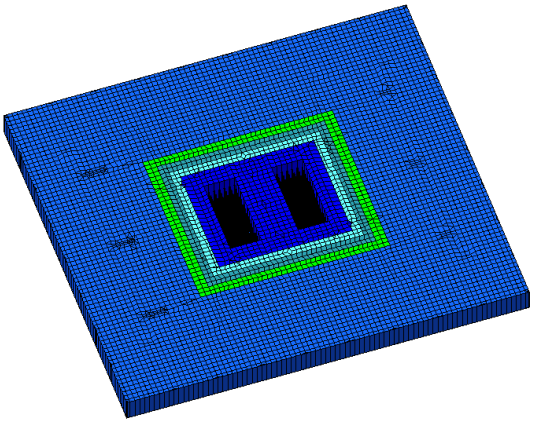


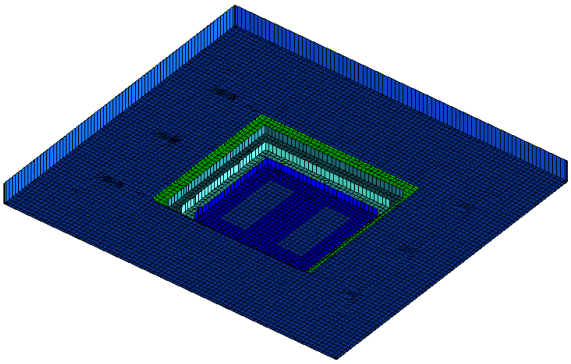


Общий вид жестких вставок по фундаментной плите:



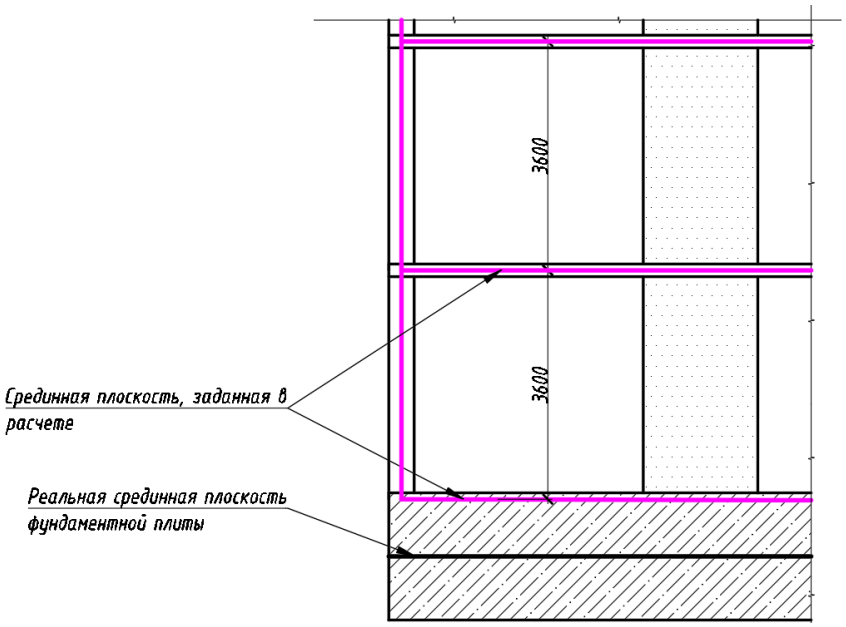
Вид на пространственной модели :





Частые вопросы:

Почему вертикальные конструкции не доводятся до центральной линии фундаментной плиты, т.е. почему не сделано как при сопряжении вертикальных конструкциях с перекрытиями?



Ответ:

Это делается чтобы учесть фактическую длину вертикальной конструкции. Перекрытия гораздо тоньше фундаментной плиты и их толщина не особо влияет на результат, чтобы ее учитывать.

Если плита перекрытия является достаточно массивной (ориентировочно начиная с толщины 350мм, то нужно это учитывать или вводом АЖТ или фактической «подрезкой»).

Если вертикальная конструкция будет задана высотой больше, чем она есть на самом деле, то изгибающие моменты в ней будут меньше (и армирование тоже получится меньше), что неправильно.

Поскольку высоты нижних этажей отличаются в большую сторону (3,6м вместо 3,3м), нужно:

1) Узлы колонн перенести к перекрытию;

2) По стенам сделать триангуляцию .

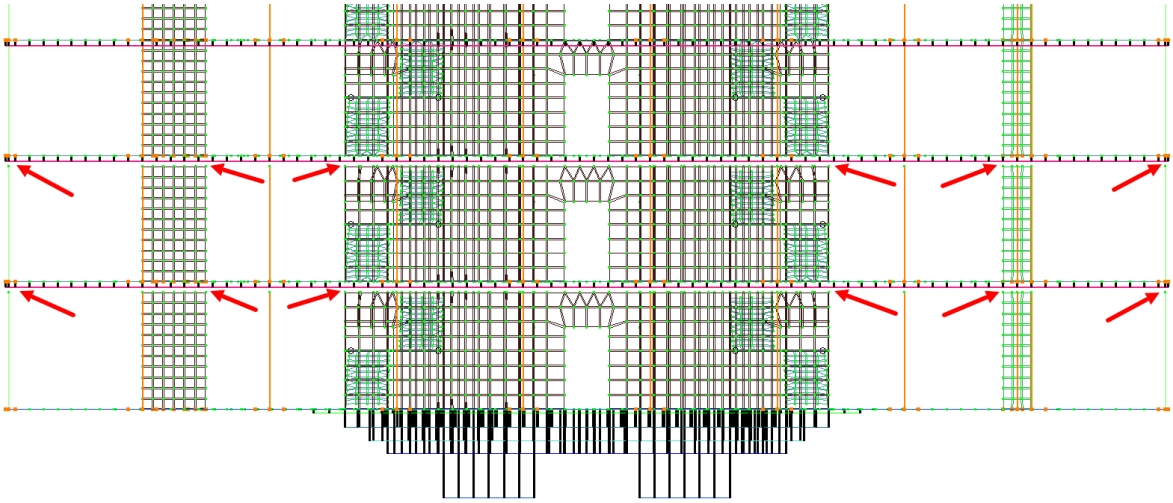
3) Лестничные площадки перенести на 15см вверх и исправить секту в местах опирания площадки на стену.

4) Лестничные марши удалить и создать заново (исправить их невозможно при переносе площадки).

5) Удалить балки с плит на отм. -0.100 и -3.700 – их заменят сплошные стены.

6) Заделать ненужные отверстия в стенах.

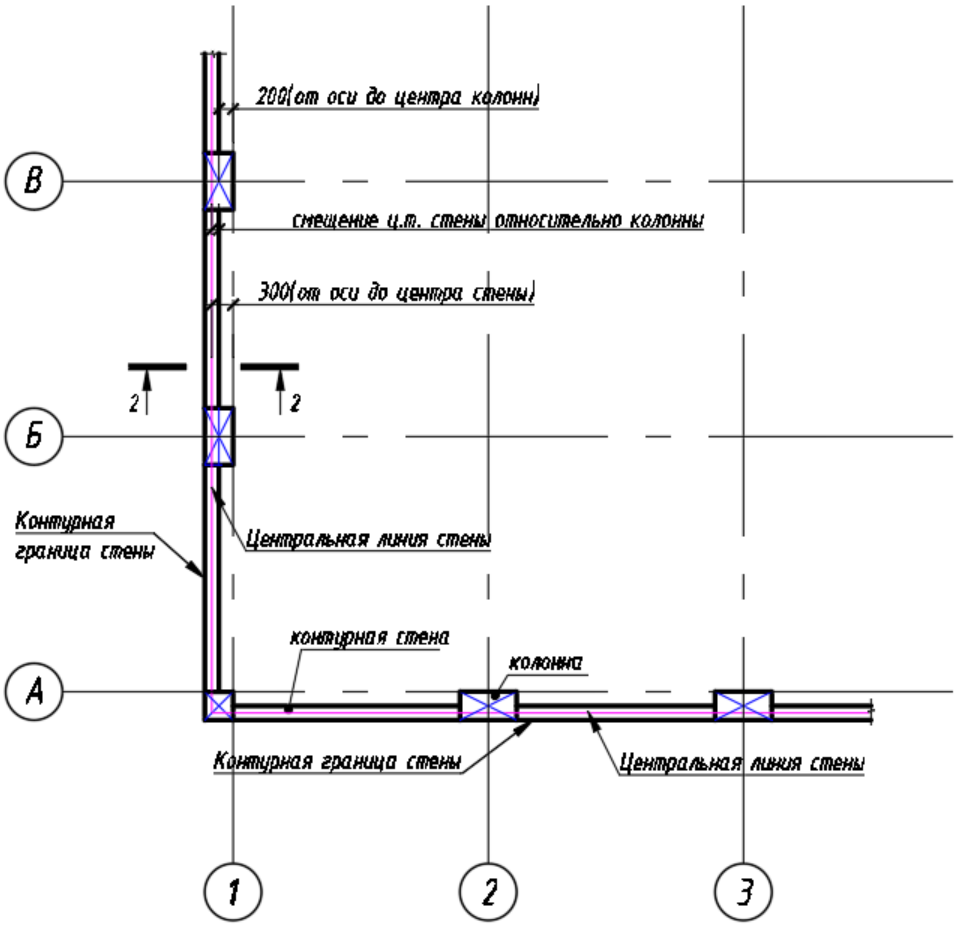
7) Проверить согласование местных осей по всем конструкциям , .



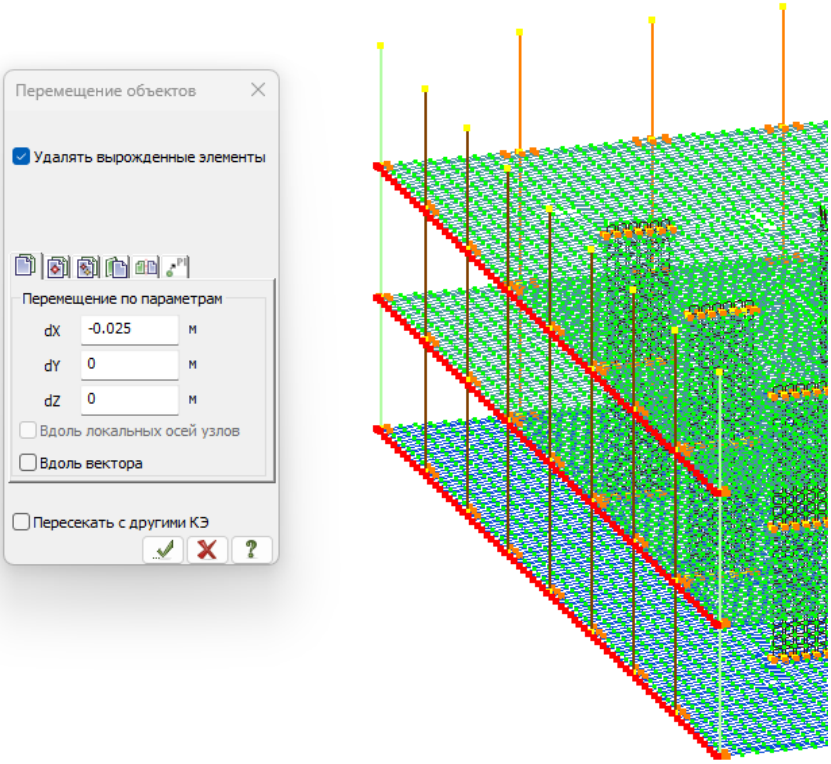
Генерация внешних стен.

Центральная линия внешних стен имеет положение отличное от центрального положения балок для которых изначально создавался внешний контур перекрытия. Разница составляет 300-275=25мм.

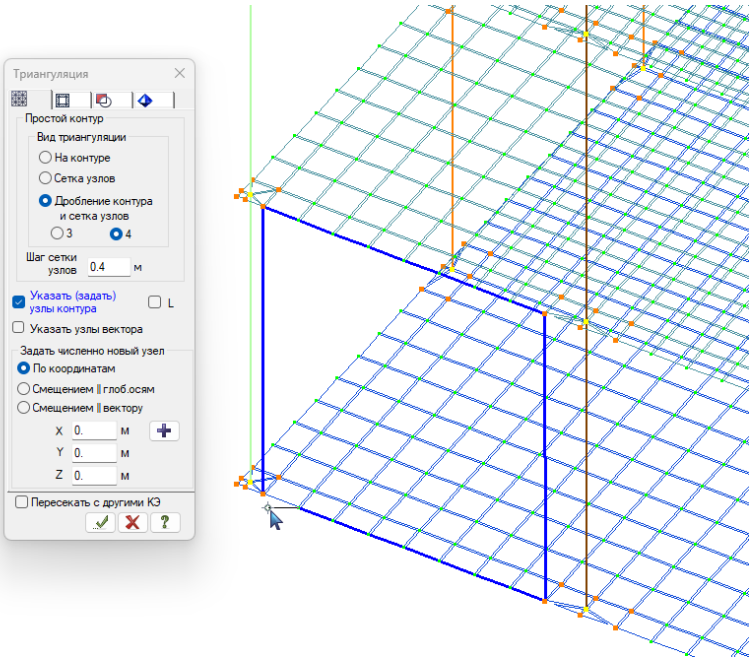
Смещаем контур на новое положение командой перемещение . Перемещаем все узлы на отм. -0.100, -3.700, -7.300 по периметру здания.

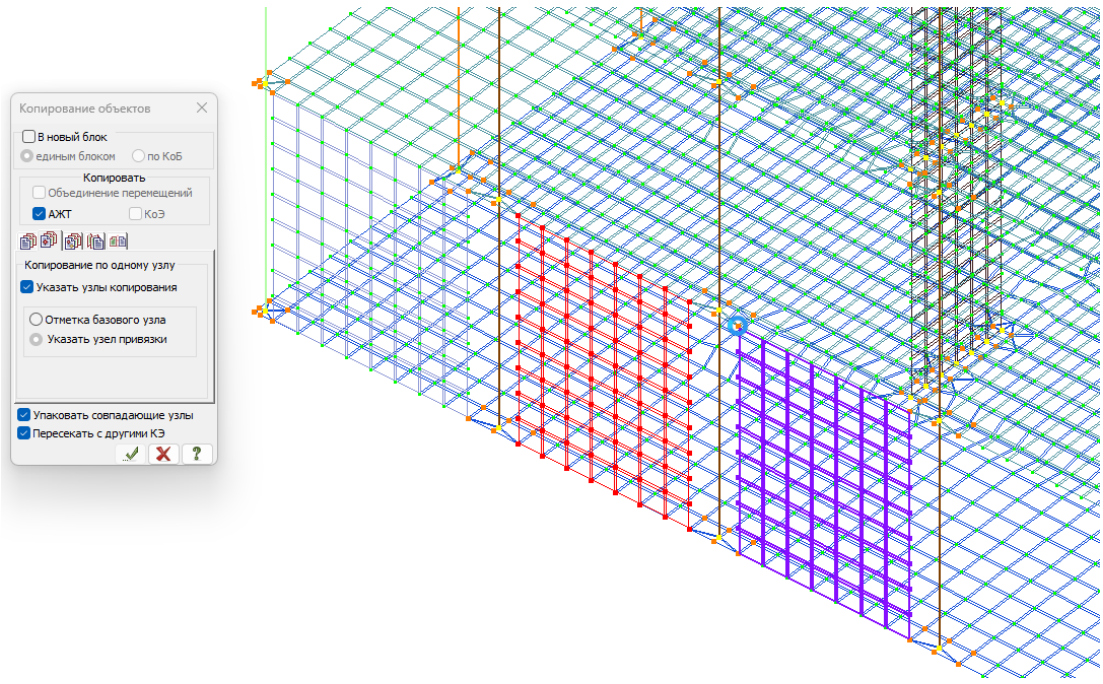

200(от оси до центра колонн)
В
смещение ц.т. стены относительно колонны
300(от оси до центра стены)
2
2
Б
Контурная граница стены
Центральная линия стены
контурная стена
колонна
А
Контурная граница стены
Центральная линия стены
1
2
3

2-2
перекрытие
колонна
300(от оси до центра стены)
Центральная линия стены
перекрытие
1

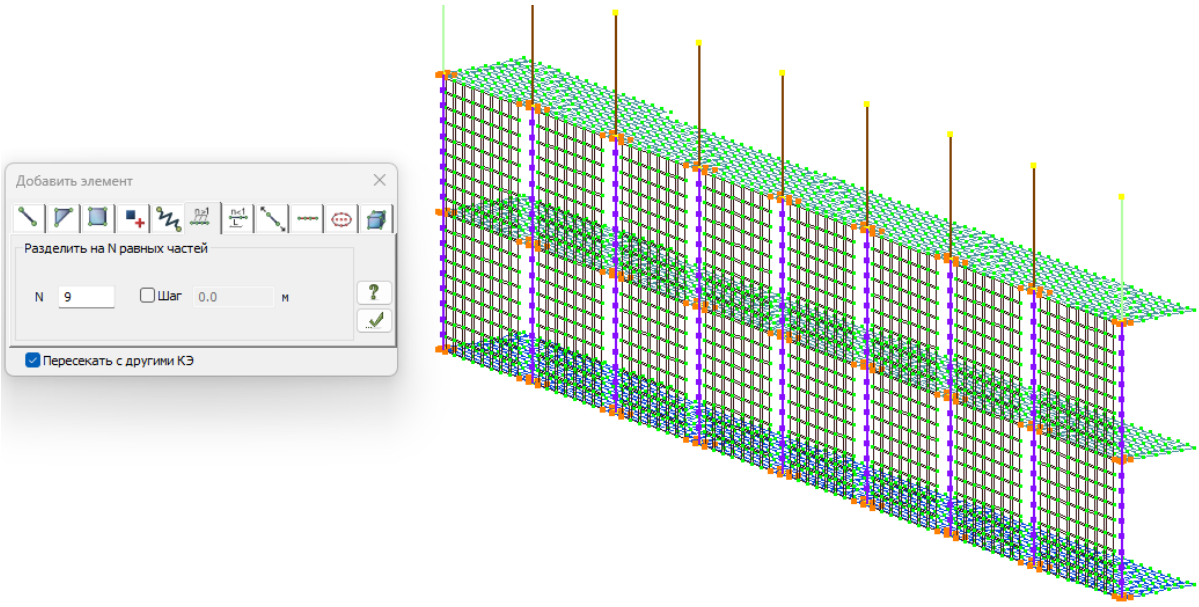


Создаем и копируем периметральные стены между АЖТ колонн.

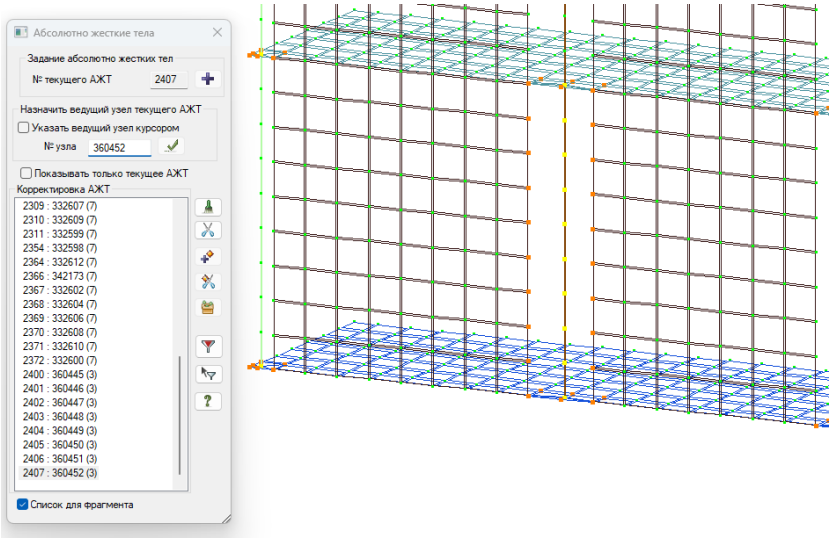




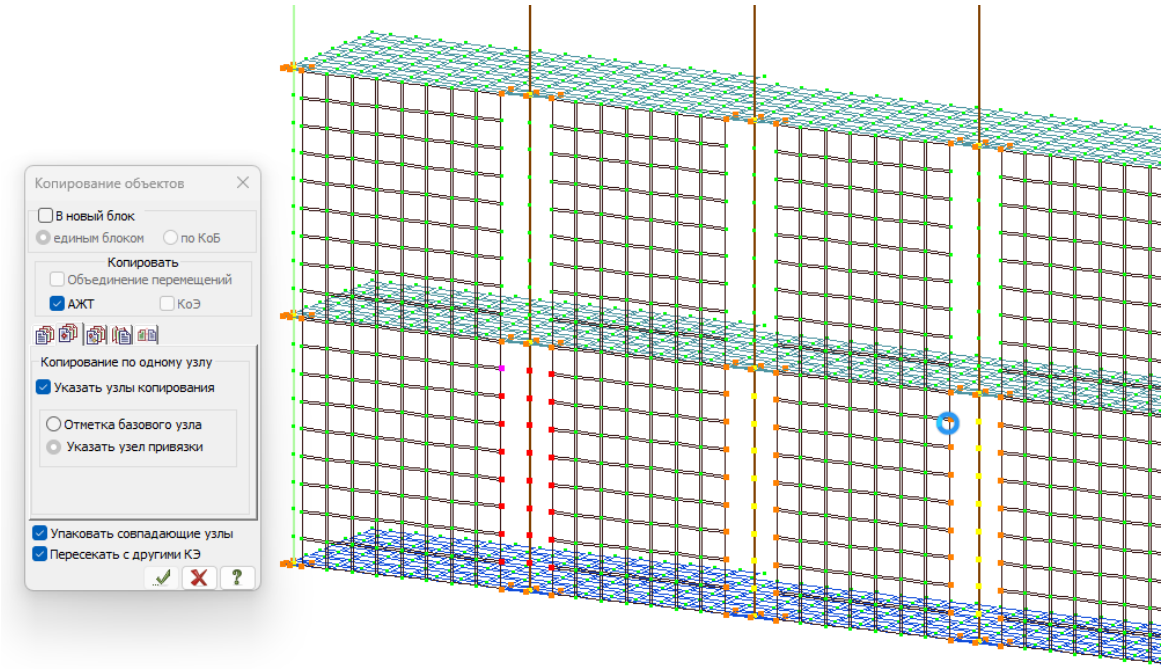
Чтобы обеспечить связь колонн и стен нужно объединить их в промежуточных узлах АЖТ. Промежуточные узлы в колоннах до этого не создавались, поэтому создадим их путем разбивки стержней .



Создаем АЖТ. В одном АЖТ должны быть по 3(три) узла.



Далее АЖТ можно копировать . Обязательно при этом поставиьть галочку АЖТ.



Частые вопросы:

Вопрос №1. Зачем делается разрыв с последующей связью АЖТ в вертикальных конструкциях?

Ответ: разрыв делается для того, чтобы не было «наслоения» жесткости в вертикальных конструкциях, что может существенно повлиять на результат. В горизонтальных констркциях данный эффекта не столь значителен, поэтому им как правило пренебрегают.

Шаг 27. Первый запуск на расчет. Оценка возможности работы со схемой

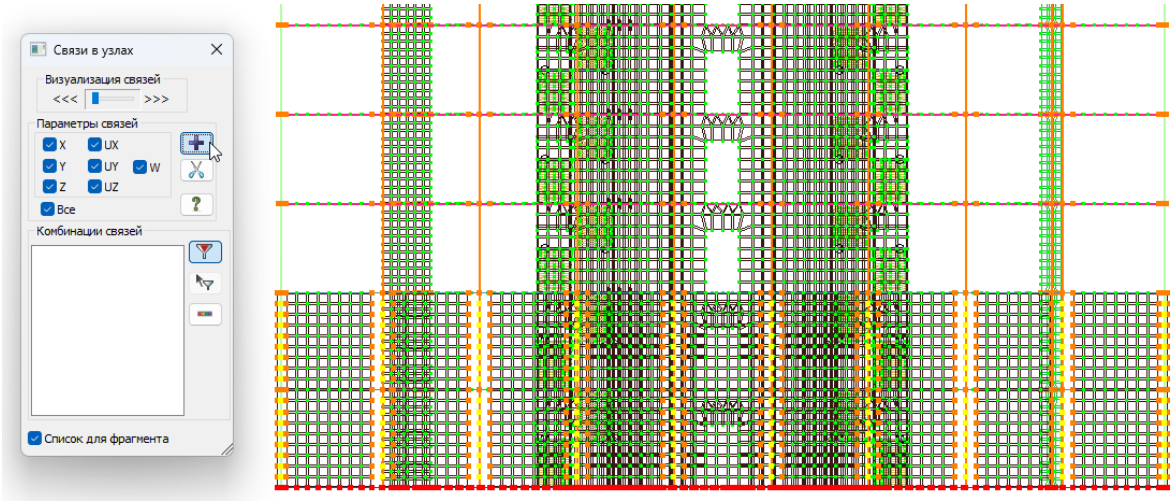
Перед запуском на расчет необходимо выполнить:

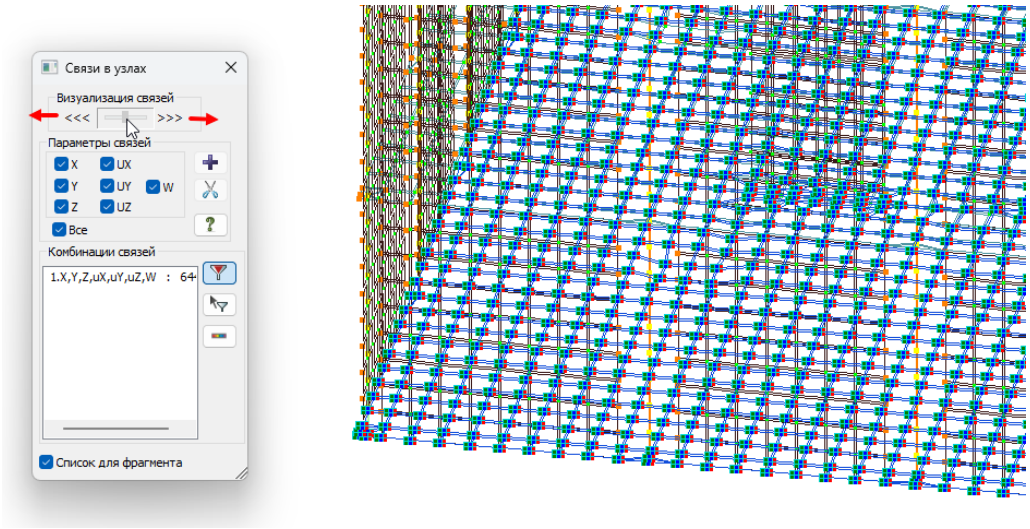
1) Упаковку схемы .

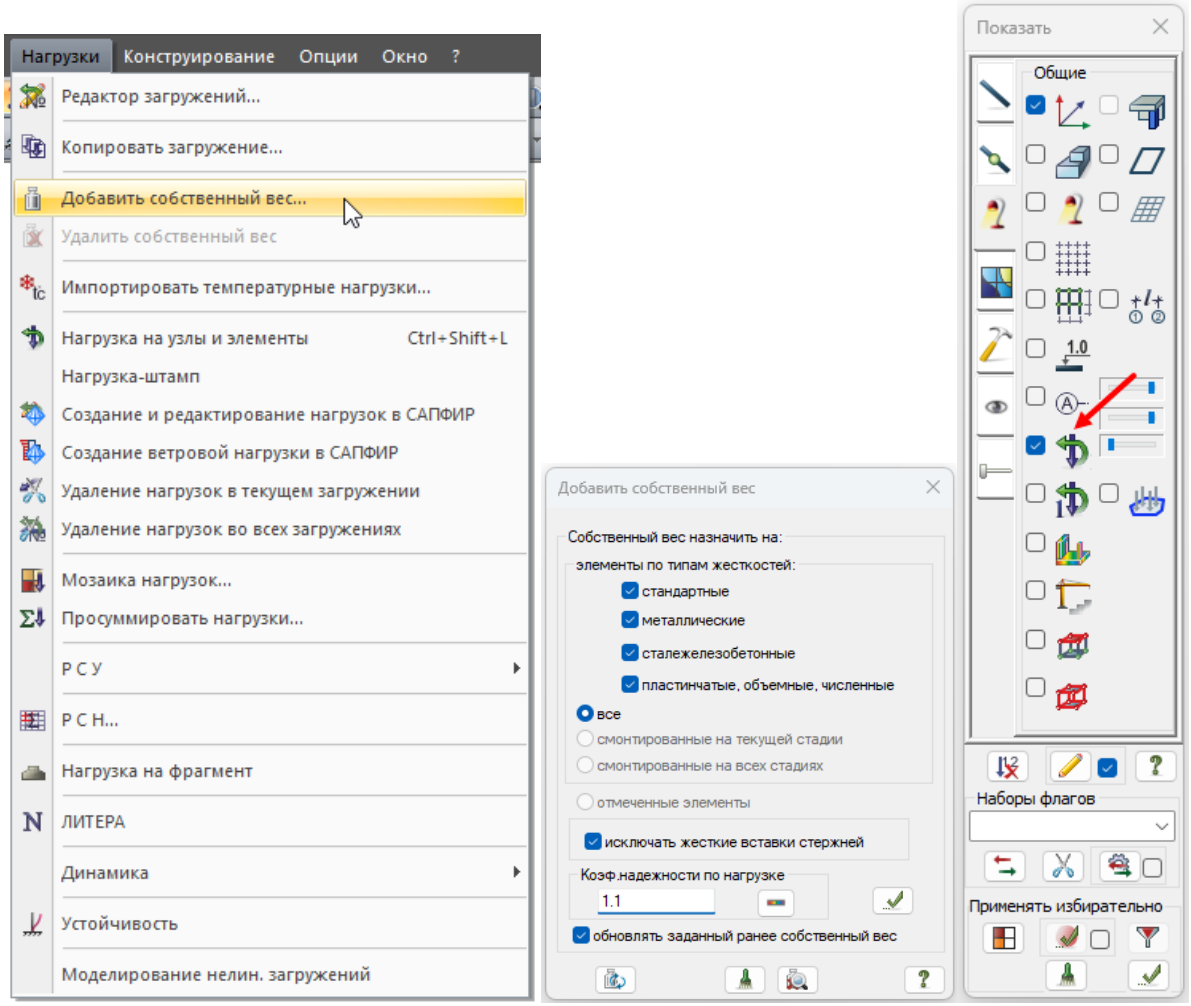
2) Закрепление основания по всем степеням свободы, поскольку отсутствует подключенное грунтовое основание и схема при отсутствии связей будет геометрически изменяемой.

Для закрепления основания необходимо выделить все узлы фундаментной плиты (связь накладывается только на узлы!) и командой «связи» закрепить узлы по всем направлениям.

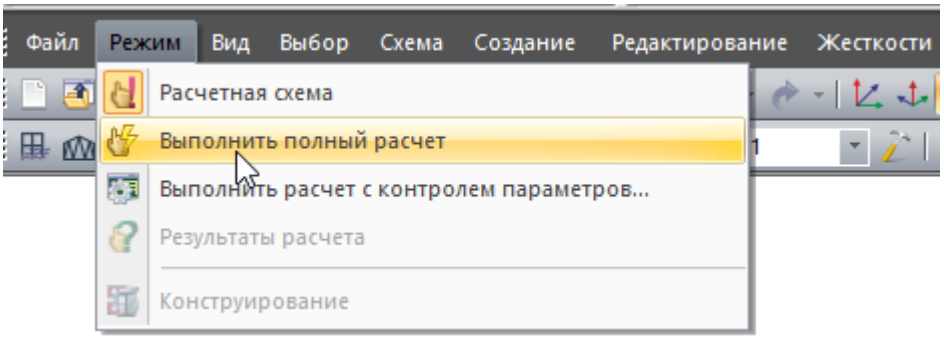
3) Добавить 1 нагрузку для возможности расчета. На данный момент программа может автоматически рассчитать собственный вес. Поставить галочку «исключать жесткие вставки стержней». Коэффициент надежности по нагрузке принять равным 1.1. Чтобы увидеть собственный вес нужно включить видимость нагрузок во флагах рисования .



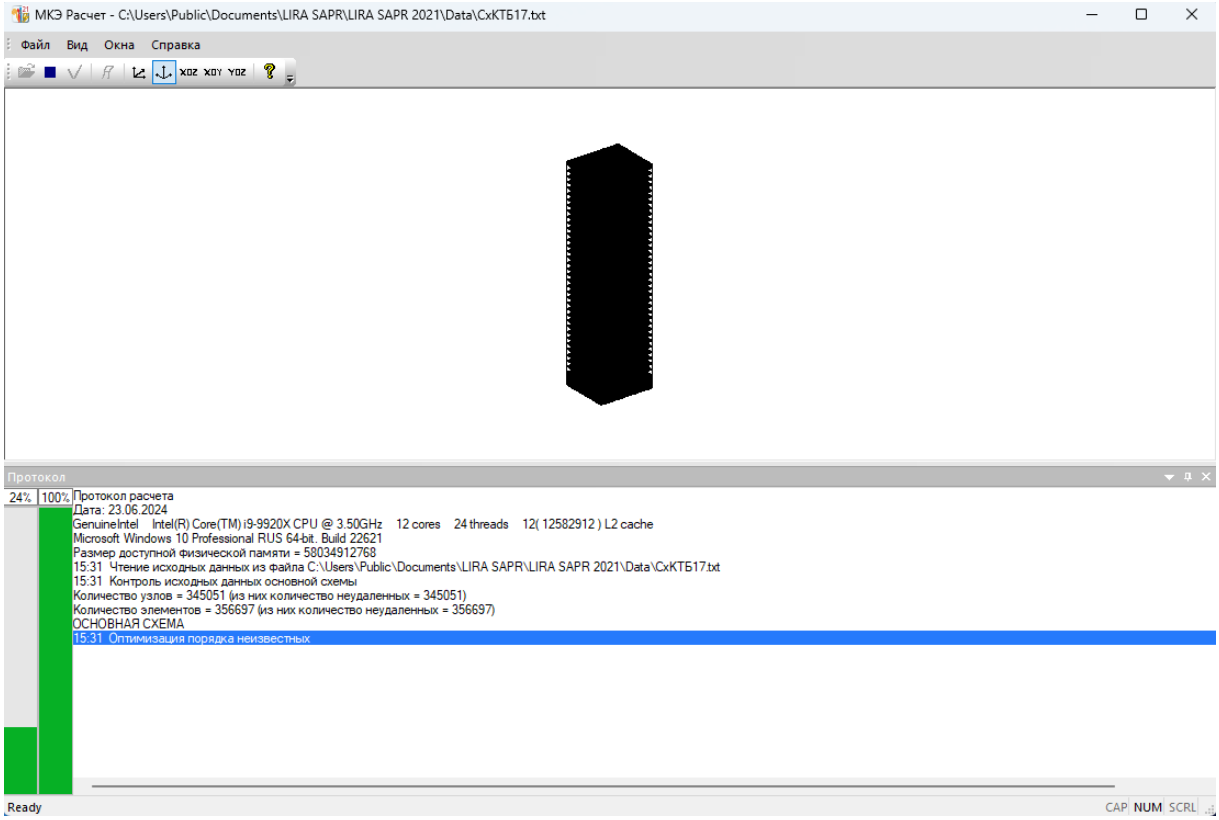




Для запуска на расчет наживаем «выполнить полный расчет» .

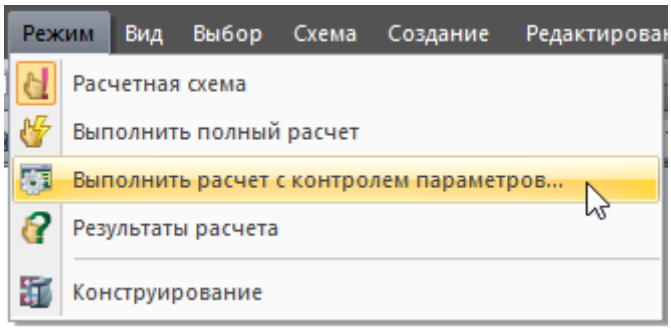


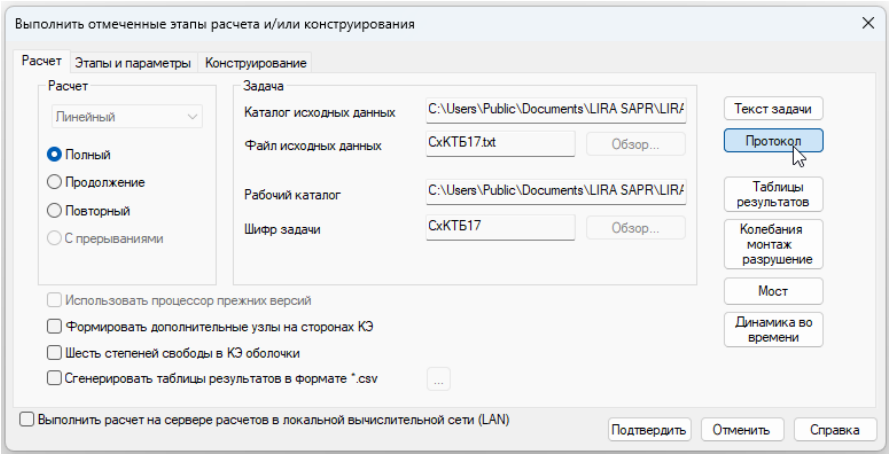
Программа ведет протокол расчета и указывает проблемы, которые происходят в ходе ее выполнения.

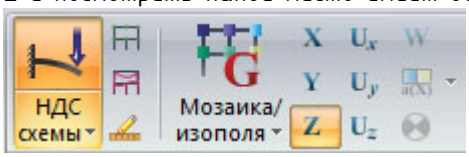


После выполнения расчета можно открыть протокол расчета, если возникали проблемы, то по окончанию расчета программа сообщит об этом.

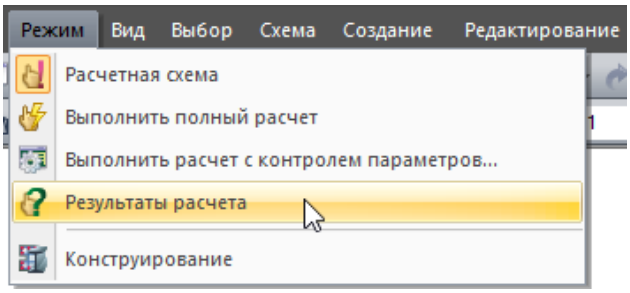
Полный протоком содержится здесь:



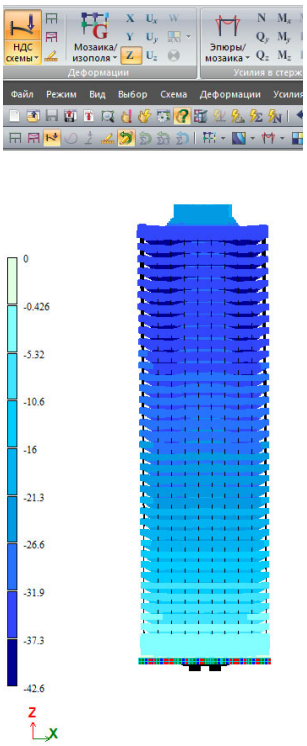


№ п/п	Проблема	Путь решения
1	Геометрически изменяемая система	1. Зайти в результаты расчета. Включить перемещения по Z и посмотреть какое место имеет большие перемещения.  2. Проверить попадание узлы одних конструкций в узлы других конструкций. 3. Упаковать схему . 4. Проверить модуль упругости Е. При малом значении может возникать геометрическая изменяемость. 5. Проверить наложение связей на узлы .
2	Невязка решения <u>без</u> геометрически неизменяемой системы	1. Проверить модуль упругости Е. При малом значении может возникать геометрическая изменяемость. 2. Исключить наличие остроугольных клиновидных КЭ.

Для просмотра результатов расчета необходимо перейти в «результаты расчета» .



Правильные перемещения схемы (от 0 до 42,6мм).



Шаг 28. Создание фиктивных элементов

Краткая теория.

*Для удобства задания нагрузок применяют дополнительные **фиктивные** элементы, которые **не влияют на НДС схемы**, но помогают удобно задать нагрузки.*

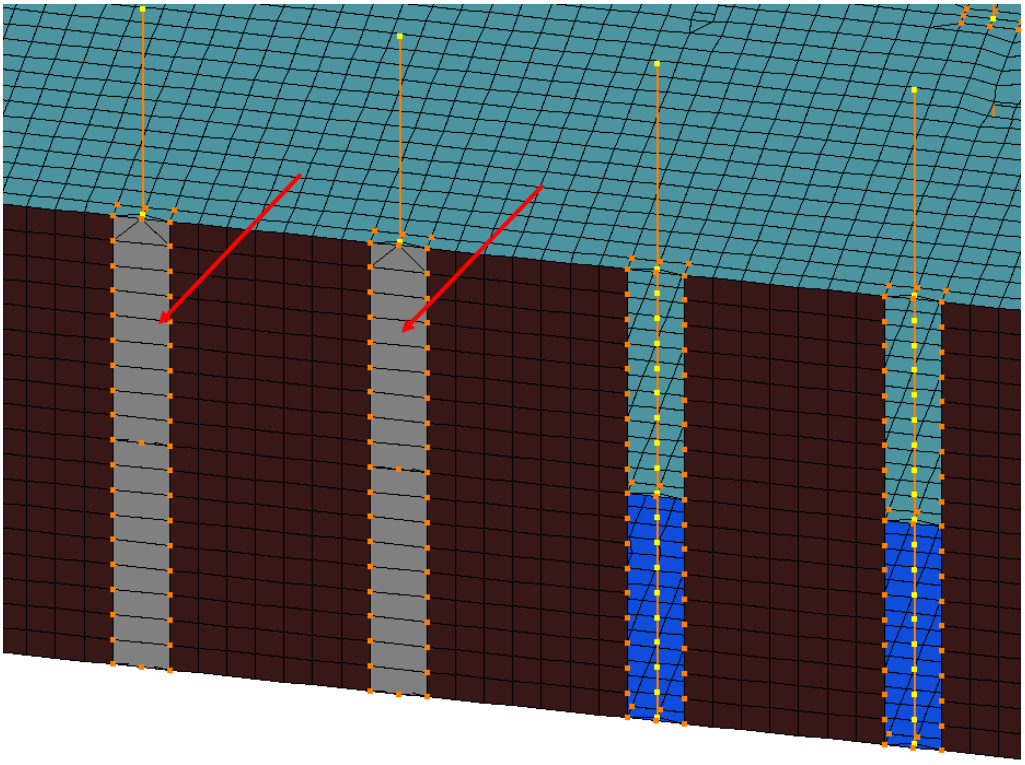
Наименование фиктивных элементов	Условия применения	Задание нагрузки
Окна	Задаются, если внешние стены являются несущими	Ветровые
Периметральные балки	Задаются, если отсутствуют контурные балки	Ветровые
Балки	Задаются, если задаются линейные нагрузки от перегородок	Перегородки
Вставки пластин	Между разрывами в стенах, где есть вставки колонн	Используются для приложения нагрузок по площади

Жесткости фиктивных элементов должны быть гораздо меньше, чем у элементов, моделирующих несущие конструкции. Вклад должен быть менее 0,5% в результат. При этом делать фиктивные элементы чрезмерно маленькой жесткости нельзя, поскольку будет возникать геометрически изменяемая система и программа будет устанавливать связи. Удельный вес не желательно назначать абсолютным 0.

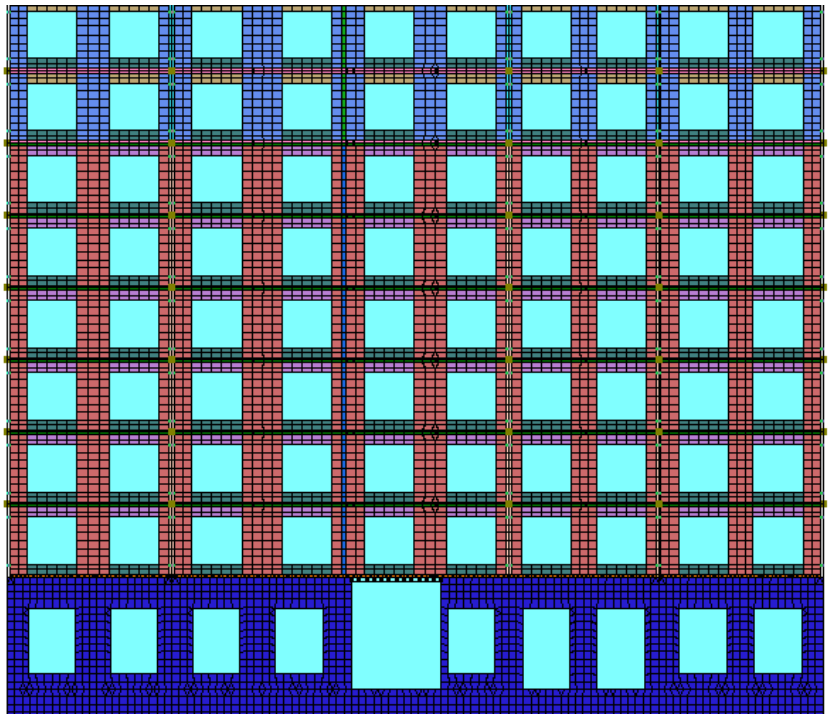
Фиктивный элемент	Габарит, см	Модуль упругости, МПа	Объемный вес, т/м³
Стержни	5x5	1000	0.01
Пластины	3	1000	0.01

Особенности создания фиктивных пластин. Пластины не должны иметь промежуточных узлов, т.е. пластина должна закрывать абсолютно всю площадь, где она собирает нагрузку. Это делается для отсутствия геометрической изменяемости системы и появления некорректных перемещений.

Пример создания фиктивных вставок пластин.



Пример создания фиктивных вставок окон (здание не из Справочника)



Библиография

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

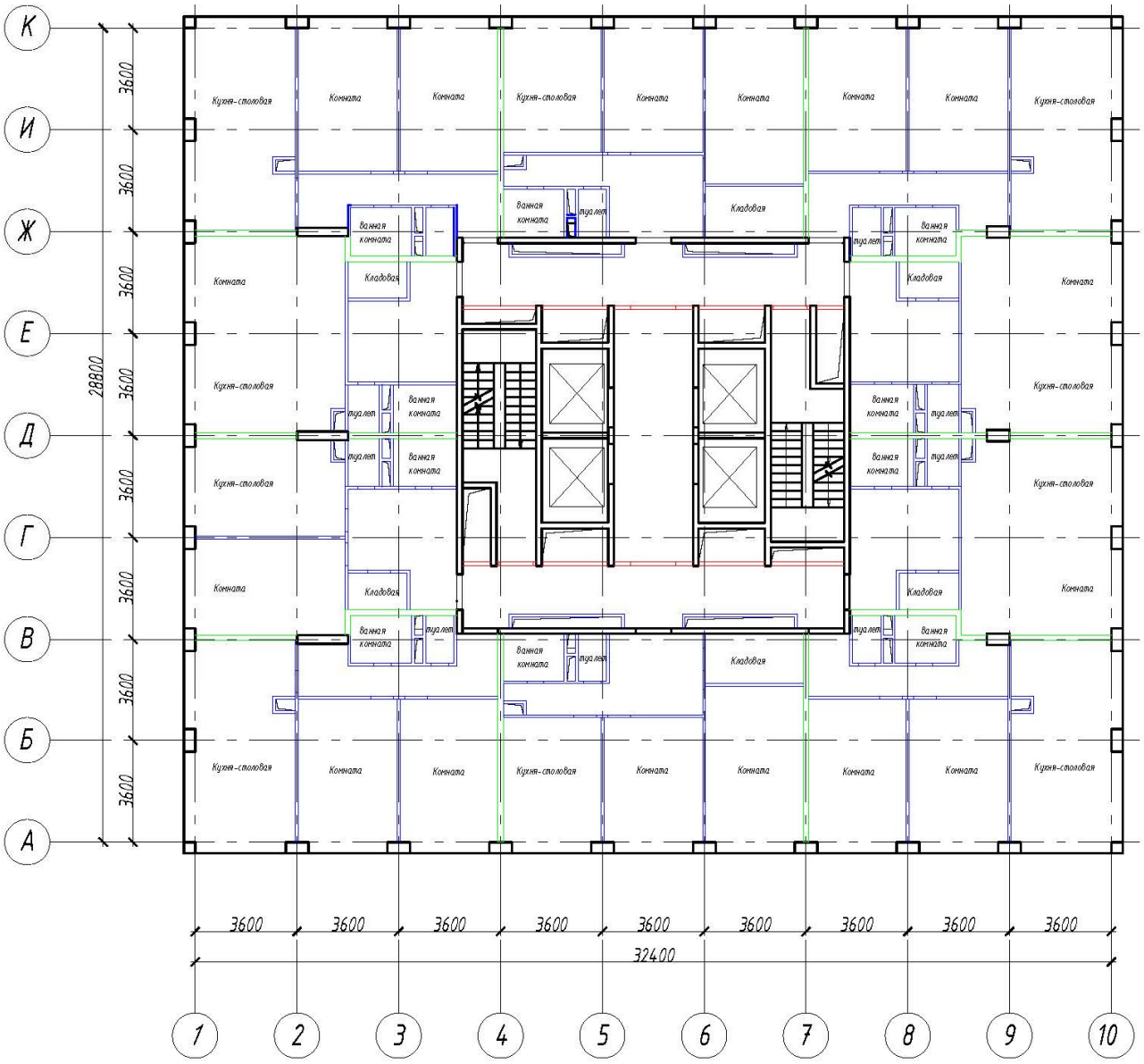
34. СП 435.1325800.2018 Конструкции бетонные и железобетонные монолитные. Правила производства и приемки работ : свод правил : дата введения 2019-05-27 / Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ – Изд. официальное. – Москва: Стандартинформ, 2019;

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

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

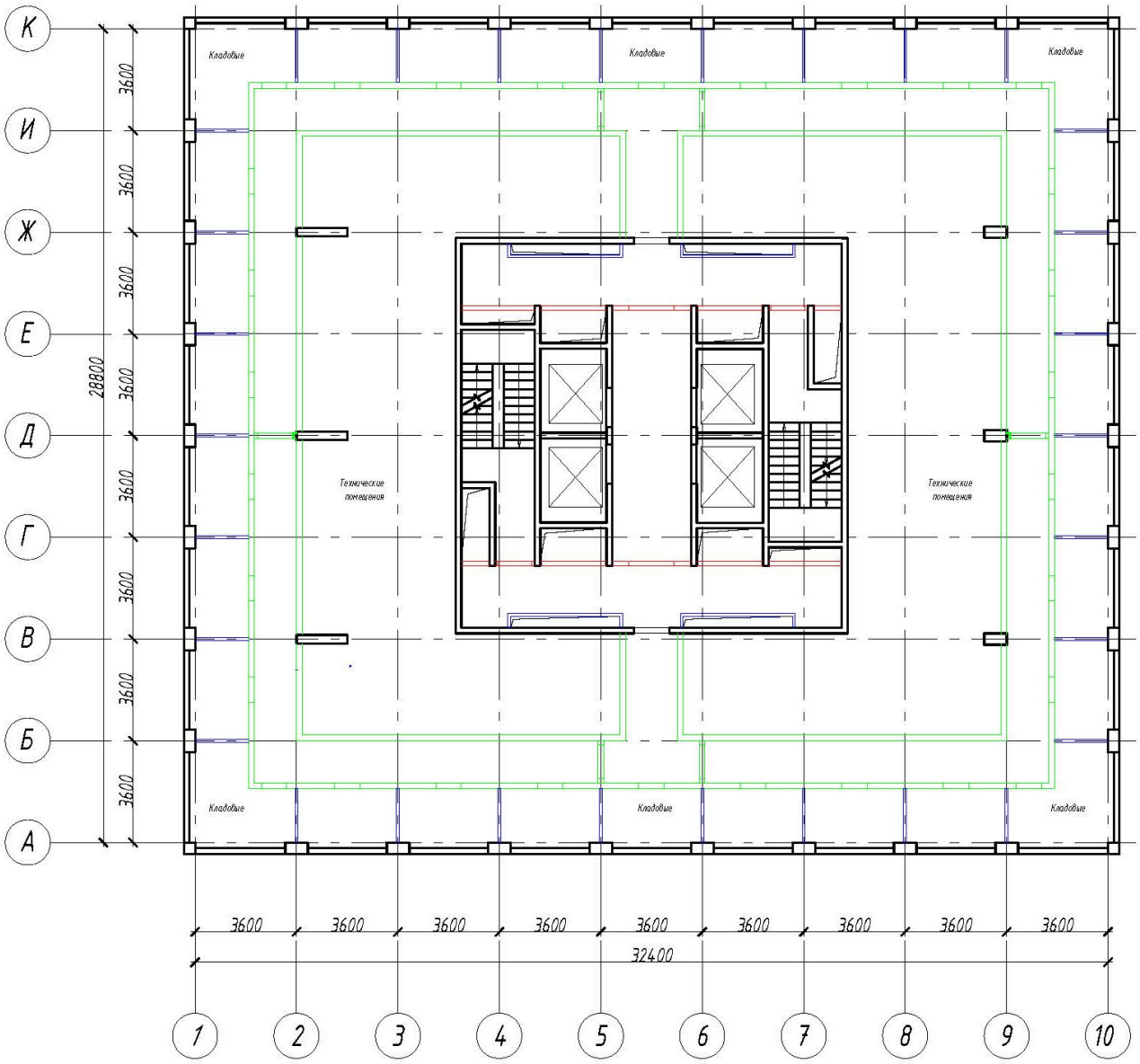
Приложение А. Графическая часть

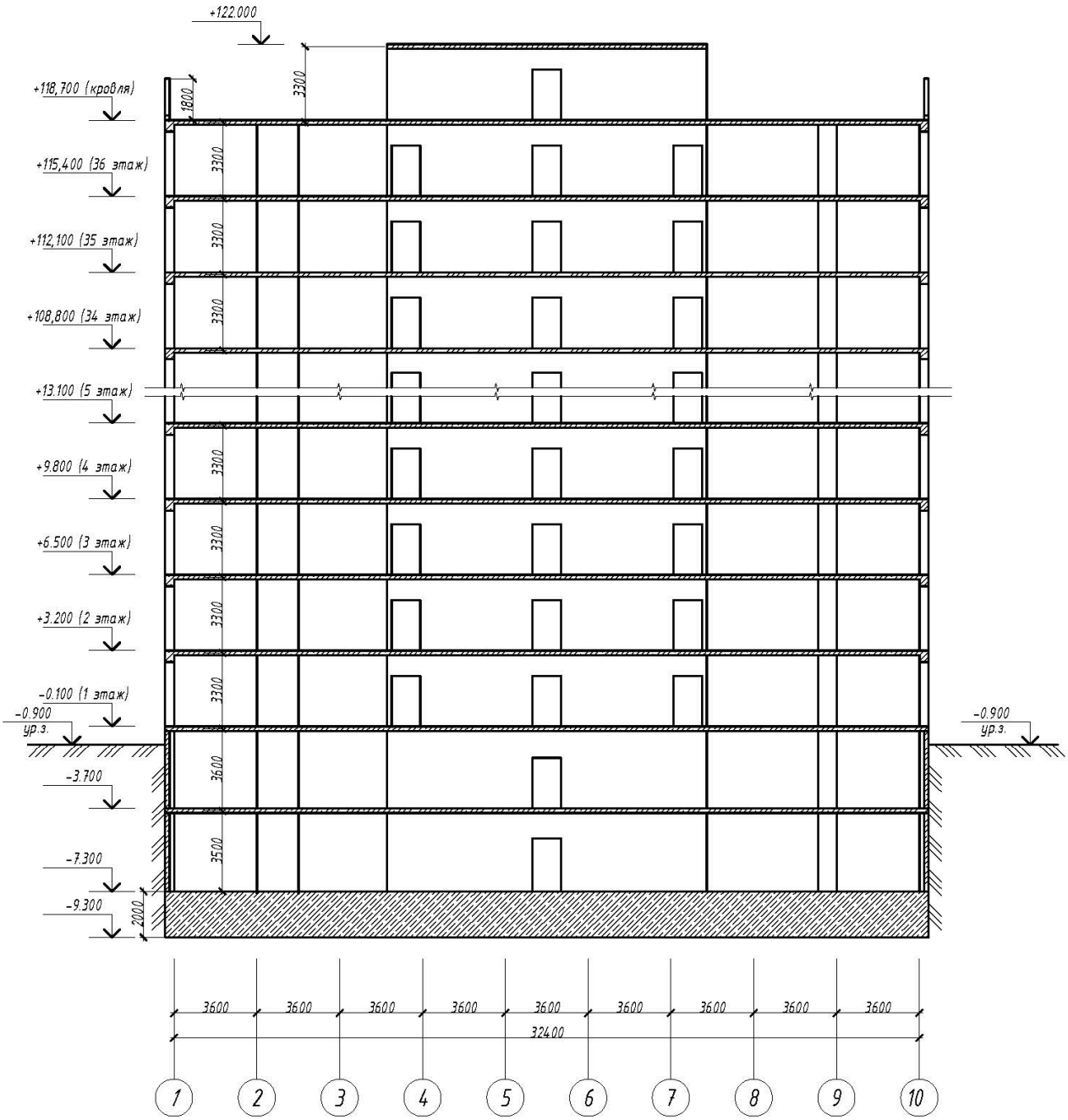
План типового этажа



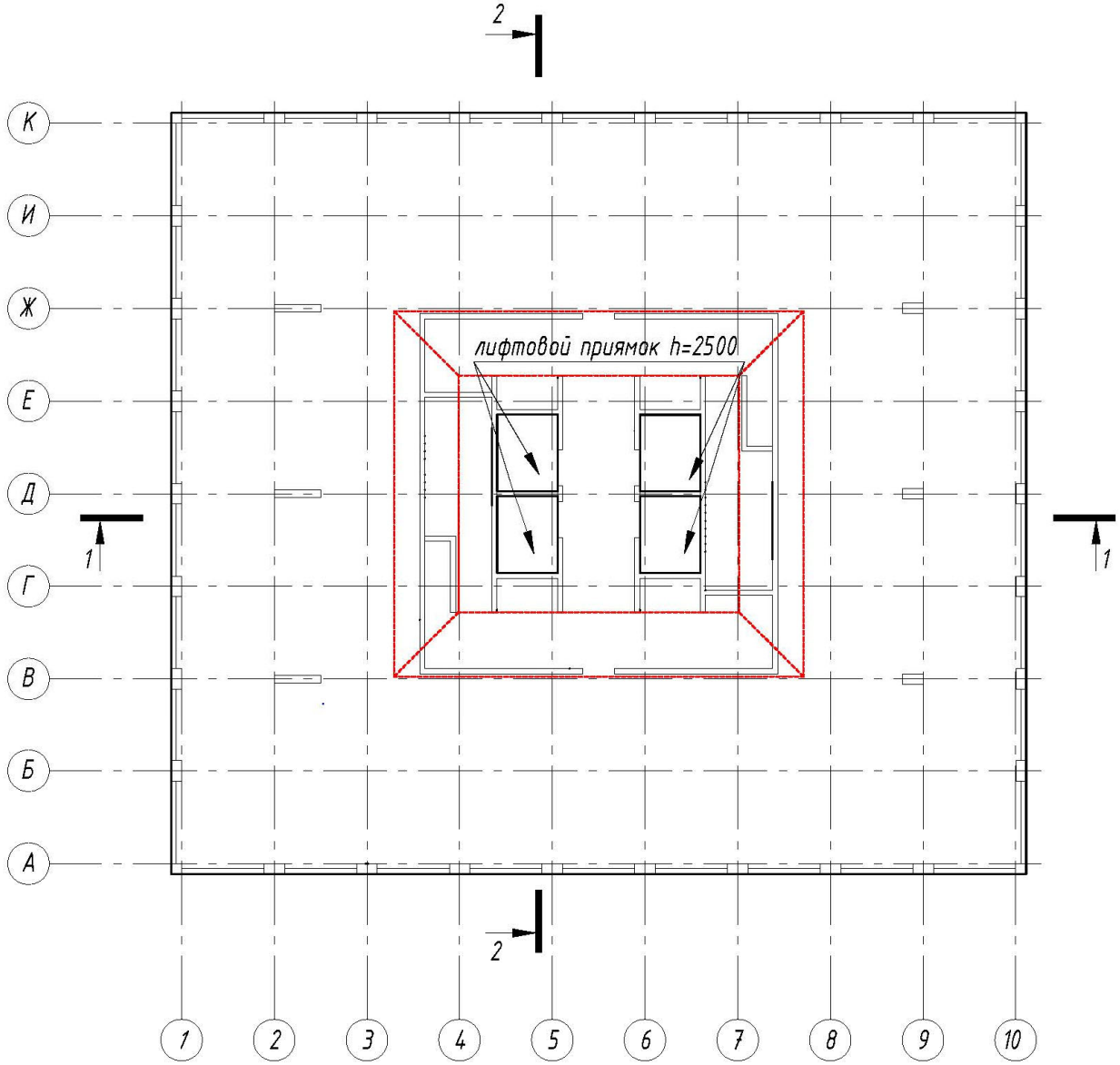
План на отм. +118.700

План этажа на отм. -3.700

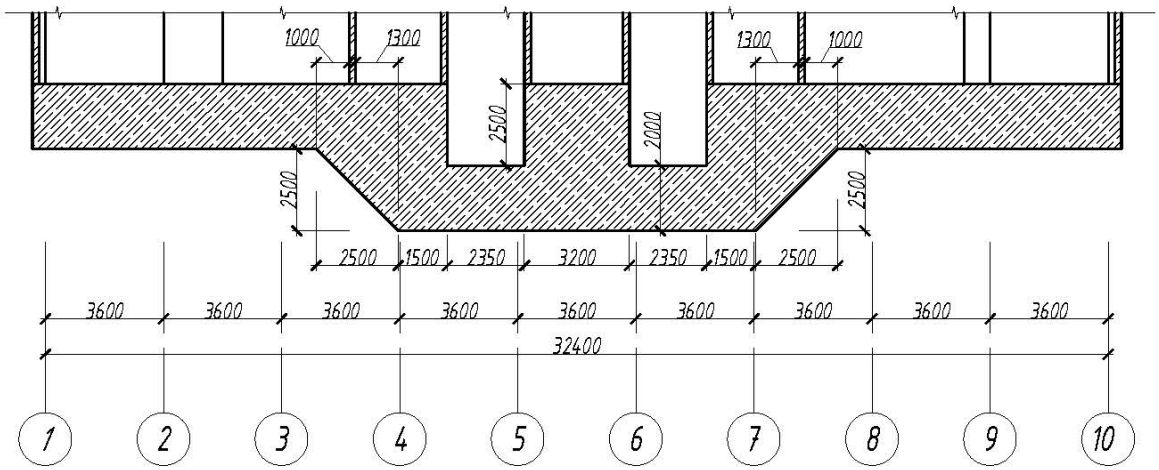



+122.000
+118,700 (кровля)
+115,400 (36 этаж)
+112,100 (35 этаж)
+108,800 (34 этаж)
+13.100 (5 этаж)
+9.800 (4 этаж)
+6.500 (3 этаж)
+3.200 (2 этаж)
-0.100 (1 этаж)
-0.900
ур.з.
-3.700
-7.300
-9.300
1800
3300
3600
3500
2000
3600
32400
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10

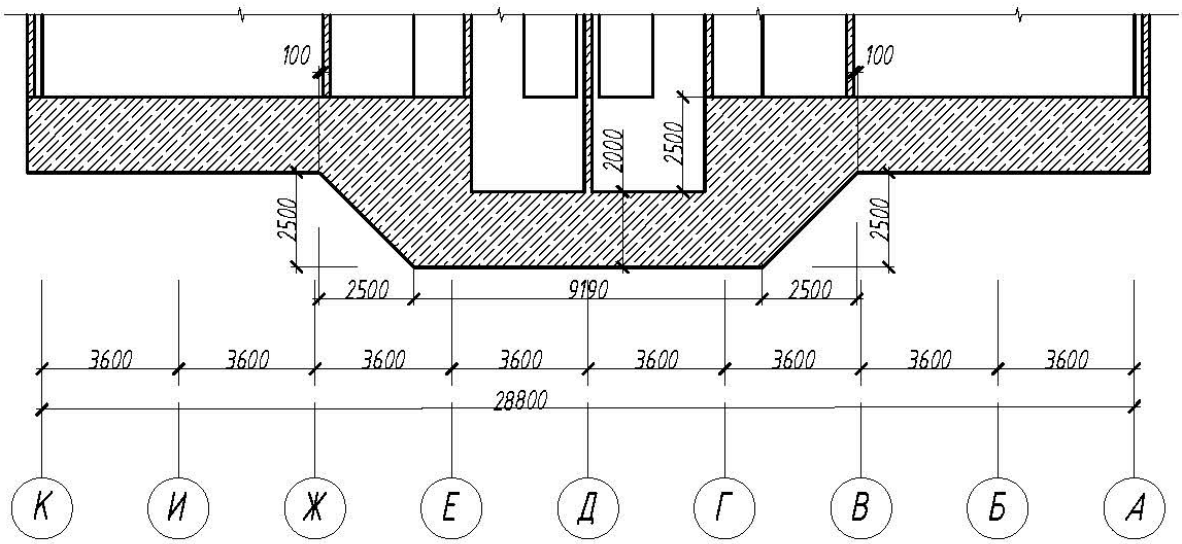
Фундаментная плита



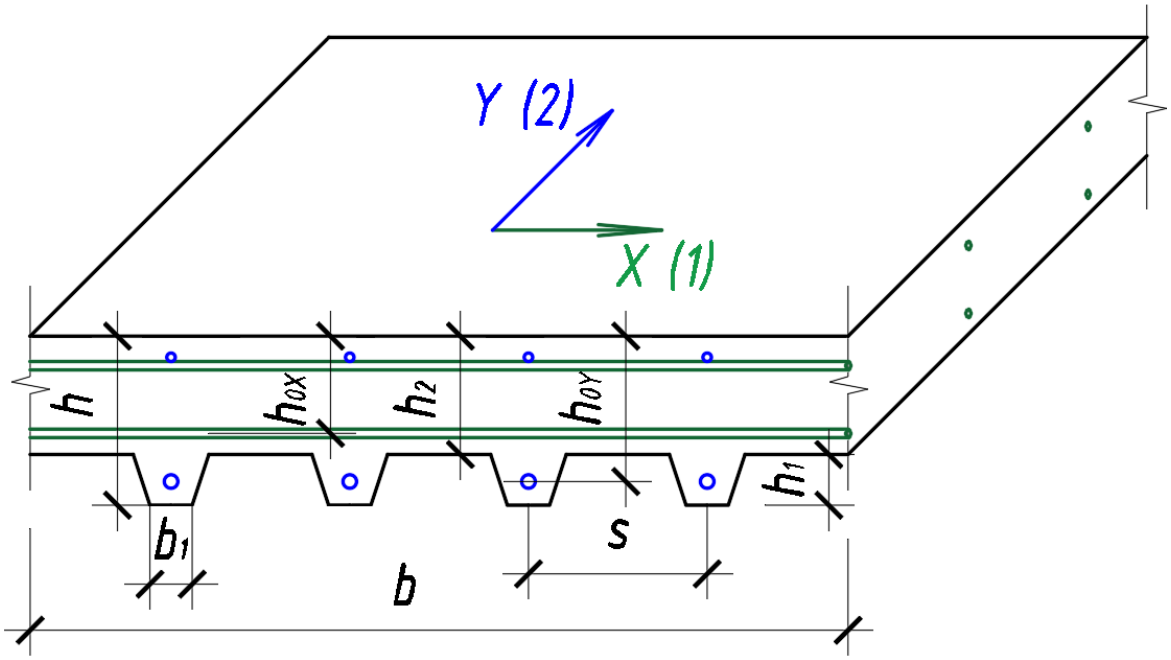
1-1


1000
1300
1300
1000
2500
2000
2500
2500
2500
1500
2350
3200
2350
1500
2500
3600
3600
3600
3600
3600
3600
3600
3600
3600
32400
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10

2-2


100
100
2000
2500
2500
2500
2500
9190
2500
3600
3600
3600
3600
3600
3600
3600
3600
28800
К
И
Ж
Е
Д
Г
В
Б
А

Приложение Б. Определение жесткости монолитной плиты по профнастилу. Оси ортотропии.



Толщина элемента в программу задается по полной толщине $\boldsymbol{h}$.

Модуль упругости по направлению 2 (направление Y вдоль гофр).

$\boldsymbol{E_Y} = \boldsymbol{E_2}$ принимается как для обычной плиты **с учетом поправочных коэффициентов (см. справочные таблицы выше по назначению модулей упругости 0,2 ; 0,3)**

Модуль упругости по направлению 1 (направление X поперек гофр).

$$\boldsymbol{E_X} = \boldsymbol{E_1} = \frac{I_2}{I_1}\boldsymbol{E_2}$$

$$\boldsymbol{I_2} = \frac{\boldsymbol{bh_2^3}}{\boldsymbol{12}}$$

$$\boldsymbol{I_1} = \frac{\boldsymbol{bh_2^3} + (\boldsymbol{n\, b_1 h_1^3})}{\boldsymbol{12}} + \boldsymbol{bh_2}\left(\boldsymbol{y_0} - \frac{\boldsymbol{h_2}}{\boldsymbol{2}}\right)^{\boldsymbol{2}} + \boldsymbol{n\, b_1 h_1}\left(\frac{\boldsymbol{h_1}}{\boldsymbol{2}} + \boldsymbol{h_2} - \boldsymbol{y_0}\right)^{\boldsymbol{2}}$$

$$\boldsymbol{y_0} = \frac{\boldsymbol{bh_2^2} + \boldsymbol{n\, b_1 h_1}(\boldsymbol{2h_2} + \boldsymbol{h_1})}{\boldsymbol{2}(\boldsymbol{bh_1} + \boldsymbol{n\, b_1 h_1})}$$

$\boldsymbol{n}$ – количество ребер на ширину (обычно на 1 пог. м).

$\boldsymbol{b}$ **–** ширина плиты (обычно на 1 пог. м).

$$\boldsymbol{n} = \frac{\boldsymbol{s}}{\boldsymbol{b}}$$

Коэффициент Пуассона по направлению 1 (направление X поперек гофр)

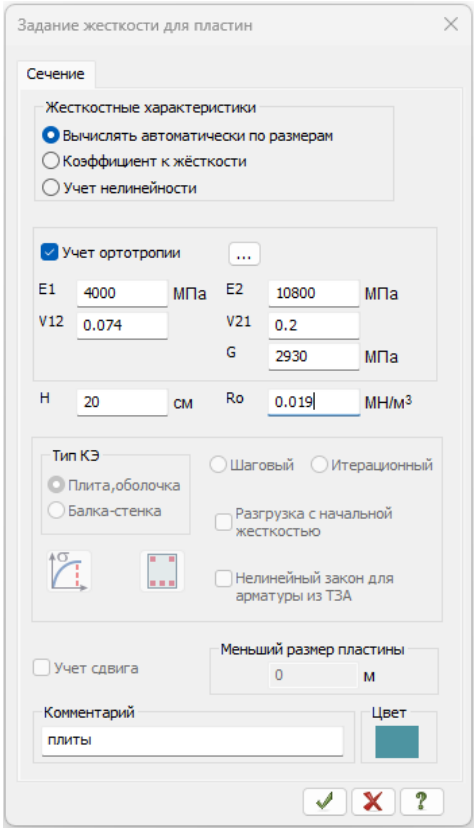
$\boldsymbol{v_{21} = 0,2}$ (направление Y вдоль гофр)

$\boldsymbol{v_{12} = 0,2\frac{E_X}{E_Y}}$ (направление X поперек гофр)

Модуль сдвига:

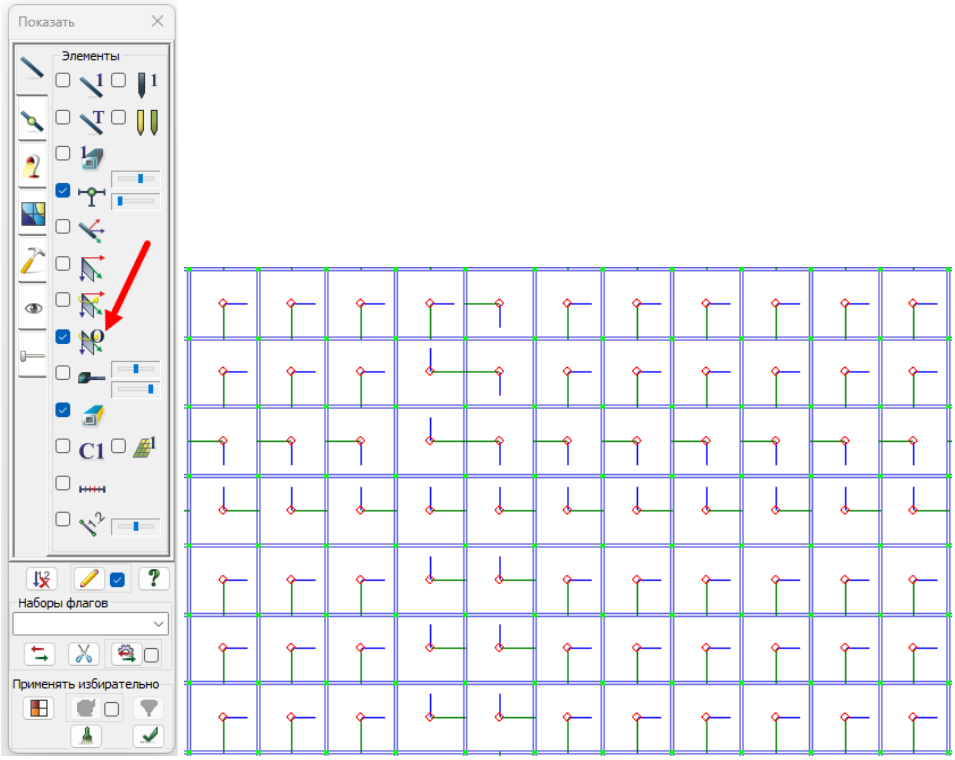
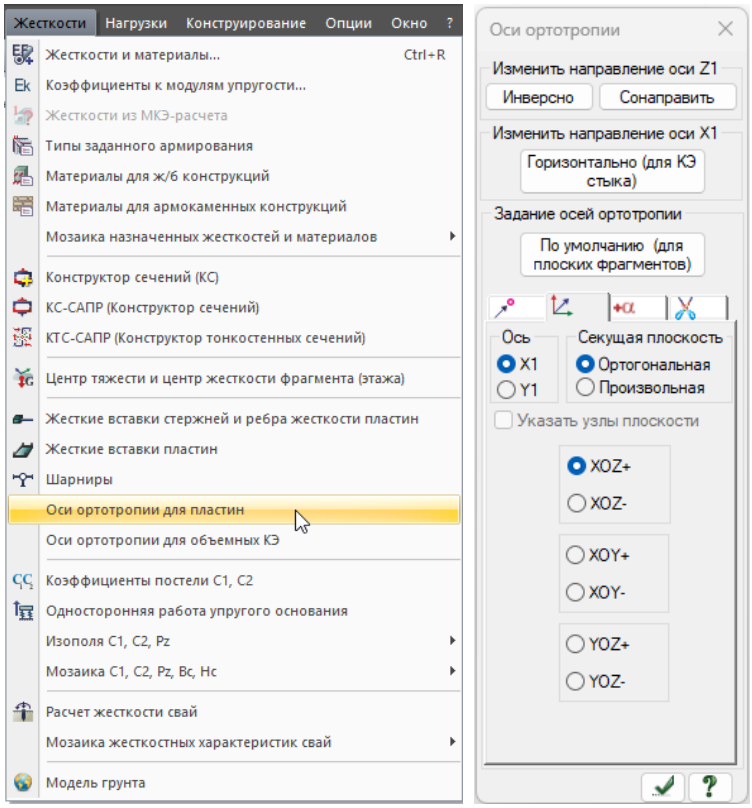
$$\boldsymbol{G = \frac{\sqrt{E_X E_Y}}{2(1+\sqrt{v_{12}v_{21}})}}$$

Для учета ортотропии при задании жесткости есть галочка «учет ортотропии»



Оси ортотропии необходимо сонаправить.

Для их просмотра во флагах рисования нужно включить их видимость.



Редактирование производится в отдельном окне «Оси ортотропии для пластин».