

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

Тестовая версия З.О. Январь 2025.

Москва 2025 **УДК 624.943:51-74**

ББК 38.2.

ISBN 978-5-9303-937-9

Автор является главным конструктором АО «КТБ Железобетон» и создал справочник с использованием лицензионного ПО для обучения специалистов компании.

Справочник содержит подробную информацию о проектировании железобетонных несущих систем.

Цель настоящего справочника: расписать ответы на наиболее частые вопросы, свести все требования норм в одно место и постараться дать шаблоны для формирования расчетно-конструктивного раздела в максимально простой форме.

Всего разрабатывается 22 части. Каждая часть пишется около двух месяцев. На январь 2025 года написано 6 частей.

Контакты автора: <u>12345slava54321@mail.ru</u>, +79057868019

<u>https://дом-жбк.рф/</u>





Содержание

		Cmp.
	Термины и определения:	4
1.	Основные принципы моделирования и сопряжения элементов	5
2.	Пошаговый пример создания геометрии и назначения жесткостей	26
Шаг 1	Создание новой модели	27
Шаг 2	Настройка вида	28
Шаг З	Создание осей	28
Шаг 4	Создание ключевых узлов	32
Шаг 5	Создание узлов сопряжения вертикальных конструкций и плит	40
Шаг б	Создание плит	43
Шаг 7	Упаковка схемы	47
Шаг 8	Создание колонн	48
Шаг 9	Создание стен	50
Шаг 10	Создание балок	53
Шаг 11	Создание лестничных площадок и маршей	56
Шаг 11.1	Создание лестничных площадок	57
Шаг 11.2	Создание лестничных маршей	62
Шаг 12	Создание отверстий в плитах	64
Шаг 13	Создание отверстий в стенах	66
Шаг 14	Исправление сингулярностей	69
Шаг 15	Фильтры выбора. Создание блоков и фрагментация	76
Шаг 16	Согласование местных осей плит, лестничных площадок и маршей	77
Шаг 17	Согласование местных осей стен	83
Шаг 18	Согласование местных осей колонн	86
Шаг 19	Согласование местных осей балок	89
Шаг 20	Удаление ненужных фиктивных элементов	91
Шаг 21	Назначение жесткостей элементов	92
Шаг 22	Просмотр информации об элементах. Копирование свойств элементов	100
Шаг 23	Типы конечных элементов.	101
Шаг 24	Копирование этажей	104
Шаг 25	Правки по верхнему этажу	106
Шаг 26	Правки по нижним этажам	113
Шаг 27	Первый запуск на расчет. Оценка возможности работы со схемой	127
Шаг 28	Создание фиктивных элементов	131
	Приложение А. Графическая часть	133

3

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	4	1ллюстрация	Применение
Чзе <i>п</i>		•	Узел – это первичный элемент с которого начинается построение КЭ.
Стержневой КЭ		<u>Узел</u> <u>Моделируемый</u> элемент (балка, колонна, свая) <u>Конечный элемент</u> <u>Узел</u>	Моделирование: -колонн; -балок; -свай (совместно с одноузловыми КЭ).
Пластинчатый КЭ		Узел 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.



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

Справочная таблица 2. Разбивка на конечные элементы

Для жесткого сопряжения элементов во многих случаях используются абсолютножесткие 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 З. Сопряжение плита-балка











№ n/n	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 \mathbf{H}_b более 5 \mathbf{t}_{pl}	I
6	Моделирование только пластинами.	По высоте балки должно быть минимимум 4 КЭ
	, bb не более 1,5 tpl	

Справочная таблица 4. Моделирование с перепадом высоты/сечения











СПРАВОЧНИК КОНСТРУКТОРА

Справочная таблица 5. Сопряжение колонна-перекрытие при отсутствии балок

Nº n∕n	Габариты колонны	Рекомендации по истановке АЖТ	Эскиз	Bud K3
		Колонн	ны 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		
		Колон	нны 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.		



СПРАВОЧНИК КОНСТРУКТОРА

№ n/n	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

N⁰	Габарит ы колонны	Располо- жение балки	Рекомендаци и по установке	Эскиз	Buð K3			
	Колонны в центре плиты							
1	Габарит колонны не более 600мм	Централ ьно по колонне	АЖТ могут негативно сказываться на разбиении сетки с появлением остроугольн ых 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	Централ ьно по колонне	АЖТ рекомендует ся ставить.					

			ЧАСТЬ 2.	ПОСТРОЕНИЕ ГЕОМЕТРИИ РАСЧ	ЕТНОЙ	
			МОДЕЛИ И Н	МОДЕЛИ И НАЗНАЧЕНИЕ ЖЕСТКОСТЕЙ ЭЛЕМЕНТОВ		
Nº	Γαδαρυπ	Располо-	Рекомендаци	Эскиз		Вид КЭ
	ы	жение	и по			
	колонны	δαлκυ	установке			
			AXT			
3	Любой	Балка в	АЖТ	<u>↓</u> ↓ ↓ ↓		
	габарит	теле	ставится.			
	колонны	колонны	Πρυ			
			установке			
			АЖІ усилие			
			от кручения	1 1	4	
			минимально	1-1	\square	
			переоцепіся на плити		H	
			на плату, что больше			
			соответстви			
			- ет реальной	HI		
			картине			
			деформирова			1
			ния.			
			При этом			
			габарит			
			АЖІ может			
			несколько			
			πρεσωματικ 2πδηριμ			
			колонны.	2 2		
					A	
					_	1
4	Любоū	Балка	АТЖ	<u>↓</u> · · · · · ↓		
	габарит	выходит _	устанавлива			
	колонны	габарит	ется только			
		колонны	по гадариту			
			Колонны			
					/	
				1-1	A	
				TT		
				₽ ₽₽		

Ш

			ЧАСТЬ 2.1 МОДЕЛИ И Н	ПОСТРОЕНИЕ ГЕОМЕТРИИ РАСЧ НАЗНАЧЕНИЕ ЖЕСТКОСТЕЙ ЭЛЕ	ЕТНОЙ МЕНТОВ		
N₂	Габарит ы колонны	Располо- жение балки	— Рекомендаци и по установке А ¥ Т	Эскиз		Вид КЭ	
	Колонны с края плиты						
5	Габарит колонны не более 600мм	Централ ьно по колонне	АЖТ могут негативно сказываться на разбиении сетки с появлением остроугольн ых 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	Централ ьно по колонне	АЖТ рекомендует ся ставить		and the second se		

			ЧАСТЬ 2. I МОЛЕЛИ И Н	ЧАСТЬ 2. ПОСТРОЕНИЕ ГЕОМЕТРИИ РАСЧЕТНОЙ		
_			подели и т		INLITIOD	
N₀	Габарит ы колонны	Располо– жение балки	Рекомендаци и по установке АЖТ	Эскиз	Buð K3	
7	Любой габарит колонны	Балка в теле колонны	АЖТ ставится			

Справочная таблица 7. Сопряжение стена-перекрытие при отсутствии балок

Nº	Γαδαρυ	Рекомендации по	Эскиз	Bud K3
n/n	ты	установке АЖТ		
	стены			
			Стены по центру плиты	
1	Габари т стен до 300мм	АЖТ допустимо не устанавливать. На результат практически не влияет.	1 не более 300 1 1 1-1 1	



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

№ n/n	Габариты	Рекомендации по истановке	Эскиз	Buð K3
1	Любое соотноше ние сторон стен и колонн	АЖТ АЖТ устанавливают ся по 3 узла в группе. Стена имеет разрыв на ширину колонны. Это делается для отсутствия задваивания жесткостей.		
2	Когда высота колонны превышае т толщину стены более 5 раз	Используются жесткие вставки вместо АЖТ. Вариант менее точный чем №1.		
3	Любые	АЖТ, как правило, не устанавливают ся	Buð cðepxy	

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.

Nº n/n	Описание	Вид КЭ		
	Вертикальные констрикции сверхи и/или снизи «толстой» плиты			
1	В вертикальной конструкции делается АЖТ или «жесткая вставка большой толщины» на половину толщины плиты вверх и вниз. Способ №1.	Cnocoδ №1		
	Cnocoδ №2.	Γυοσο Νεσ		
	—⊥, Под «большой толщиной стены» понимается толщина не менее 5 фактических толщин стены.			



N⁰	Описание	Вид КЭ
n/n		
	Вертикальные конструкции только сверху или снизу	«толстоū» 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

N⁰	Описание	Bud K3	
n/n			
1	 Моделируется жесткое сопряжение. 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	Coпряжение «Стена-балка»	
	сопряжение. 2. В КЭ Оболочки имеется б степеней свободы. Допускается как заводить, так и не заводить стержень в оболочку.		
		Сопряжение «Плита-балка»	



Nº	Описание	Buð KЭ	
3	 Моделируется шарнирное сопряжение. 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»	
4	 Моделируется шарнирное сопряжение. В КЭ Оболочки(стены) имеется б степеней свободы. Требуется постановка шарнира в δалке. 	Сопряжение «Стена-балка» Сопряжение «Плита-балка»	
I 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 соответствиющию залочки			



Справочная таблица 11. Варианты шарнирных сопряжений





24

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 📩 – отмена действия

ESC -снять отметку со всех узлов и элементов

Виды:

Примечание ко всему нижеизложенному материалу:

Если на картинке имеется курсор мыши 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

Признак схег	ИЫ	-
5 - Шесть ст	епеней свободы в узле (X,Y,Z,Ux,Uy,Uz) 🛛 🗸	?
Значения наг	рузок	
Онормати	вные	
Имя задачи	Схема_Высотки_1	
	Результаты расчета в отдельной папке	
)писание задачи по 255 символов)	4

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.



27

Шаг 2. Настройка вида

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



Шаг З. 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 <u>в расчетной модели не обрезается</u> – ее контур должен приниматься фактический – по чертежу.

– при наличии балок, плита <u>в расчетной модели обрезается</u> по центральной линии балки.



32

В рассматриваемом примере плита обрезается по центральной линии балки (фиолетоваялиловая 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).



СПРАВОЧНИК КОНСТРУКТОРА



Результат: перемещенные узлы контура плиты.



34



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;





ЧАСТЬ 2. ПОСТРОЕНИЕ ГЕОМЕТРИИ РАСЧЕТНОЙ	
МОДЕЛИ И НАЗНАЧЕНИЕ ЖЕСТКОСТЕЙ ЭЛЕМЕНТОВ	
Выделяем узел 🖾 , который нужно копировать (подсветится красным). Вносим координат на которые нужно копировать. Нажимаем галочку 📝.	١Ы,
💫 🚔 🖓 🔗 🗇 🚱 📾 🥕 1. Вариант 1 💦 🔹 🎦 🎝 😅 🛗 閉 🖄 🤻 🎋 🏹	
вная запача: С1. Основны 👸 Копировать выбранные объекты	
Копирование выбранных объектов	
Копирование объектов	
отединым блоком О единым блоком ∩ по КоБ	
Копировать	
a a a a a a a a a a a a a a a a a a a	
Konuposanue no napawetpaw	
dy 0.3 M	
dz 0 M	
N 1	
Вдоль вектора	
 Упаковать совпадающие узлы Пересекать с другими КЭ 	
$\frac{1}{3}$ $\frac{1}{4}$ $\frac{1}{5}$	

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» 🔊

🔊 💦 🚔 🔊 🖍 🗋 🎒 🎒 🥕 1. Вариант 1	- 🔶 🛦
Основ Удаление выбранных объектов (Delete) Дача] Удаление выбранных объектов	5
•	


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 цдалить

Выбор узла	×
Узел 199 (7.2,3.6,0) Узел 1770 (7.2,3.6,0)	
 	-

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.

🙀 🖈 🖹 🗊 🗊 🦯 1. Вариант	। 🔄 👔 👗 🗠 🞇	鄂 🧏 🏹 💱	‡ 🎝 👯 🖶 🖓 🗱	😽 🖥 • 🖿 🧮 🏶 🗇 🏺
ача 🛪 Добавить элемент (Ctrl+Shift+ Добавить элемент		\supset	4	5
Добавить элемент) ≝ ≝" *∖ ⊕ ax 0.	×		
Не прерывать операция Учитывать промежуточ	о dY 0. иные узлы dZ 0.	?		
Пересекать с другими	(3			
		L		

Проверить характерные размеры можно «линейкой» 🛃:



37



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 цзлы.

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).



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 цзла.



Результат создания АЖТ для стен:

42





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».







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 <u>обязательно сохранить схему</u>, поскольку при неправильно настроенных параметрах упаковки могут удалится нужные элементы и узлы, а сделать «откат» назад не получится.

	Копирование	Упаковка схемы Реда	Перемещение •	83 - Ø - ≶	× 『 心	i	EL O <u>Ж</u> ести
Редактирование			таковка схемы еренумерация, с впадающих и ис аленных уздов	шивка ключе	ние	ание	Опции
	1. Вариант 1	JA Z	1 mm - 200 @			. ≹ ∰	Þ 🐔

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.

Упаковка Х				
Редактировать узлы и элементы				
□ Только для фрагмента □ Кроме выделенных узлов и элементов				
Сшивка				
🕑 Выполнить сшивку				
Точность сшивки 0.005 М 🥥 🥕				
Не сшивать элементы с разными типами жесткости				
Не сшивать узлы с объединением перемещений				
🗌 Не сшивать узлы жестких тел				
Не сшивать узлы стержневых аналогов				
Элементы с некорректной геометрией				
О Не удалять элементы с некорректной геометрией				
 Удалять элементы с некорректной геометрией 				
О По возможности исправлять 🁔 💽				
Модульность координат узлов				
Привести координаты узлов к модулю				
Величина модуля 0.0001 М				
Исключить из расчетной схемы				
Висячие' узлы Кроме выделенных				
🗹 Удаленные узлы и элементы				
Неиспользуемые жесткости				
Неиспользуемые материалы				
Неиспользуемые группы объединения				
Выполнять автосохранение перед началом упаковки				
Параметры по умолчанию				



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, кликнив сначала в нижний изел, 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 🔝 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 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

🛱 Восстановление конструкции	🥂 Предыдущий фрагмент
Изображение полной конструкции	Вернуться к предыдущему фрагменту
著 造 景 岳 🛒 🔍 🗶 🦒 🥂 🏹	著 🗄 👷 🍕 👰 🔍 🔍 🦒 🛵 🌽 🖗

Триангулируем жонтур 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.



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 Е можно определить по чертежу или рассчитать по формуле:

$$E=rac{H_b}{2}-rac{t_{pl}}{2}$$
, 2de

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





Шаг 11. Создание лестничных площадок и маршей

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



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:



E1 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.

Резцльтат создания ключевых цзлов контура (при этом созданы ключевые цзлы площадки – 4 узла контура и 4 узла опирания):

СПРАВОЧНИК КОНСТРУКТОРА



57



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:

$$S = \frac{t_{\rm CT}}{6}$$
, zde

t_{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.





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:



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

Шаг 13. Создание отверстий в стенах

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

Чтобы найти цзлы 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 соориентировавшись 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.



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.





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:



- 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

 \checkmark

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

Копирование Улаковка скемы Редактирование	Конструктор Заданис жесткости да то сечений то заданис жесткости и свази
дактирование Жесткости Нагрузки 🛠 Автоматичес № • • • • 2 2 • 12 • 12 • 10 • • • • • 12 • 12	кое объединение сое объединение ых элементов в С С С С С С С С С С С С С С С С С С
Преобразование сети пластинчатых КЭ ×	
одинаковых жесткостей одинаковых жесткостей в одном блоке не объединять элементы, сличчерез их общую сторону проходят другие КЗ	

Результат объединения:



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





СПРАВОЧНИК КОНСТРУКТОРА
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.



СПРАВОЧНИК КОНСТРУКТОРА

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.

Ред	актирование Жесткости Нагрузки Констр	руировани
9	Отменить	Ctrl+Z
•	Вернуть	Ctrl+Y
7	Удалить сеть	
X	Удаление	Delete
¥	Расшить схему	
\$	Пересечь отмеченные элементы и узлы со схе	мой
Ź	Пересечь схему линией или плоскостью	
	Объединить отмеченные стержни в один	
3	Переместить выбранные объекты	
P	Копировать выбранные объекты	
1	Изменить размер	
4	Конструктивные блоки	
Ð	Создать блок	
p	Операции с блоками Ctrl+	+Shift+B
8	Пересечь выбранные блоки	
	Суперэлементы	Þ
Q1	Стержневые аналоги	
K	Смена типа конечного элемента Ctri+	+Shift+K
3	Преобразование сети пластинчатых КЭ	1000
	Локальные оси узлов	- 0
	Местные оси стержней	
φ.	Местные оси пластин Ctrl+	-Shift+A
	Местные оси объемных КЭ	
	Локальные оси КЭ 55,255,265,295	
	Центр масштабирования КЭ 67,68,69	
¥.	Таблицы ввода	
_		

Поиск сингулярных пластинчатых элементов может осуществляться через «Полифильтр» 🕅

Критерий Угол между ребрами пластины Диапазон значений В интервале Диаскретно От 0 До 30 Погрешность 0.001		апр 1 21 क А 🖬 🗗	~
Диапазон значений В интервале Дискретно От 0 До 30 Погрешность 0.001	Кри Уго	терий ил между ребрами пластины — — — — — — — — — — — — — — — — — — —	
Одискретно От 0 До 30 Погрешность 0.001		Диапазон значений О В интервале	
До 30 Погрешность 0.001		Одискретно От 0	
0.001		До 30	
		0.001	
Инверсно 🗹 🖌 🛗 ?		Інверсно 🗹 📝 🎆 7 Полифильтр (Ctrl+Shift+S)	?



Элементы, в которых не нужно исправлять сингулярность.

К таковым элементам относятся:



– элементы, от корректировки которых геометрия смежных элементы изменит напряженнодеформированное 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.



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





Местные оси №2. Местные для результатов, которые редактируют только оси Х и Ү. 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».

Реда	актирование Жесткости Нагрузки Конструировании	 Местные оси пластин
5	Отменить Ctrl+Z	
2	Вернуть Ctrl+Y	. Изменить направление оси Z1
*	Удалить сеть	Инверсно Сонаправить
X	Удаление Delete	Изменить направление оси X1
± ₽	Расшить схему	Горизонтально (для КЭ стыка)
*	Пересечь отмеченные элементы и узлы со схемой	
	Пересечь схему линией или плоскостью	
]{ <u></u>	Объединить отмеченные стержни в один	По умолчанию (для
ß	Переместить выбранные объекты	
P	Копировать выбранные объекты	📌 🔼 +α 📈
	Изменить размер	Ось Секущая плоскость
4	Конструктивные блоки	ОХ1 Ортогональная
	Создать блок	
Þ	Операции с блоками Ctrl+Shift+B	🗌 Указать центр
\$	Пересечь выбранные блоки	Координаты центра
	Суперэлементы	Х М
@]	Стержневые аналоги	Y M
¥	Смена типа конечного элемента Ctrl+Shift+K	
B	Преобразование сети пластинчатых КЭ	Zм
	Локальные оси узлов	
	Местные оси стержней	
R.	Местные оси пластин Ctrl+Shift+A	
	Местные оси объемных КЭ	
	Локальные оси КЭ 55,255,265,295	
	Центр масштабирования КЭ 67,68,69	
	Таблицы ввода	2?





Правильный результат сонаправления осей Z:



z Ĺ_x

Этап 2. Согласование местных осей №2 по ХҮ.

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



Изначально местные оси №2 имеют разнонаправленные оси ХҮ.



- 1) Выделяем элементы плиты 🖾
- 2) Во вкладке «Редактирование» выбираем «местные оси пластин».
- 3) Во второй подвкладке выбираем ХОZ- и нажимаем применить







Результат сонаправления местных осей №2.



Лестничные площадки и марши имеют полностью аналогичную процедуру согласования местных осей №1 и №2. При этом <u>марши</u> 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:



83

Этап 2. Согласование местных осей №2 по ХҮ.

Во флагах рисования 💌 отмечаем видимость Делаем видимыми оси №2.



Изначально местные оси №2 имеют разнонаправленные оси ХҮ.



1) Выделяем элементы стен 🔛

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

3) Во второй подвкладке выбираем ХОҮ+ 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:





85

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 <u>X колонн</u> должны смотреть <u>вверх</u>. 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».

		-
реді (1)	отменить Ctrl+Z	Местные оси стержней 🛛 🗙
2	Вернуть Сtri+Y	Изменить направление оси X1
*	Удалить сеть	
\gtrsim	Удаление Delete	Инверсно Сонаправить
¥	Расшить схему	Задать направление
*	Пересечь отмеченные элементы и узлы со схемой	
	Пересечь схему линией или плоскостью	Изменить угол вращения
18	Объединить отмеченные стержни в один	X X
ľ	Переместить выбранные объекты	
ø	Копировать выбранные объекты	Угол
	Изменить размер	• Угол
Ц	Конструктивные блоки	0 ОТочка
	Создать блок	Толика
ø	Операции с блоками Ctrl+Shift+B	ТОЧКА
\$	Пересечь выбранные блоки	M X 0 M
	Суперэлементы	
ØL)	Стержневые аналоги	M Y U M
¥	Смена типа конечного элемента Ctrl+Shift+K	🗹 Z О м
*	Преобразование сети пластинчатых КЭ	
	Локальные оси узлов	Указать базовый узел
	Местные оси стержней	Оси У Оси Z
ĸ	Местные оси пластин 🖓 Ctrl+Shift+A	
	Местные оси объемных КЭ	
	Местные оси КЭ 55,255	
	Центр масштабирования КЭ 67,68,69	
	Таблицы ввода	AF.

Если оси Х сонаправились не в ту сторону:





Правильный результат сонаправления осей Х:



Этап 2. Изменение местных осей по ХҮ.

Местные оси могут иметь разнонаправленные оси ХҮ. Для удобства чтения результатов лучше, чтобы оси ХҮ 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 Х.

Пример поворота по ХҮ 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 Х. Местные оси балок **Х должны быть направлены** вдоль глобальных осей Х и Ү.

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



Для исправления местной оси X:

1) Выделяем элементы . , <u>лежащие только в параллельных плоскостях. Если выбрать</u> 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».

едактирование	Кесткости Нагрузк	ки Конструировани	Macru		
Отменить		CtrI+Z	IVIECTHE	е оси с	тержней и
Вернуть		Ctrl+Y	Измени	ить напр	авление оси Х
🛱 Удалить сеть			Munor		Couperpart
🖌 Удаление		Delete	Nuber	СНО	Сонаправить
Расшить схему			Зада	ать напр	авление 🗌
🖌 Пересечь отме	ченные элементы и у	узлы со схемой			
💋 Пересечь схему	линией или плоско	стью	Измен	ить угол	вращения
🚆 Объединить от	меченные стержни	в один	¥	X	1
]] Переместить в	абранные объекты		Vere	100	
🕅 Копировать вы	бранные объекты		Угол		Vron
🛯 Изменить разм	ep				U SLOU
Конструктивны	е блоки		0	_	🔿 Точка
🖞 Создать блок			Толка		
🕅 Операции с бл	оками	Ctrl+Shift+B	TOAKG		
👂 Пересечь выбр	анные блоки			0	м
Суперэлементь	I	Þ			
Стержневые ан	алоги		Y N	0	м
Смена типа ко	нечного элемента	Ctrl+Shift+K	🛛 🖸 Z	0	м
🔅 Преобразован	ие сети пластинчаты	х KЭ			
Локальные оси	узлов		🗌 🗌 Ука	азать ба	зовый узел
Местные оси ст	ержней		00)си Ү	🔾 Оси Z
🕺 Местные оси п	астин	Ctrl+Shift+A			
Местные оси о	бъемных КЭ				
Местные оси К	\$ 55,255			e	
Центр масштаб	ирования КЭ 67,68,6	9			<u> </u>
🗧 Таблицы ввода					12

Если оси Х сонаправились не в ту сторону:

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



Ү Z X Оты. 0.000

Этап 2. Изменение местных осей по ХҮ.

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

1) Выделяем элементы 些

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

3) Выбираем угол поворота вокруг оси Х.

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



YZX



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:

- Е модуль упругости;
- **v** коэффициент Пуассона;

t, b, h – толщина, ширина, высота сечения.

R₀ – удельный вес (задается нормативное значение, даже если выбраны расчетные нагрузки).

v = 0,2 (по п.6.1.17 СП 63. Для железобетонных конструкций)

 $R_0 = 2,5$ т/м³ = 0.0245166 MH/м³ (для конструкций из тяжелого бетона)

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

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

Справочная таблица 12. Виды расчетов и модуль упругости.

Примечание:

1. **Е**_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	Знач	Значения начального модуля упругости бетона при сжатии и растяжении E _b , МПа·10 ⁻³ , при классе бетона по прочности сжатия								ı-10-³,						
	B10	B12,5	B15	B20	B25	B30	B35	B40	B45	B50	B55	<i>B60</i>	B 70	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	4 <i>2,5</i>	4 <i>3</i>
Мелкозернисты ū 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 Е удобнее в МПа, удельный вес в т/м³.

Оп	ции Окно ?	Елиницы измерения	×
t:	Каталоги	сдиницы измерения	~
Si	Единицы измерения	CYEMA POOUR TAT & ADVATING	
1	Общие параметры	ексина гезультаты Арматура	
₽	Запретить редактирование данных для МКЭ расчета		
···•	Параметры шкалы	Геометрия	м ~
¢	Обновление шкалы в режиме фрагментации		
1	Обновление шкалы в режиме масштабирования	Сечения	cm v
*	Параметры МКЭ расчета		
% >	Параметры расчетов при конструировании	Нагрузки т 🗸	м ~
	Среда	•	
P	Синхронизировать просмотр мозаик и эпюр в открытых окнах задач	Параметры материала	~
₿ ⊅	Синхронизировать фрагментацию схемы в открытых окнах задачи		
12	Синхронизировать вид проекций в открытых окнах задач	Температура	°C ~
1	Синхронизировать флаги рисования в открытых окнах задач	ki la	<u> </u>
ø	Флаги рисования Ctrl+Shift+	Mila	
₽¥	Скрыть флаги рисования	Полторацть Отнонить	Спортир
	Отображение флагов рисования	• Сподтвердить Отменить	Справка

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, *v*) и нажимаем 📝. Модуль упругости *E* :

- для расчета колонн из бетона класса B40 (E₀=36000МПа):

0,6x36000=21600Mna = (21600*101,972= 2 202 590 m/m²)

– для расчета балок из бетона класса В30 (E₀=32500MПа):

0,3x32500=9750Mna = (9750*101,972= 994 227 m/m²)

Чдельный вес $R_0 = 2,5 \text{ т/m}^3 = 0.0245166 \text{ MH/m}^3$

Коэффициент Пуассона $oldsymbol{
u}=oldsymbol{0},oldsymbol{2}$





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 A и K.



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.



СПРАВОЧНИК КОНСТРУКТОРА

Этап 3. Назначение жесткости пластинам.

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

Модуль упругости Е :

- для расчета стен: 0,6х36000=21600Mna = (21600*101,972= 2 202 590 m/м²);
- для расчета плит: 0,3x32500=9750Mna = (9750*101,972= 994 227 т/м²).

Чдельный вес $R_0 = 2, 5 \text{ т/м}^3 = 0.0245166 \text{ MH/m}^3$

Коэффициент Пуассона $oldsymbol{ u}=oldsymbol{0},oldsymbol{2}$.

] Добавить жесткость	Х Задание жесткости для пластин
адать параметры нового типа жесткости и обавить его в список:	Сечение
	? Жесткостные характеристики
2 I I 🕀 🕀	• Вычислять автоматически по размерам
Іластинчатые, объемные, численные	Коэффициент к жёсткости
	О Учет нелинейности
Пластины Объемные Конструктор КЭ сечений	Учет ортотропии
	E 9750 MTIa E2 0
	V 0.2 V21 0
Нестандар Тонкостен КЭ 1 сечение сечение численное	G 0
EF= EF=	Н <u>0</u> см ^{Ro} <u>0.0245166</u> МН/м ³
КЭ 2 КЭ 3 КЭ 4 численное численное	Тип КЭ ОШаговый Итерационный
EF= EF=	Балка-стенка
КЭ 7 КЭ 10 КЭ 51 численное численное численное	
EF= EF=	арматуры из ТЗА
КЭ 55 КЭ 56 КЭ стыка	Меньший размер пластины
	Учет сдвига 0 М
	Комментарий Цвет
EF= EF=	
ЕF = EF = КЭ 60 КЭ 62 КЭ 65,66 численное демпфер численное	плиты





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 🧖



Ш

Если не обновить, то вид показывается старый.

Чтобы вернуться назад в модель нужно нажать на



СПРАВОЧНИК КОНСТРУКТОРА







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

Полифильтр Х
₩₩ <mark>2</mark> 1\$1 Å = ₫
По номерам КЭ
•
По виду КЭ
По типу КЭ
По типу жесткости
Нет К
По виду жесткости
По ориентации КЭ
Угол согласов. Оси ортотропии
🗌 Учитывать объекты СЭ
Инверсно 🗹 🖌 ?

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.





Чтобы	скопир	овать	. côoū	ства с	одноа	20 J/16	менто	и на д	ругие 100 ро	нужно к	ликнуть «фонариком» 🕅 в
свойст нажат	есующа ва». Д ь 💓	алее (].	отмет	ить [<u>Ə</u>	me 3/10	ементі	м. да ы, на	котори	ые нужно	о скопировать свойства, и
											 Пластина 1425 × Номера узлов 1661. 1669. 1662. 1670 № 1425 Блок № 1 Отмеченный Тип жесткости 4. Пластина Н 20 (лилты) Тип КЗ Угоп соглас. Ортотропия 44 90 0 Площадь, координаты центра тяжести S=0.16м2, Xc=22.2м, Yc=5м, Zc=0м Удалить элемент Добавить элемент № загр. 1 № агг. 2 № Спровать свойства Все Выбранные Блок Шарниры Тип КЗ Жесткие вставки Жесткости Угоп согласован. Монтак и прочее ТЗА Нагрузки Заменять Добавлять

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.





мена типа конечного элемента 2	
ок назначенных типов Отметить ор нового типа КО 	Список назначеных типов Опиети Выборнового типа КЭ ■ → ▲ Дад Фр Фр Фр
мового типа КО → ▲	Budop Hosoro Tima K3 ■ .4. .24 .45 .127 .45 .
ар нового типа КО 	Buffop Hosoro Turna K3 Buffop Hosoro Turna K3 A A A A A A A A A A A A A A A A A A A
3 - декузанаем на утругот сака: 5 - секузанаем на утругот сака: 5 - секузанаем На утругит сакаем 27 секуза - округателска На утругит сакае 27 - секузанаем На дианствареней сакаи с учетом предельного усилия	Tue 1 K2 energy 2 energy
26- однузлавай (3 упругих связей с унтоти предельных усилий 16- однузлавай (3 односторонен упругий связи 26- однузлавай (3 односторонных упругих связей 26- однузлавай (3 нелинейных упругих связей	I III 2 - КО пасокай раны IIII 3 - КО вакончот ростврана IIII 3 - КО вакончот ростврана IIII 3 - КО вакончот ростврана IIII 3 - КО вакончото растврана IIII 3 - КО вакончото растврана IIII 3 - КО вакончото растврана IIII 3 - КО, Коракончева IIII 3 - КО, Коракончева IIIII 3 - КО, Коракончева IIIII 3 - КО, Коракончева IIIII 3 - КО, Коракончева IIIII 3 - КО, Коракончева IIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIII
✓ X ? мена типа конечного элемента Х	Ceeha Tuna Kone-unoro 3.2euxenta
хок назначенных типов Отметить	Список назначенных типов Отметиты
орнового типа КЭ	Выбор нового типа КЭ
12 - вугральны КО питы 12 - теритольны КО питой (Влака-стежа) 22 - теритольны КО писой задеч (Влака-стежа) 24 - учеверсальны Прегловы КС писой обласчи 45 - учеверсальны Прегловы КС писой обласчи 45 - голичны Прегловы КС писой обласчи 45 - голичны Прегловы КС писой обласчи 45 - голичны Прегловы КС писой задеч (Влака-стежа) 22 - окачески неличейча прегловы Полосой задеч (Влака-стежа) 24 - окачески неличейча прегловы Полосой задеч (Влака-стежа) 25 - окачески неличейча прегловы Полосой задеч (Влака-стежа) 24 - окачески неличейча прегловы Полосой задеч (Влака-стежа) 25 - окачески неличейча прегловы Полосой задеч (Влака-стежа) 29 - окачески неличейча прегловы Полосой задеч (Влака-стежа) 29 - окачески неличейча прегловы КС спосой 29 - окачески неличейча преглавно КС списа 29 - окачески неличейча преглавно КС списа 29 - генетриски неличейча Преглавно КС списа 20 - генетриски неличейча преглавно КС списа 42 - теретриски неличейча преглавно КС списа 42 - теретриски неличейча преглавно КС списа	Гля 11 - сревортање И Салати Гля 13 - сревортање И Салати Гла 13 - сревортање И Салати Гла 13 - сревортање И Салати Гла 14 - сревортање И Салати Салати Гла 14 - сревортање И Салат

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
Стелжневой	10	Чниверсальный	Основной линейный расчет роц первичном принятии
Для		пространственный	констриктивных решений.
моделирования:		стержневой КЭ	Линейный расчет не является абсолютно точным, но
-колонн;			для инженерных целей вполне достаточен.*
-балок;	2 10	Тот же КЭ 10, только с	Нелинейный расчет при проверке уже принятых
-свай (совместно		цчетом физической	конструктивных решений.
с одноузловыми		нелинейности	
КЭ)	<mark>3</mark> 10	Тот же КЭ 10, только с	Нелинейный расчет при проверке уже принятых
		учетом геометрической	конструктивных решений.
		нелинейности	Особенно актуален для вертикальных элементов
			большой длины с малым сечением (элементы с большой
			гибкостью).
	<mark>4</mark> 10	Тот же КЭ 10, только с	<u>Основной линейный</u> расчет при <u>окончательной</u> проверке
		учетом физической и	<u>конструктивных решений</u> . Нелинейный расчет
		геометрической	формально необходим по ст.16. ФЗ №384.*
		нелинейности	
Пластинчатый.		Универсальный	<u>Основной линейный</u> расчет при <u>первичном принятии</u>
Для	44(42)	четырехугольный	
моделирования:		(трехугольный) элемент	Линеиныи расчет не ябляется абсолютно точным, но
-n/Ium;	2111212)		dля инженерных целеи бполне docmamoчен.*
-стен.	244(242)	Тот же кј 44(42),	нелинеиный расчет при проверке уже принятых
		только с учетом	конструктионых решении.
			· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
	344(342)	Тот же ку 44(42),	пелинеиный расчет при проберке уже принятых
		нелинеиности	אוקאיטרשו וט)
	444(442)	Tom we K3 44(42)	Основной линейный расчет роц окончательной рооверке
	+++(++2)		констриктивных решений. Нединейный посчет
		Физической и	формально необходим по ст.16. ФЗ №384.*
		' геометрической	
		нелинейности	
Одноузловой	56	Одноузловой элемент	Моделирование трения фундаментной плиты с грунтом.
-сваи (совместно		упругих связей	Элемент линейного расчета.
со стержневыми);	F (0.2 0.7	
-контакт	50	Обноузловой элемент	Моделирование жесткости упругого основания сваи. В
(трение)		упругах соязеа	
фундаментной			
плиты с грунтом.	57		Улемении линеиного расчения.
	1	сваю	
ארויניוש אפונענע איז אפורערענע איז אפורערערער איז אפורערערער איז אפורערערערערערערערערערערערערערערערערערערע			
праненание: нестояри на треоорании то к бот о неооходирание и в реобруга с у неот разо тескоа и			
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» 💼;

МОДЕЛИ И НАЗНАЧЕНИЕ ЖЕСТКОСТЕИ ЭЛЕМЕНТОВ			
В новый блок			
3) Убираем галочку «В новый блок» созданные ранее созданные блоки (см. шаг 16) копировались от этажа к этажу.			
4) Ставим галочку «упаковывать совпадающие узлы», снимаем «пересекать» с другими КЭ.			
 Упаковать совпадающие узлы Пересекать с другими КЭ 			
5) Проверить установку галочки копировать «АЖТ»			
Копировать Объединение перемещений АЖТ КоЭ			
6) Выбираем количество этажей N, которое нужно скопировать. В данном случае будет 36 этажей. Один из которых будет последним – техническим.			
N 36			
7) Выбираем высоту копирования по Z.			
dZ 3.3 M			
8) Нажимаем галочку «Применить»			
Примечание: время копирования может превышать 5 минут.			
Копирование объектов Х			
В новый блок селиным блоком по КоБ			
Копировать Объединение перемещений			
Копирование по параметрам			
dX 🕘 M State Balance			
N 36			
Вдоль вектора			
 Улаковать совпадающие узлы Пересекать с другими КЭ 			
Galand G			



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 膨

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





Удаляем ненужные лестницы.





СПРАВОЧНИК КОНСТРУКТОРА

r IZ Триангуляция Простой контур _ Вид триангуляции 🔾 На контуре О Сетка узлов Дробление контура и сетка узлов
 З
 4 Шаг сетки узлов 0.4 м Точность 0.0001 м Указать (задать) □ L узлы контура □ X,Y,Z Указать узлы вектора Задать численно новый узел О По координатам О Смещением || глоб.осям Снещениен [] люлоски Снещениен |] вектору Х 0. М У 0. М Z 0. М Пересекать с другими КЭ -----

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



«Заделываем» триангуляцией ненужные отверстия в стенах 🕮.

«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 свойтства жесткости ему нужно присвоить по аналогии с плитами (модуль упругости Е с коэффициентом 0,3).



В местах пересечения парапетов можно поставить АЖТ.







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



░▓▝▐▋₴▚₶╡ॶ₶▖₿ヽ⅀▖▙▔₽₥₥₰₰▓▓ः₰₲₿₡!♀ዹヽ╱◈ⅉⅈとು<mark>№</mark>,⊵、⊭ヽ₽、₺,ⅈ₵₫₫₫₫₫₫₡₡ⅉ

Корректировка фундаментной плиты.

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





ッ) 🎇 🖄 🕸 🗇 🗇 🗐 🥕 | 1. Вариант 1 🦳 🔄 🏂 🖙 🚟 🕼 🦙 🧏 🐄 🖓 🔛 🗠 🛪 🕅 🔡 - 1



2 K Ø (\mathbf{x}) лифтоврй приямок h=2500 E 1 ١ 1 Í ſ B 6 (4) 2 (\mathbf{j}) 23 4 \$ 9 6 $\overline{\mathbf{7}}$ 8 10



114



1-1 (для создания геометрии)



2-2







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 Е :

- для δетона класса B40: 0,4x36000= 14 400Mna = (14400*101,972= 1 468 397 m/м²)

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

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



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 🤔 ;





СПРАВОЧНИК КОНСТРУКТОРА

- 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 Е можно определить по чертежу.

Также Е можно рассчитать по формуле, если верх плит совпадает:

 $E=rac{T_{pl}}{2}-rac{t_{pl}}{2}$, zde

Т_{pl}- толщина смещаемой плиты (наибольшая толщина);

 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:





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.



СПРАВОЧНИК КОНСТРУКТОРА



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.







123



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



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





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 鉟 фундаментной плиты (связь накладывается только на узлы!) и командой «связи» 🎿 закрепить узлы по всем направлениям.

 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 🜌









Har			Показать Х
	Редактор загружений Копировать загружение		
in the second se	Добавить собственный вес Удалить собственный вес		
* _{tc}	Импортировать температурные нагрузки Нагрузка на узлы и элементы Ctrl+Shift+L Нагрузка-штамп		
*) } *:	Создание и редактирование нагрузок в САПФИР Создание ветровой нагрузки в САПФИР Удаление нагрузок в текущем загружении	Добавить собственный вес Х	
***	Удаление нагрузок во всех загружениях Мозаика нагрузок	Собственный вес назначить на: элементы по типам жесткостей: стандартные	
Σŧ	Просуммировать нагрузки РСУ •	 металлические сталежелезобетонные пластинчатые, объемные, численные все 	
	Нагрузка на фрагмент	 смонтированные на текущей стадии смонтированные на всех стадиях отмеченные элементы 	12 / 2 ? Наборы флагов
N	ЛИТЕРА 	 исключать жесткие вставки стержней Коэф надежности по нагрузке 1.1 	
<u>.</u>	Устойчивость ————————————————————————————————————	У обновлять заданный ранее собственный вес С С С С С С С С С С	

Для запуска на расчет наживаем «выполнить полный расчет» 锴.



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



Ready

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

Полный протоком содержится здесь:



№ n/n	Проблема	Путь решения			
1	Геометрически	1. Зайти в результаты расчета. Включить перемещения п			
	изменяемая система	Z и посмотреть какое место имеет большие перемещения.			
		НДС схемы изополя и Идание и Идание И Идание и И			
		2. Проверить попадание узлы одних конструкций в узлы			
		других конструкций.			
		4. Проверить модиль ирригости F. При малом значении			
		ч. пробераны мобуль дпругосни с. при милом значении может возникать геометрическая изменяемость			
		5. Проверить наложение связей на узлы 🎿.			
2	Невязка решения <u>без</u>	1. Проверить модуль упругости Е. При малом значении			
	геометрически	может возникать геометрическая изменяемость.			
	неизменяемой системы	2. Исключить наличие остроугольных клиновидных КЭ.			

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

ĺ	Реж	им	Вид	Выбор	Схема	Создание	Редактиров	ание
1	Ы	Pac	четная	схема				Ċ
3	₩	Выполнить полный расчет						1
1		Выполнить расчет с контролем параметров						
	8	Резу	ультать	ы расчета	1			
	5	Кон	струир	ование				

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







СПРАВОЧНИК КОНСТРУКТОРА

Шаг 28. Создание фиктивных элементов

Краткая теория.

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

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





Приложение А. Графическая часть



План типового этажа

133



План на отм. +118.700

K Кладовые Кладовые Кладовые 3600 И 3600 X 3600 (E)28800 3600 ¥ A F -3600 Технические помещения Технические понещения $(\Gamma$ 3600 B . 3600 Б 3600 Кладовые Кладовые Кладовые A - C - -T T - C' -3600 3600 3600 3600 3600 3600 3600 3600 3600 32400 2 (3) (5)7 (9) 4 (6) (8) (10) 1

План этажа на отм. –3.700

135



Фундаментная плита





