Рекомендации по моделированию монолитных жилых зданий в программном комплексе “ЛИРА-САПР.

Оглавление

1. Введение ... 4
2. Создание модели ... 5
2.1 Создание DXF файла ... 5
2.2 Экспорт плана фундаментной плиты в ЛИРА-САПР ... 6
2.3 Создание модели ... 8
2.4 Выравнивание местных осей пластин ... 11
2.5 Корректировка местных осей стержней ... 12
2.6 Жесткие вставки пластин и стержней ... 13
2.7 Абсолютно жесткие тела ... 14
2.8 Жесткости ... 15
3. Основание ... 16
3.1 Раскрепление по X и У ... 16
3.2 ЛИРА-ГРУНТ ... 16
3.2.1 Характеристики уникальных ИГЭ ... 16
3.2.2 Создание плана скважин ... 17
3.2.3 Создание модели грунта ... 17
3.2.4 Работа с разрезами ИГИ ... 18
3.2.5 Создание корректных скважин и контроль корректности грунта ... 20
3.2.6 Создание сетки ... 21
3.2.7 Ввод начального давления на подошву фундамента ... 21
3.2.8 Посадка модели на план скважин ... 23
3.2.9 Приложение отпора грунта - итерационный расчет ... 24
3.3 Сваи ... 24
4. Нагрузки ... 25
4.1 Таблица загружений ... 25
4.2 Прочие нагрузки ... 26
4.3 Боковое давление грунта ... 27
4.4 Нагрузка на плиту перекрытия от сборной ж/б панели ... 27
4.5 Ветровая нагрузка ... 28
4.6 Расчет здания на динамические загружения, модальный анализ, определение частот колебания. ... 29
4.7 Генерация таблицы РСУ ... 35
4.8 Генерация таблицы РСН ... 36
4.9 Полезный инструментарий при работе с нагрузками ... 37
5. Материалы ... 39
5.1 Стержни ... 40
5.2 Оболочки ... 41
5.3 Бетон ... 42

6. Модули упругости бетона ... 43
6.1 Инженерная нелинейность 1 ... 44
6.2 Инженерная нелинейность 2 ... 47
6.2.1 Типы Заданного Армирования (ТЗА) ... 47
6.2.2 Задание Типов Заданного Армирования (ТЗА) для плит. ... 47
6.2.3 Задание Типов Заданного Армирования (ТЗА) для стен ... 54
6.2.4 Активация инженерной нелинейности 2 ... 56
6.2.5 Анализ расчета ... 60
6.3 Понижение модуля упругости бетона ... 61
6.4 Рекомендации по выбору методики моделирования нелинейной работы железобетона ... 62
7. Подбор арматуры в подпрограмме Лир-Ларм локальный ... 64
8. Расчет по огнестойкости ... 71
8.1 Расчет вертикальных конструкций по огнестойкости ... 71
8.1.1 Определение несущей способности стен (пластинчатых элементов) ... 73
8.1.2 Определение несущей способности пилонов/колонн ... 77
8.2 Расчет горизонтальных конструкций по огнестойкости ... 90
8.2.1 Определение несущей способности перекрытия ... 90

1. Введение

Данные рекомендации помогут инженерам, выполняющим расчеты в ЛИРА-САПР, избежать грубых ошибок при выполнении расчетной схемы и несколько приблизиться к достоверной работе конструкции.

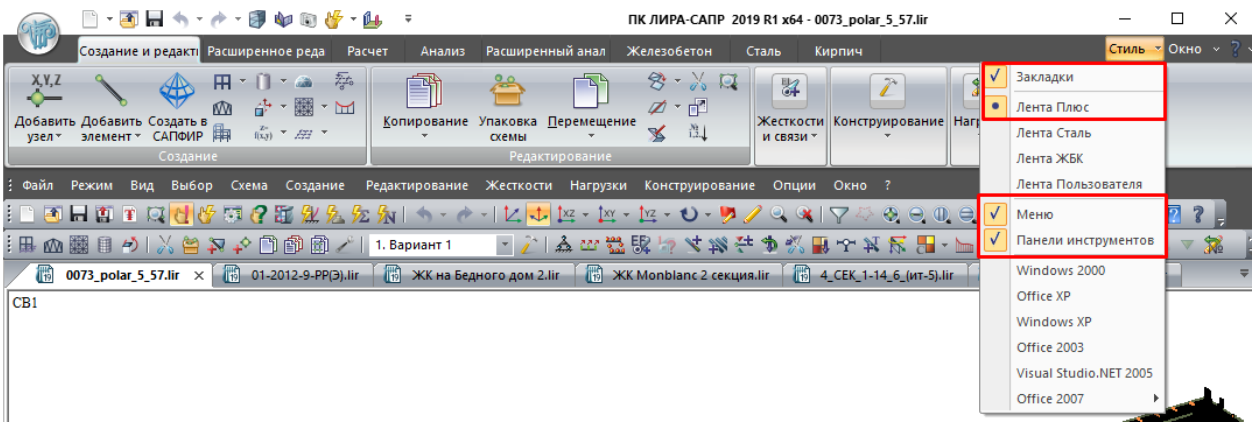
Суть работы в создании расчетной схемы с полностью рукотворной триангуляцией, посадка на модель грунта, определением армирования в “инженерной нелинейности -1”, расчет требуемого армирования по огнестойкости по СП 468.1325800, задания в расчетную схему принятого армирования и расчет конструкции в “инженерной нелинейности -2” с учётом заданного армирования.

При первоначальном прочтении описанный путь кажется переусложненным и слишком трудоемким, но рукотворная триангуляция делает реальным существенные изменения в схеме, без пересоздания заново (что в нашей практике происходит постоянно), использование “инженерной нелинейности -2” придаст вам спокойствия, в достоверности и достаточности армирования, а типы заданного армирования (ТЗА) позволят существенно ускорять и распараллеливать выполнение рабочей документации.

В данных рекомендациях мы приложим максимальный пул советов по упрощению создания схемы, работы с программой и постараемся указать верное прочтение размытых формулировок нормативной документации.

Тем не менее не стоит выключать голову, это - рекомендации.

Все рекомендации и скриншоты выполнены для стандартного меню вот такой конфигурации панели инструментов.



В программе богатый “хелп” и при нажатии F1 вы всегда сможете получить довольно много информации по активному в данный момент окошку.

2. Создание модели

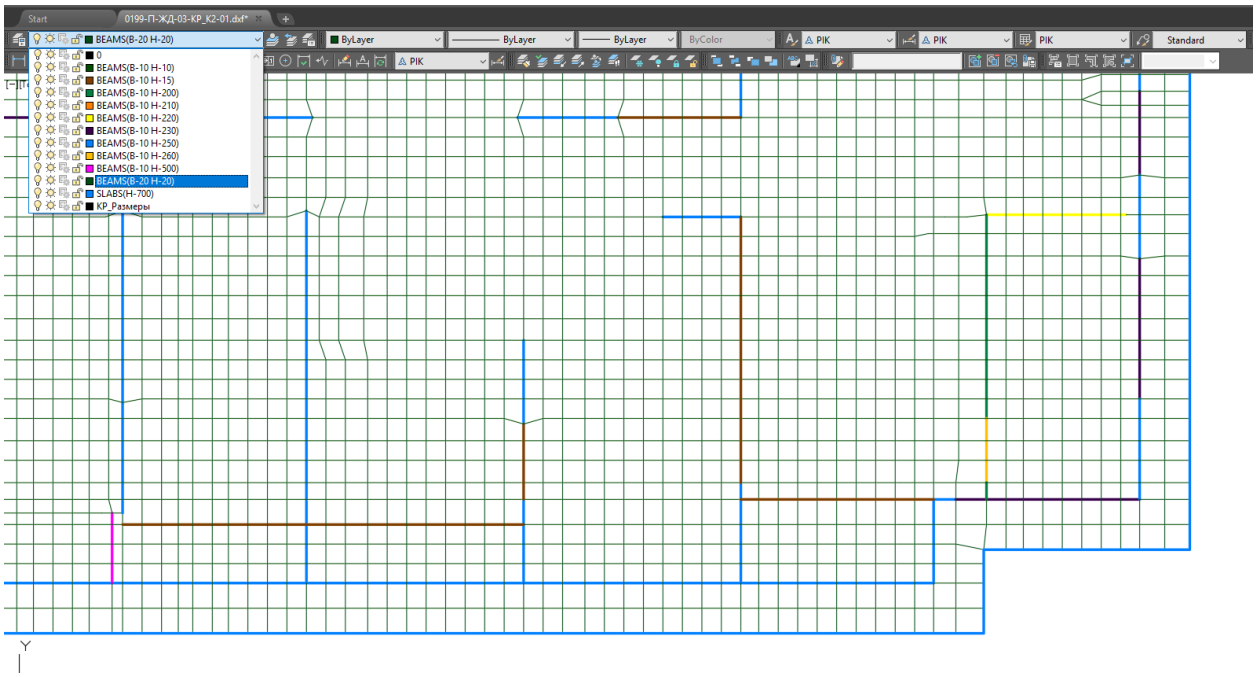
2.1 Создание DXF файла

Создаем DXF файл, подземного этажа. Контур фундаментной плиты задаем полилинией в слое SLABS(H-1000), вертикальные конструкции и триангуляционные направляющие - линиями в слоях BEAMS(B-10 H-180), строительные оси линиями в слое AXES.

Примечания:

- *Имена слоев колонн, балок, стен и плит могут иметь суффиксы, определяющие их поперечное сечение. (для последующего удобства стены/пилоны разной толщины рекомендуется задавать балками разной жесткости с описанием толщин)*
- *Объекты AutoCAD не должны накладываться один на другой (не допускается наложение балок/стен друг на друга).*
- *Закругления полилиний не допускаются,необходима аппроксимация (принудительное разбиение)*
- *Перед построением подложки, нам необходимо помнить, что ПК ЛИРА-САПР строит расчетную модель по срединным поверхностям!*

Для понимания конечного файла предлагаю посмотреть готовый файл dxf. сетка триангуляции тоже задана балками. Сетку перекрытия разбиваем из необходимого шага 300х300



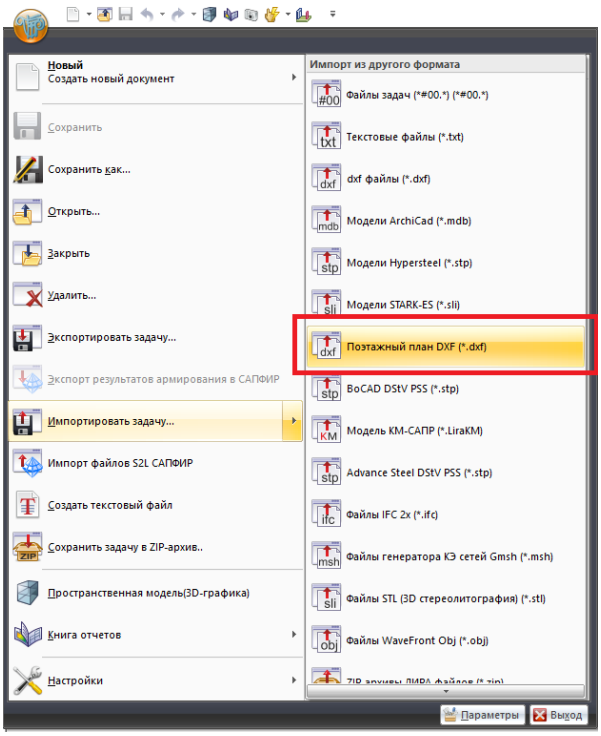
2.2 Экспорт плана фундаментной плиты в ЛИРА-САПР

Экспортировать расчетную схему можно из меню:

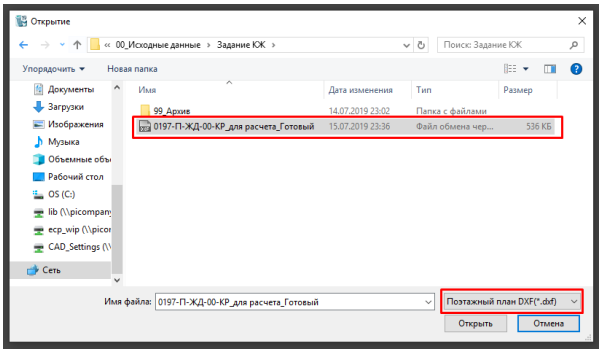
1.Нажмем на значок лиры как показано на рисунке.

2. Выбираем пункт меню «Импортировать задачу».

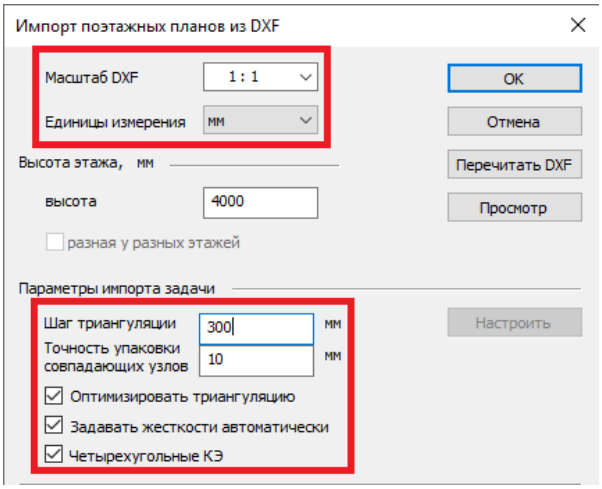
3. Выбираем пункт меню «Поэтажный план DXF».



4. В открывшимся окне переходим по пути, где хранится файл и открываем его.



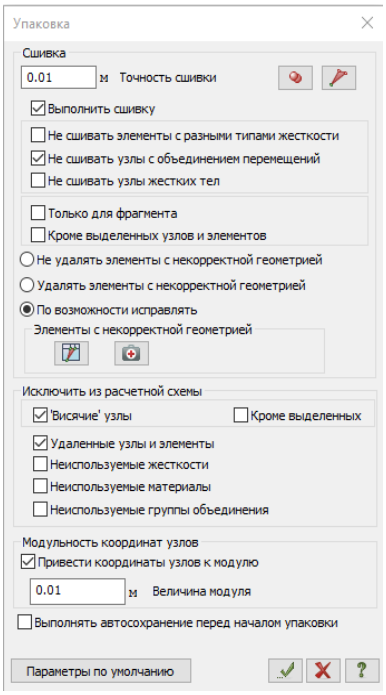
5.В открывшемся окне устанавливаем все параметры, как показано на картинке и нажимаем ОК.



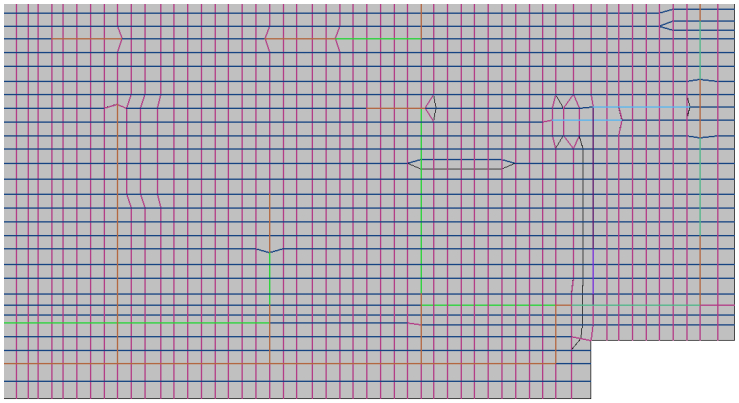
6. Файл ЛИРА-САПР необходимо сохранить файл по всем правилам нейминга (см. Пикипедию)

7. Упаковываем схему:

- *Точность упаковки – 0,01 м*
- *Выполнить сшивку*
- *Не сшивать узлы с объединением перемещений*
- *По возможности исправлять элементы с некорректной геометрией*
- *Висячие узлы*
- *Удаленные узлы и элементы*
- *Неиспользуемые жесткости*
- *Неиспользуемые группы объединения*
- *Выполнять автосохранение*
- *Привести координаты узлов к модулю*



7.1 "Подсвечиваем" жесткости



+

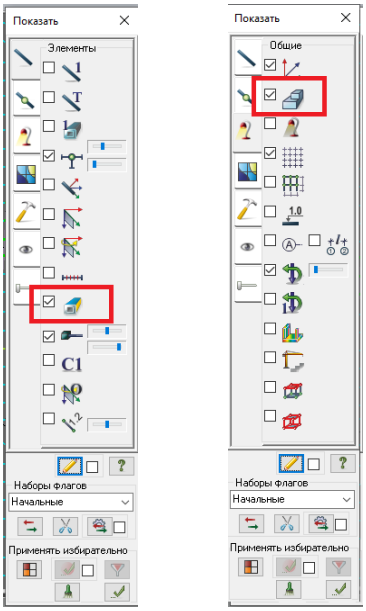
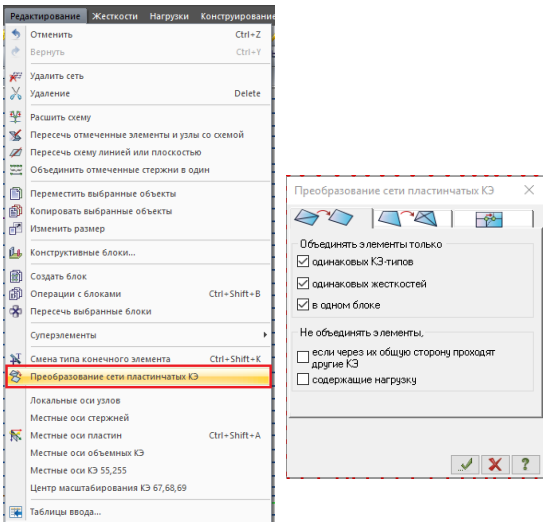


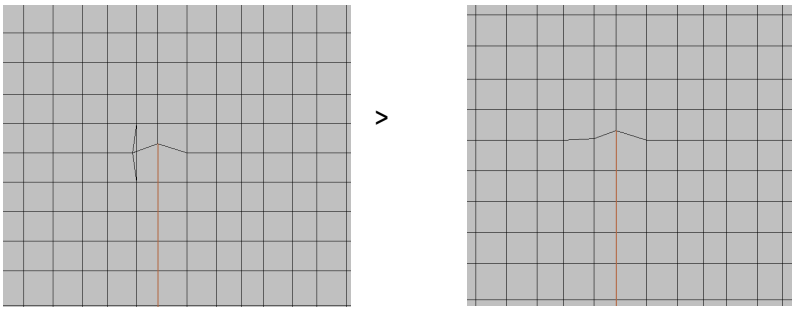
схема станет выглядеть так

7.2 Правим триангуляцию автоматическим методом:

- *выделяем всю схему*
- *заходим в преобразование сети пластинчатых КЭ.*
- *ставим галочки, как на скриншоте*
- *нажимаем - ок*
- *Удаляем триангуляционные направляющие (балки, которыми мы задавали сетку триангуляции)*



7.3 Подчищаем триангуляцию вручную:



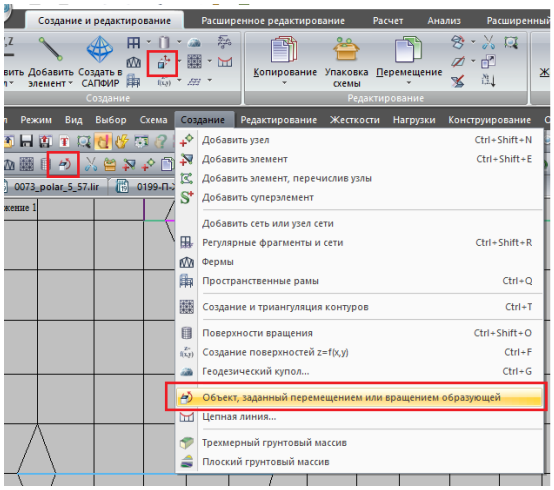
7.4. Делаем повторную сшивку. Работа с планом плиты временно завершена.

2.3 Создание модели

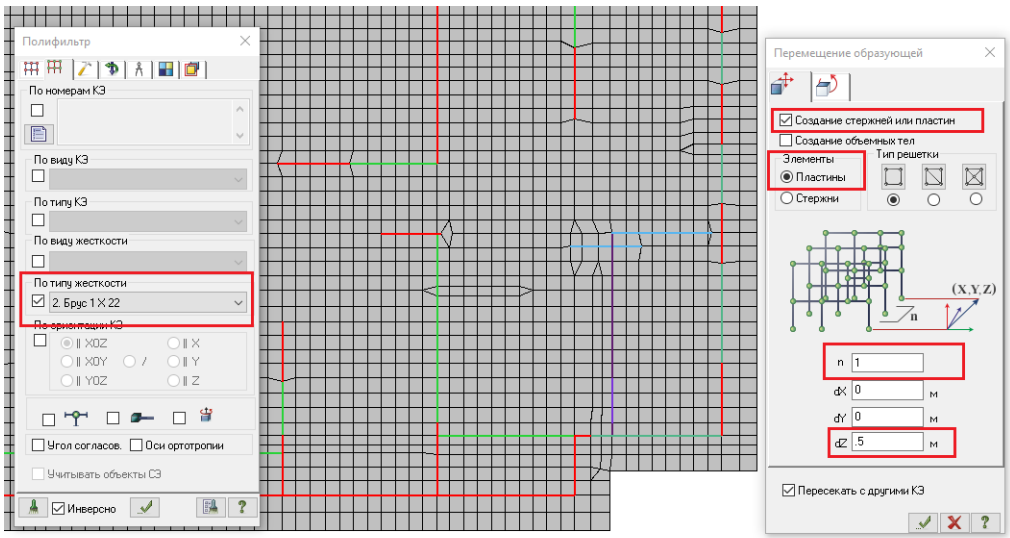
Создание вертикальных пластинчатых элементов выполнять “вытягиванием” стержней.

1. Выбираем стержни будущих стен (мы их задали балками на подложке)

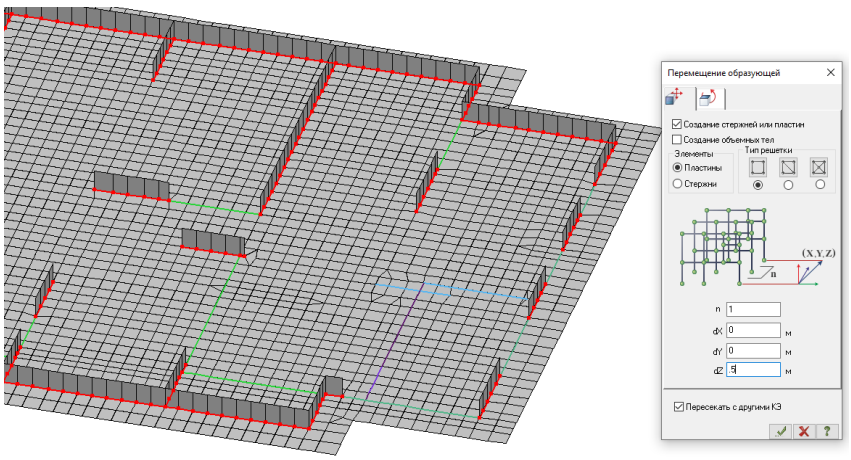
2.Открываем “объект, заданный перемещением образующей”



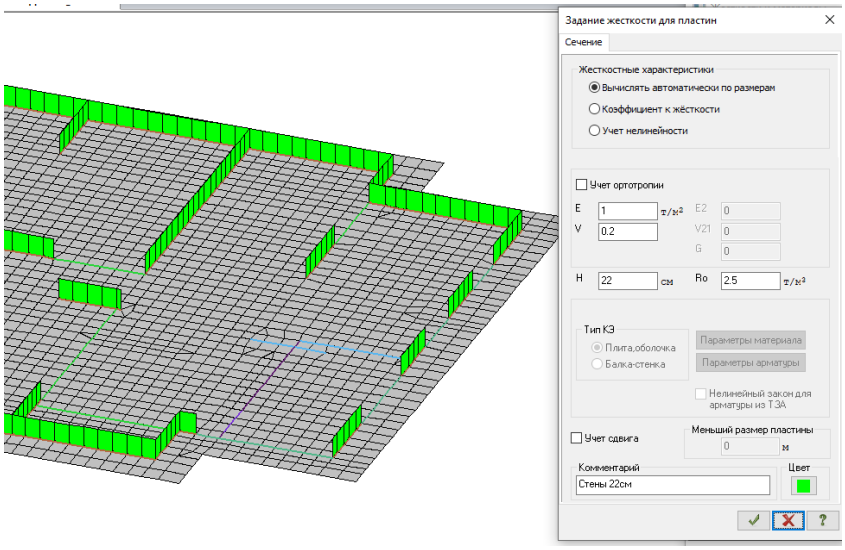
3. Устанавливаем, как указано на рисунке, и жмем ок. В данном примере стержень вытягивается в 1 пластину высотой 0.5 метра. Если указать вместо единицы n=4 и dz=2, то стержень вытянется на 2 метра в высоту, и разделится на 4 пластины.



Должно получиться так.

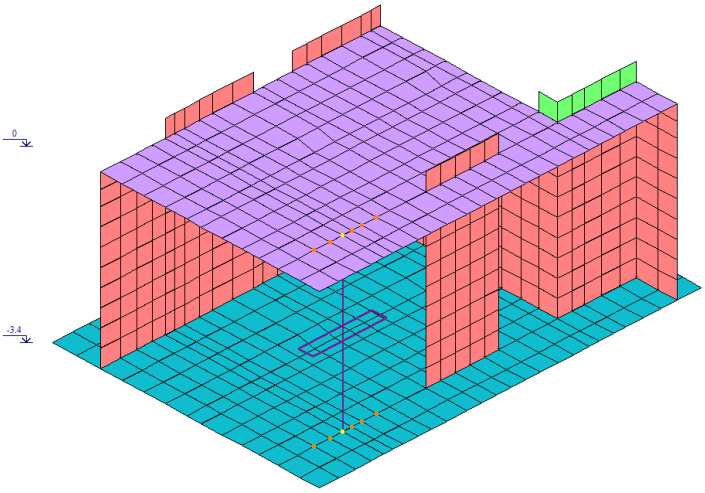


4. Сразу после “вытягивания” назначаем соответствующую жесткость вытянутым пластинам и приступаем к “вытягиванию“ стен следующей толщины.

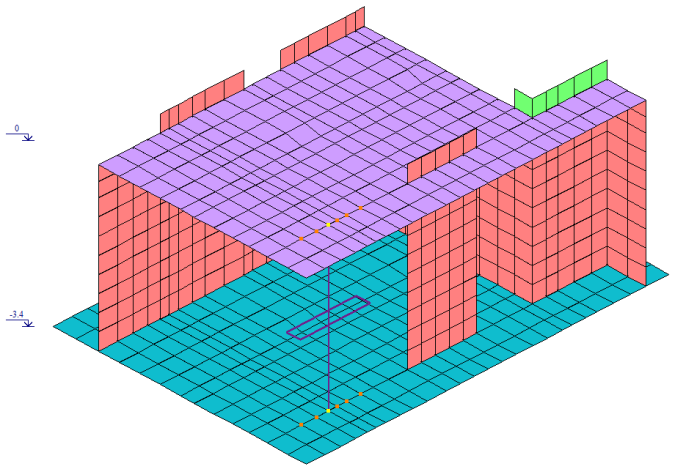


5. Копируем фундаментную плиту на отметку покрытия подвала и удаляем консольные вылеты.

В дальнейшем все перекрытия делаются копированием фундаментной плиты. Именно соответствие узлов в проекции ХОУ у всех перекрытий и нахождение узлов всех вертикальных элементов в одной плоскости ХОУ позволит вам в дальнейшем без труда редактировать схему инструментарием ЛИРА-САПР.



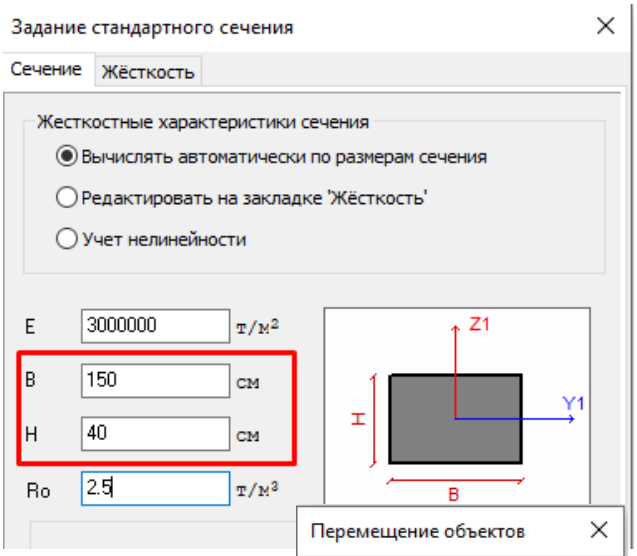
Несомненно, базовую плиту на каждом этаже придется корректировать, добавлять входные группы, балконы и вырезать отверстия сетевые. На возможность безболезненной корректировки в последующем - влияния они не окажут.



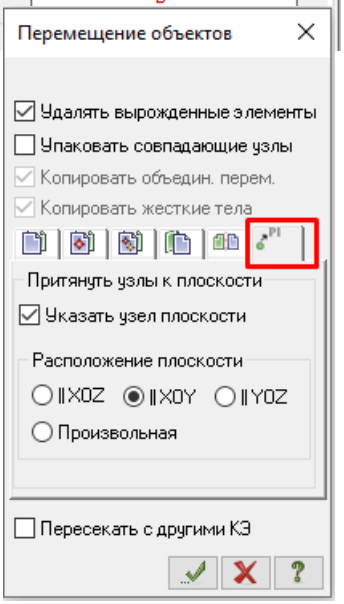
Примечания:

- *У пилонов толщиной до 400мм включительно, моделировать **толщину** пилона через АЖТ не стоит. Так как процесс это трудоемкий, а инженерного смысла не имеет. Моделировать **длину** пилона обязательно.*
- *для достоверного определения напряжений/армирования в простенке/пилоне замоделированном пластинами, он должен состоять не менее чем из 5 пластин вдоль длинной стороны пилона.*

- *Вертикальные элементы с соотношением b/a<4 или $h_{эт}$ /b>3 (a- наименьший размер сечения, b- наибольший размер сечения, $h_{эт}$- высота этажа) необходимо моделировать стержнями. При задании геометрических размеров сечения в параметре H - необходимо указывать наименьшую сторону. В дальнейшем это позволит правильно раскладывать поперечное армирование при локальном расчете.*



- *При создании и корректировке схемы, крайне полезным является инструмент - притянуть к плоскости. Не поленитесь, разберитесь, как он работает. Эта функция есть, как в перемещении, так и в копировании.*

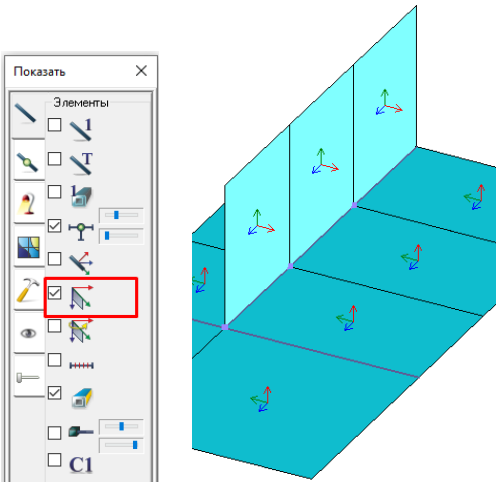


2.4 Выравнивание местных осей пластин

Для работы с расчетной схемой, необходимо выровнять местные оси пластин:

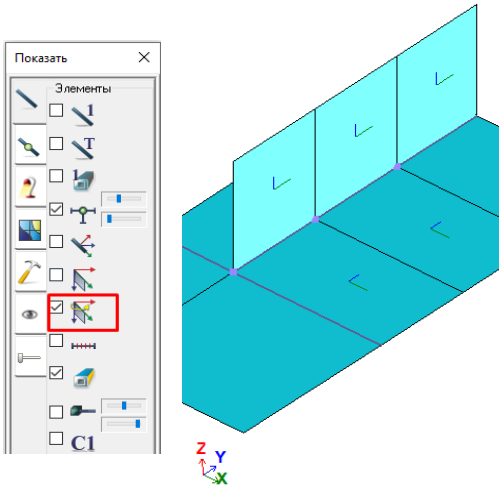
Ось Z1 (красная со стрелочкой).

- *На всех горизонтальных элементах направить вверх. (для правильного направления, нагрузки, знаков прогиба, знаков коэф. постели)*
- *На внешних стенах подземного этажа, направить внутрь здания. (для удобного задания бокового давления грунта)*
- *На всех вертикальных конструкциях сонаправить в любом направлении (для достоверного отражения напряжений)*
- *Оси X и У (синяя и зелёная со стрелочками) не несут смысловой нагрузки.*



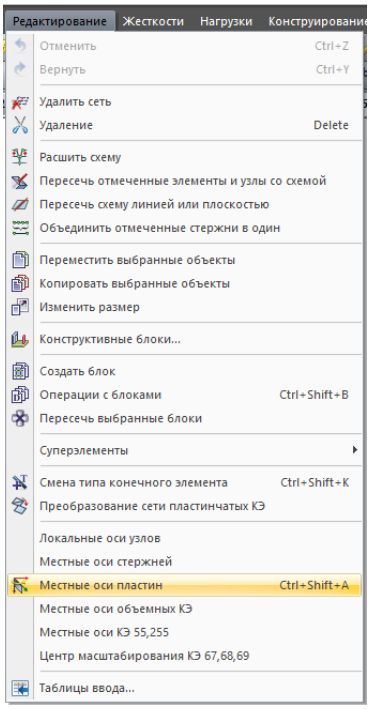
Оси X1 и У1 для результатов (синяя и зелёная без стрелочек)

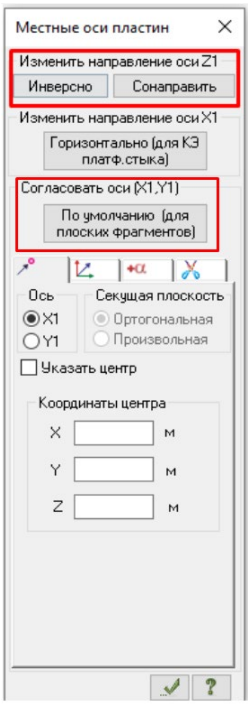
- *На всех горизонтальных элементах сонаправить с глобальными осям.*
- *На вертикальных элементах направляем У1 - вверх (коллегиально в ПИК договорились так)*

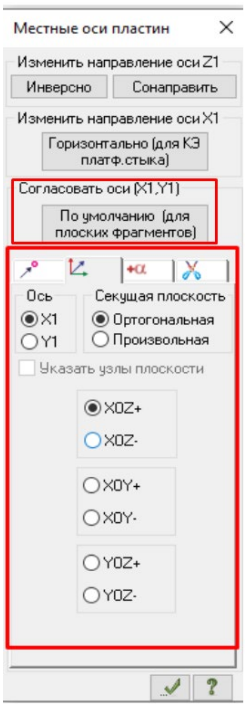


Инструменты для работы с местными осями пластин:

выбор меню местные оси пластин	*корректировка Z1*	*корректировка X1 Y1*

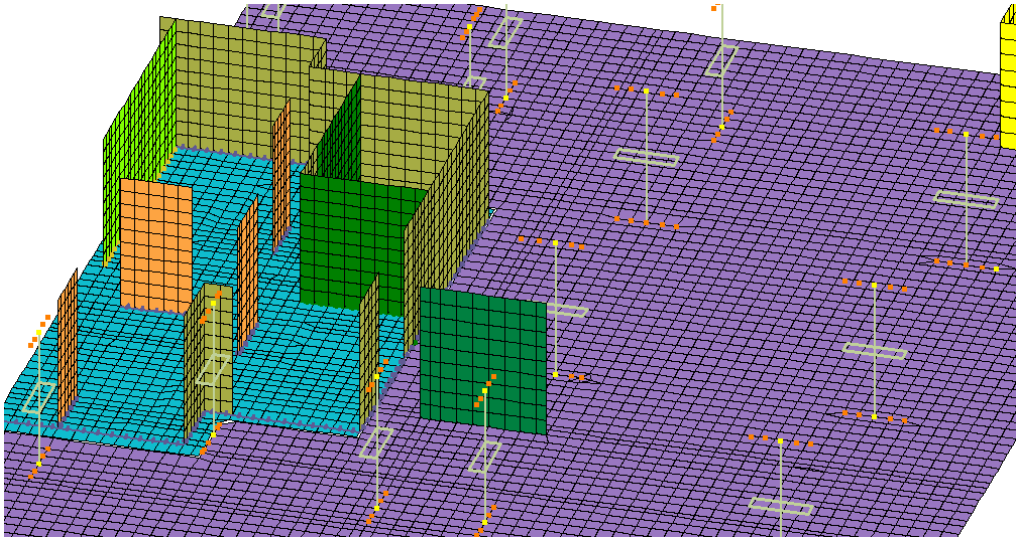






2.5 Корректировка местных осей стержней

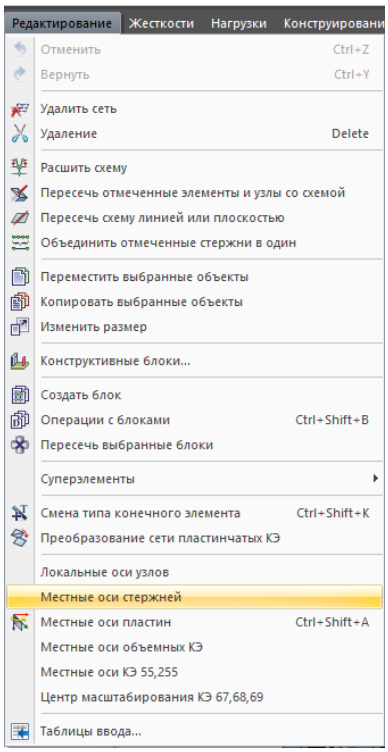
Корректировка местных осей стержней необходима для расположения поперечного сечения стержня согласно проекту.

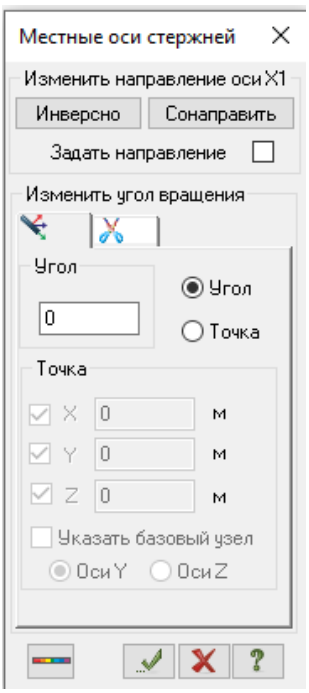


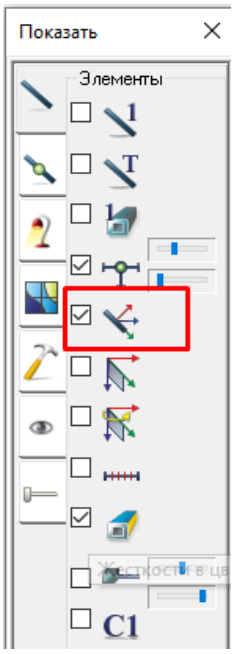
- *В данном случае все пилоны заданы одной жесткостью, а поворот в пространстве задается местными осями.*
- *Можно сонаправить ось X1 параллельно оси Z*

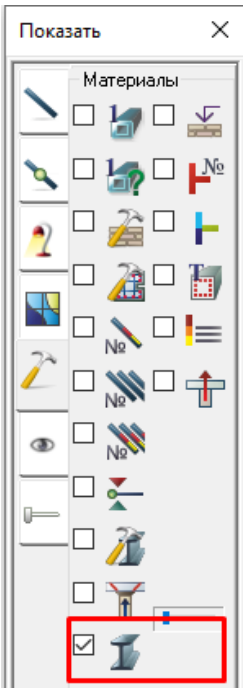
Инструменты для работы с местными осями стержней

меню местные оси стержней	*необходимо указать угол, на который нам необходимо повернуть выбранный стержень*	*выбор отображения местных осей стержней*	*удобное дополнение, отображает сечение стержней, как на скриншоте выше*







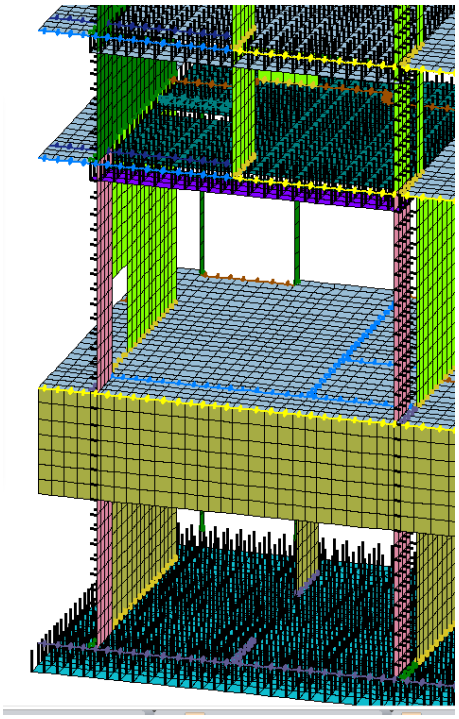


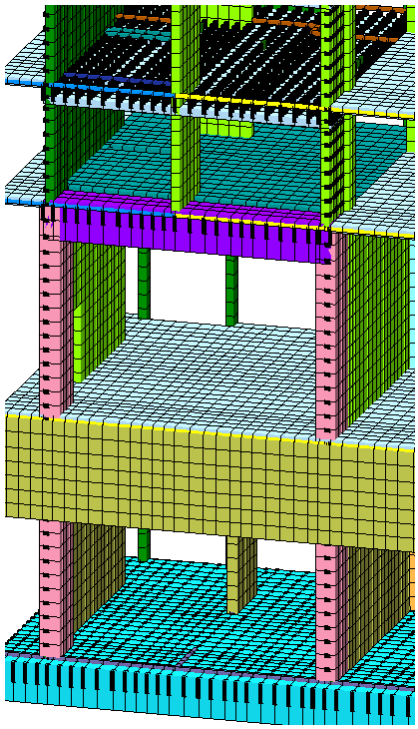
2.6 Жесткие вставки пластин и стержней

Так как программа ведет расчет по срединным плоскостям, то для достоверного моделирования работы конструкций необходимо вводить жесткие вставки, а именно:

- *Стык плит разной толщины (плита покрытия и капители);*
- *Плита перекрытия и балка, заданная стержнем;*
- *Стены разной толщины, у которых присутствует смещение срединной плоскости;*
- *Фундаментная плита.*

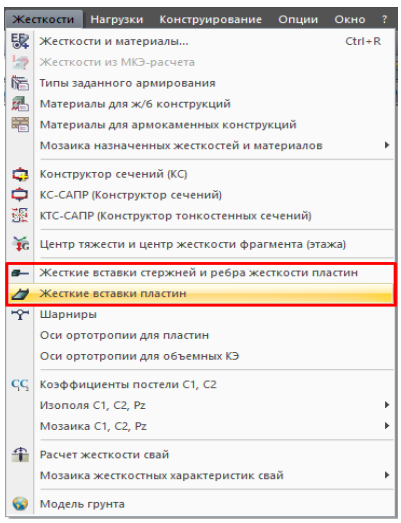
Как это выглядит в модели	*Как это выглядит в 3Д и участвует в расчете.*

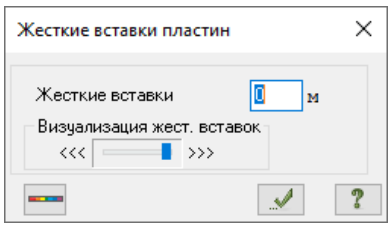


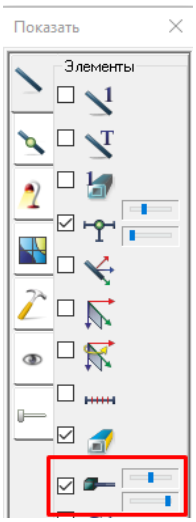


Инструменты для работы с жесткими вставками.

Меню жесткие вставки стержней и жесткие вставки пластин	*Необходимо указать смещение срединной плоскости. Правильность смещения можно оценить на 3Д виде схемы.*	*Отображение жестких вставок пластин на схеме.*



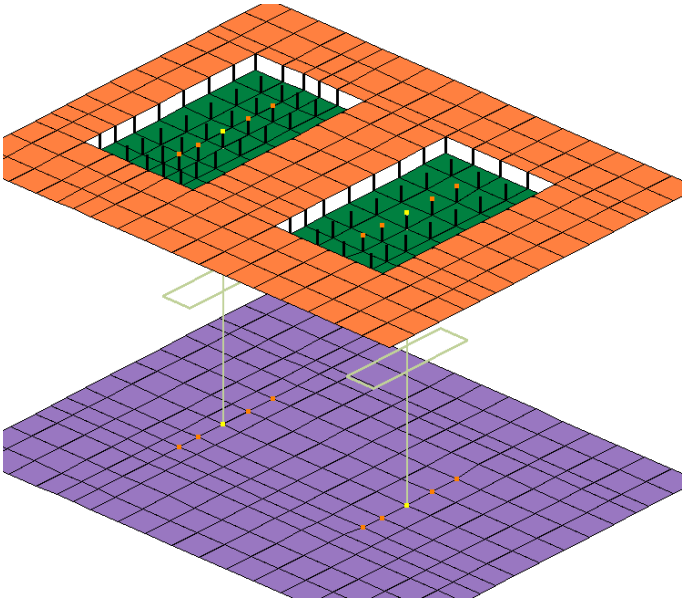




2.7 Абсолютно жесткие тела

Абсолютно жестких тел в природе нет, а большая жесткость не значит бесконечная, данный инструмент надо использовать предельно аккуратно. В проектировании монолитного жилья использовать рекомендуется при:

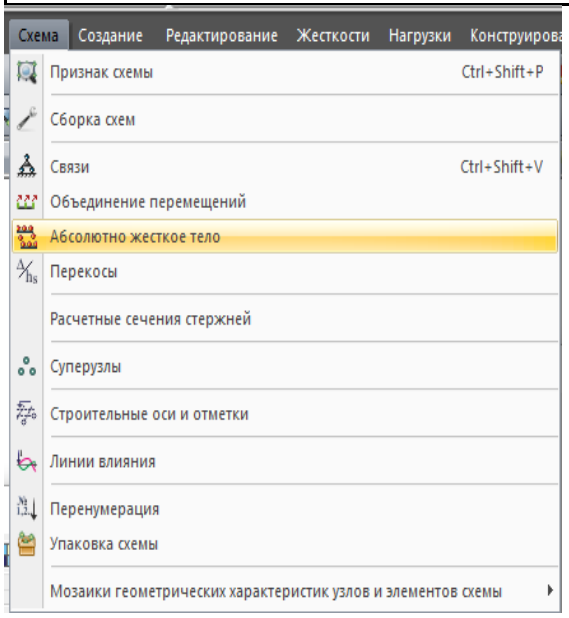
- *Моделировании стыка стержневого элемента с пластинами при величине грани стержневого элемента более 400 мм;*

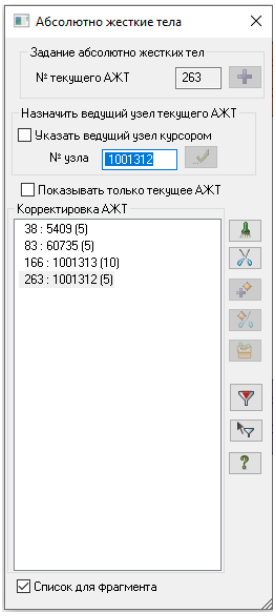


Базовый узел всегда должен принадлежать стержню

Инструменты для работы с АЖТ.

Меню абсолютно жесткое тело	*Создание и управление АЖТ*

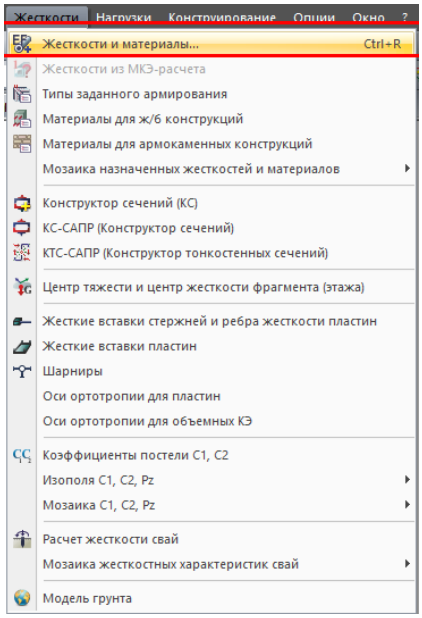


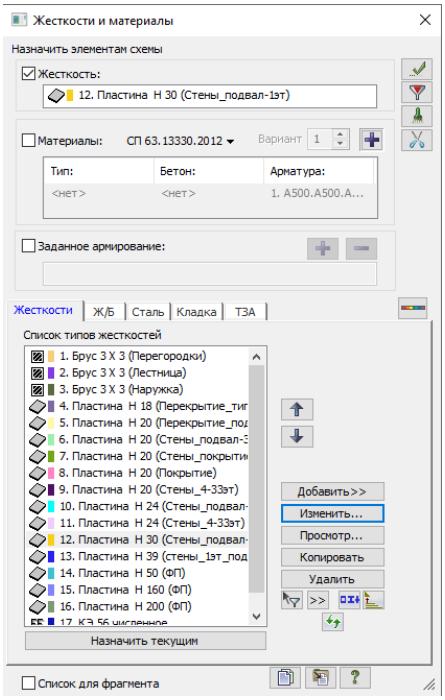


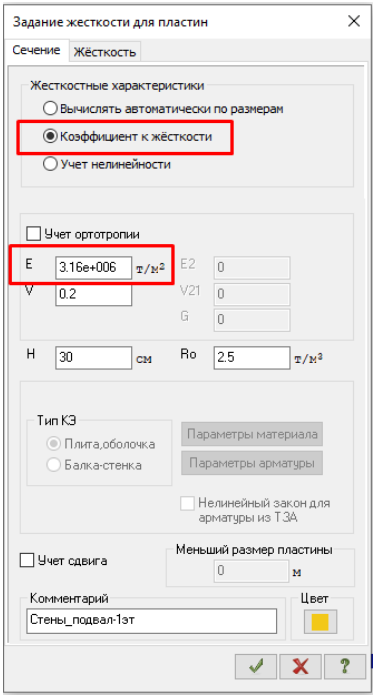
2.8 Жесткости

Одно из наиболее часто используемых меню. Добавляем оболочки соответствующей толщины с начальными не пониженными модулями упругости согласно принятой марке бетона, с разделением на вертикальные и горизонтальные конструкции.

жесткости и материалы	*создание и редактирование*	*задание жесткости пластин*







3. Основание

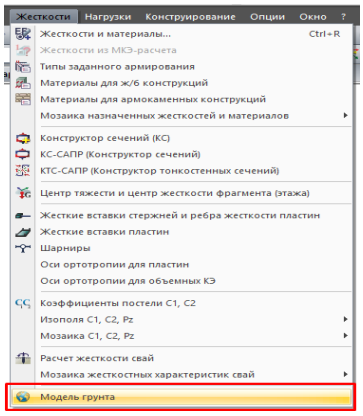
3.1 Раскрепление по X и У

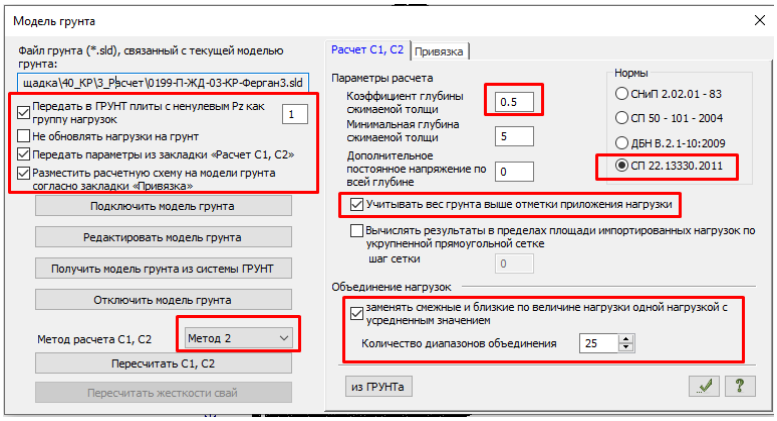
*Для исключения геометрически изменяемости системы, основание необходимо закрепить по осям X и У, наиболее достоверное моделирование трения о грунт выполняется КЭ56 с жесткостями по X и У 35т/м. Методология определения жесткости КЭ56 заключается в принятии бокового трения в 0.7*С1. При среднем С1- 400т/м^3 и сетке триангуляции 300х300 (приблизительно 9-12 узлов на м^2) получаем 400/11.5 =35 т/м. Разницы в результатах при изменении жесткости КЭ56 по X и У от 15т/м до 90т/м не замечено*

3.2 ЛИРА-ГРУНТ

Инструментом для определения жесткостных характеристик основания является модуль ГРУНТ

Модель грунта	*Параметры в красных рамках должны быть такими*

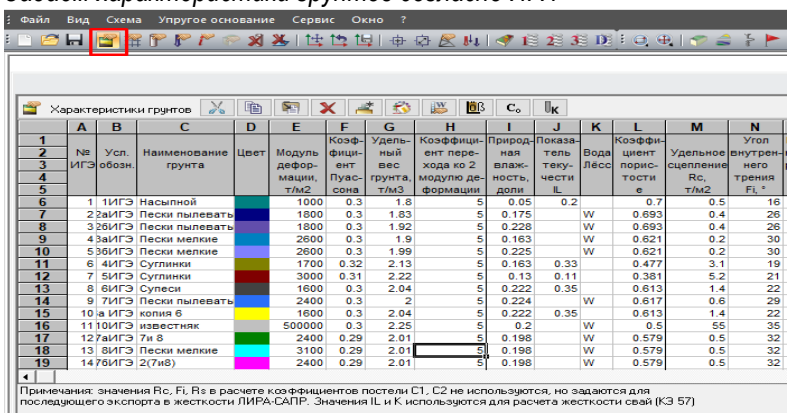




- *Метод 2 - вычисляет результаты аналогичные Plaxis 2D и 3D, а также это единственный “легальный” метод по СП.*

3.2.1 Характеристики уникальных ИГЭ

Задаем характеристики грунтов согласно ИГИ



№ ИГЭ	Усл. обозн.	Наименование грунта	Цвет	Модуль дефор-мации, т/м2	Коэф-фици-ент Пуас-сона	Удель-ный вес грунта, т/м3	Коэффици-ент пере-хода ко 2 модулю де-формации	Природ-ная влаж-ность, доли	Показа-тель теку-чести IL	Вода Лёсс	Коэффи-циент порис-тости e	Удельное сцепление Rc, т/м2	Угол внутрен-него трения Fi, °
1	1ИГЭ	Насыпной		1000	0.3	1.8	5	0.05	0.2		0.7	0.5	16
2	2аИГЭ	Пески пылевать		1800	0.3	1.83	5	0.175		W	0.693	0.4	26
3	2бИГЭ	Пески пылевать		1800	0.3	1.92	5	0.228		W	0.693	0.4	26
4	3аИГЭ	Пески мелкие		2600	0.3	1.9	5	0.163		W	0.621	0.2	30
5	3бИГЭ	Пески мелкие		2600	0.3	1.99	5	0.225		W	0.621	0.2	30
6	4ИГЭ	Суглинки		1700	0.32	2.13	5	0.163	0.33		0.477	3.1	19
7	5ИГЭ	Суглинки		3000	0.31	2.22	5	0.13	0.11		0.381	5.2	21
8	6ИГЭ	Супеси		1600	0.3	2.04	5	0.222	0.35		0.613	1.4	22
9	7ИГЭ	Пески пылевать		2400	0.3	2	5	0.224		W	0.617	0.6	29
10	а ИГЭ	копия 6		1600	0.3	2.04	5	0.222	0.35		0.613	1.4	22
11	10ИГЭ	известняк		500000	0.3	2.25	5	0.2		W	0.5	55	35
12	7аИГЭ	7и 8		2400	0.29	2.01	5	0.198		W	0.579	0.5	32
13	8ИГЭ	Пески мелкие		3100	0.29	2.01	5	0.198		W	0.579	0.5	32
14	7бИГЭ	2(7и8)		2400	0.29	2.01	5	0.198		W	0.579	0.5	32

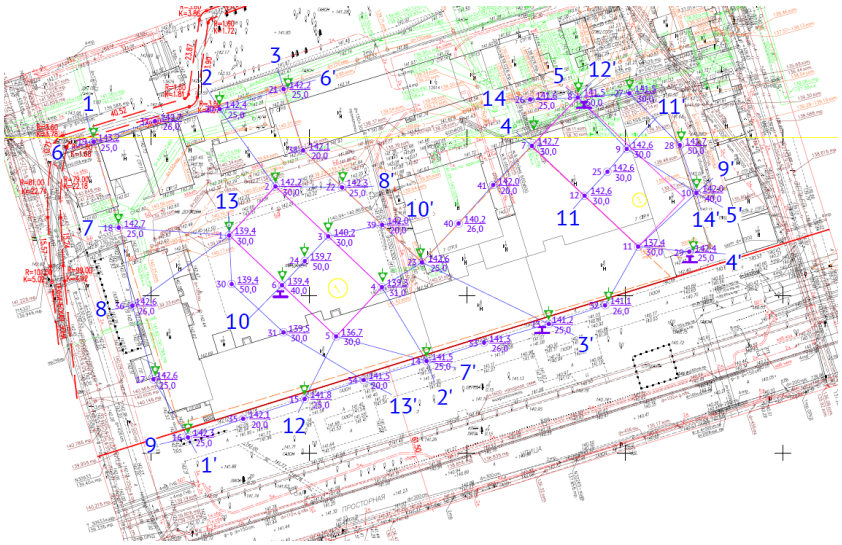
Коэффициент Пуассона принимаем согласно Таблице 5.10 СП 22.13330.2016

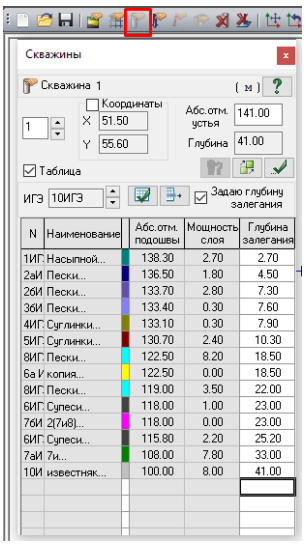
Грунты	*Коэффициент поперечной деформации*
Крупнообломочные грунты	*0,27*
Пески и супеси	*0,30 - 0,35*
Суглинки	*0,35 - 0,37*
Глины при показателе текучести IL:	
IL <= 0	*0,20 - 0,30*
0 < IL <= 0,25	*0,30 - 0,38*
0,25 < IL <= 1	*0,38 - 0,45*
Примечание - Меньшие значения применяют при большей плотности грунта.	

- *Удельный вес грунта указывается без учета взвешивающего действия воды.*
- *Если УГВ пересекает ИГЭ, то он разделяется на 2 ИГЭ водонасыщенный и нет.*
- *Переход ко вторичному модулю деформации может иметь отличные значения от 5, если значения вторичного модуля деформации приведены в данных ИГИ.*
- *Использовать таблицу 5.10 возможно, если данные по коэффициенту Пуассона не приведены в данных ИГИ.*

3.2.2 Создание плана скважин

Создавая план скважин, не забываем, что на генплане оси ХУ повернуты на 90 градусов относительно осей в ЛИРА-ГРУНТ



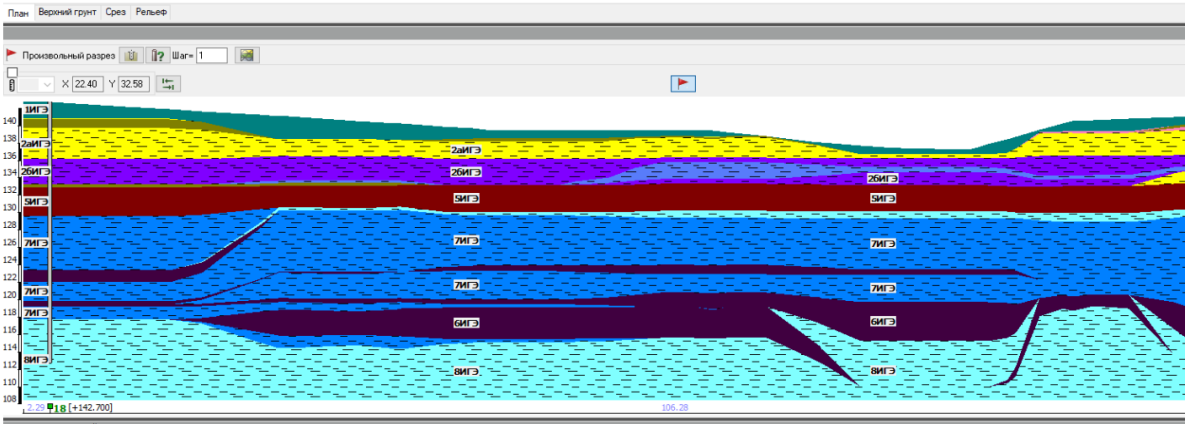


N	Наименование	Абс.отм. подошвы	Мощность слоя	Глубина залегания
1ИГ	Насыпной...	138.30	2.70	2.70
2аИ	Пески...	136.50	1.80	4.50
2бИ	Пески...	133.70	2.80	7.30
3бИ	Пески...	133.40	0.30	7.60
4ИГ	Суглинки...	133.10	0.30	7.90
5ИГ	Суглинки...	130.70	2.40	10.30
8ИГ	Пески...	122.50	8.20	18.50
6а И	копия...	122.50	0.00	18.50
8ИГ	Пески...	119.00	3.50	22.00
6ИГ	Супеси...	118.00	1.00	23.00
7бИ	2(7и8)...	118.00	0.00	23.00
6ИГ	Супеси...	115.80	2.20	25.20
7аИ	7и...	108.00	7.80	33.00
10И	известняк...	100.00	8.00	41.00

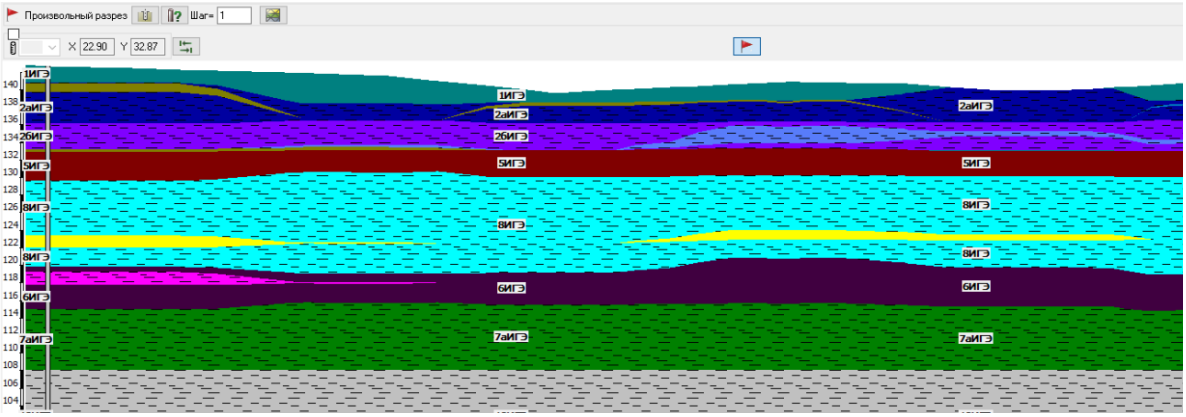
Выбираем произвольную точку на плане скважин принимаем её центром координат, и расстояние от данной точки до скважины по направлениям X и У в метрах и будут координатами скважины. Расставляем скважины по координатам, задаем в каждой скважине хотя бы по 1 грунту и нажимаем - сохранить. (если расставить пустые скважины (без хотя бы одного ИГЭ) по координатам и нажать кнопку сохранить, ЛИРА-ГРУНТ вылетит без сохранения всех скважин. Создаем

3.2.3 Создание модели грунта

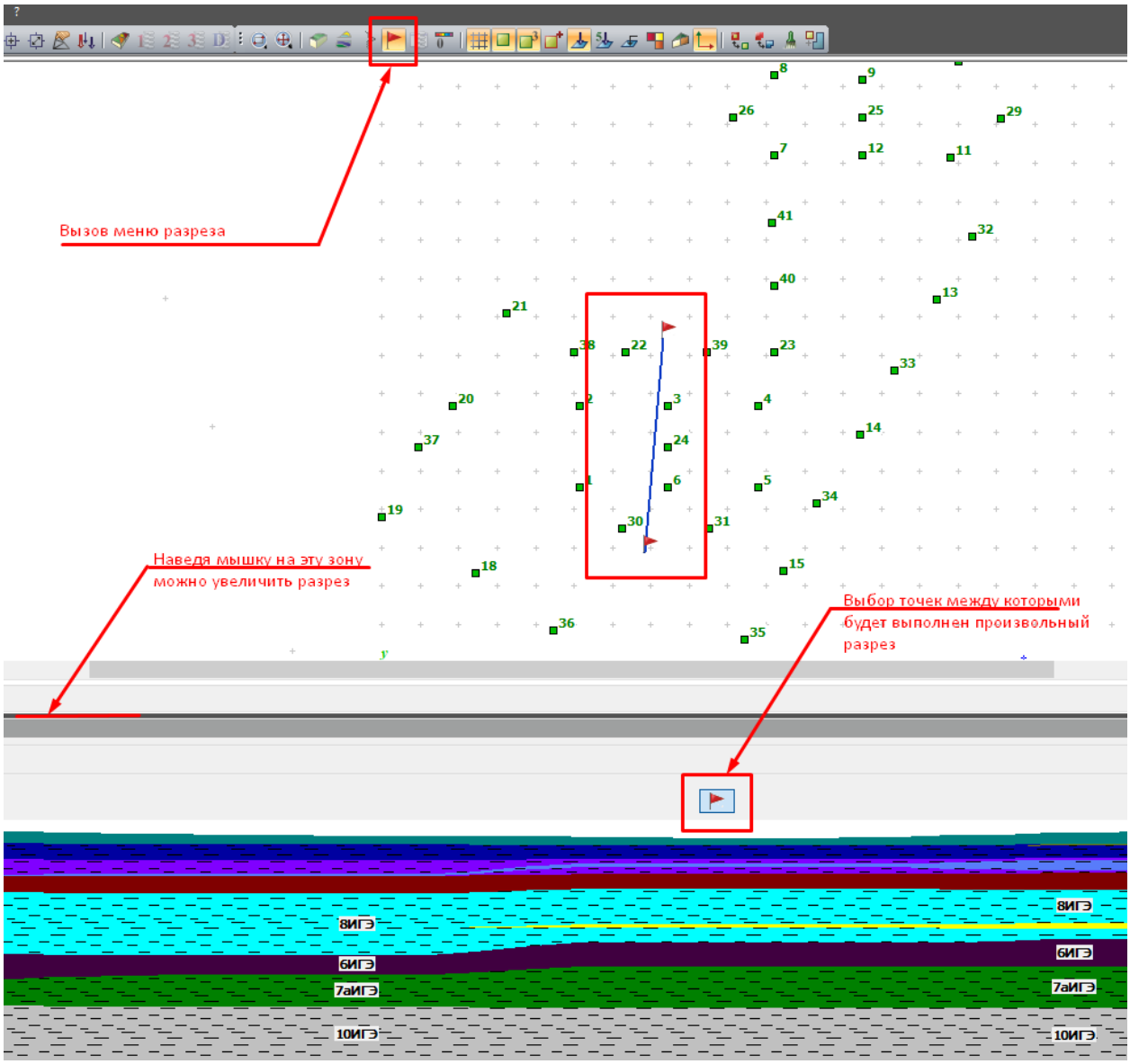
Из-за особенностей алгоритмов программы, при простом копировании состава скважин, модель грунта с большой вероятностью получится такой:



при правильном виде данного разреза вот таком



Недостоверность модели грунта можно увидеть на произвольном разрезе, посмотреть его можно так:



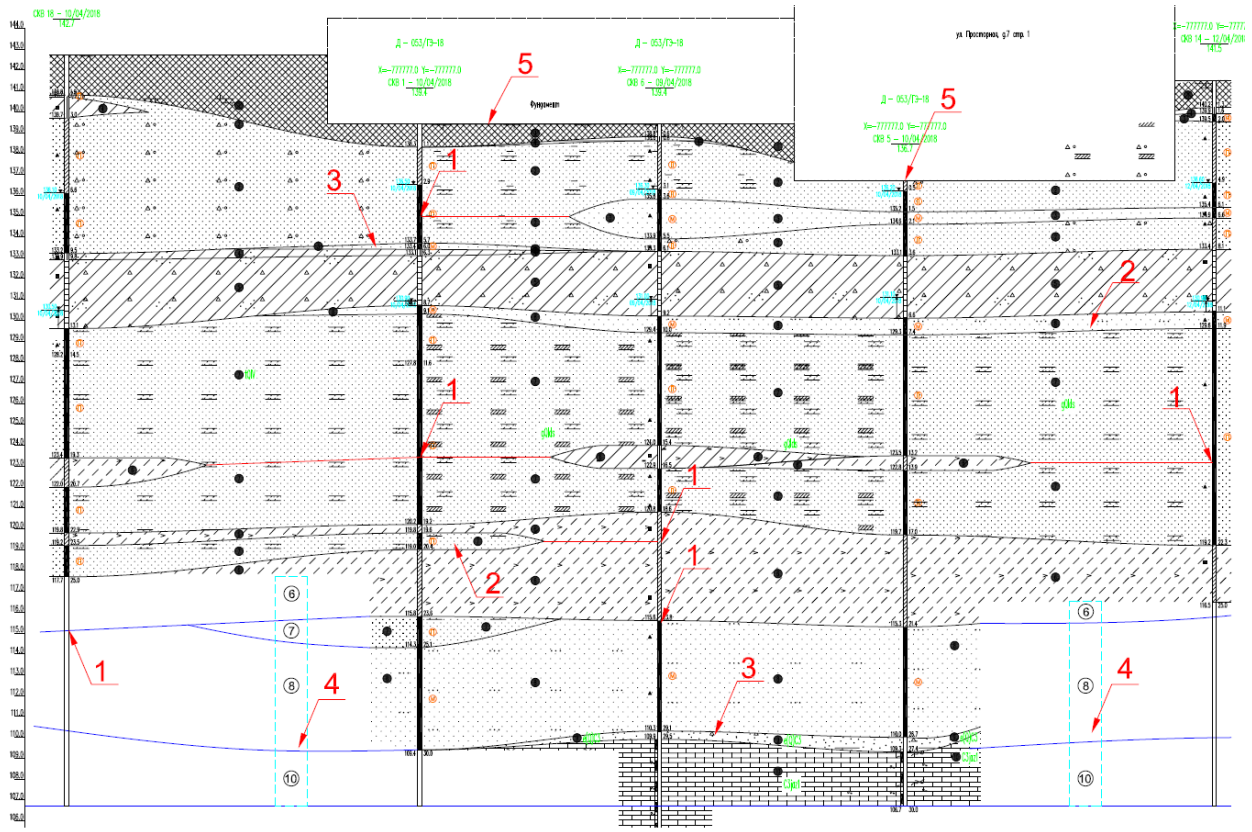
3.2.4 Работа с разрезами ИГИ

Для приведения модели грунта в соответствие с разрезами ИГИ разработано несколько инструментов:

- *Зануление ИГЭ. В скважинах, окружающих линзу, добавляется слой линзового ИГЭ мощностью 0.*
- *Добавление клонов ИГЭ в модели. Используется для разделения водонасыщенного грунта и нет, в случае пересечения на одной глубине одного ИГЭ массой линз лучше разделить ИГЭ на верхний и нижний, в случае нескольких разнесенных слоев одного ИГЭ.*
- *Исключение из модели тонких прослоек ИГЭ на большой глубине. При наличии на большой глубине тонкой прослойки ИГЭ с характеристиками близкими к окружающим его ИГЭ, лучше исключить его из модели, чем переусложнять её. Данный пункт выполнять надо осознанно и ответственно.*

Они не аксиоматичны, если у вас будут ещё какие-либо дополнительные методы, или вы не посчитаете нужным использовать какой-то описанный тут инструмент - это ваше право, необходимо достичь соответствия модели грунта отчету ИГИ.

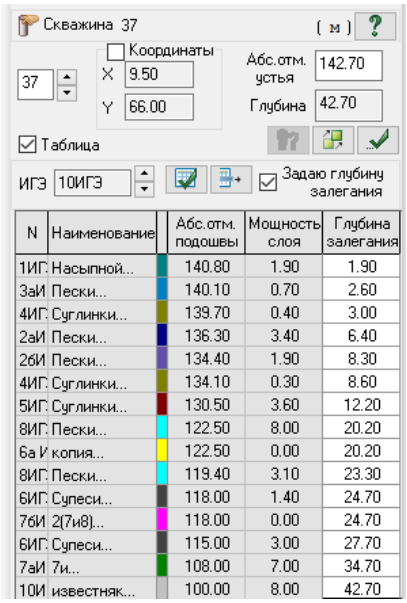
Рассмотрим на одном разрезе набор необходимых действий.



1) *Добавление в скважину, граничащую с линзой, нулевую толщину линзируемого слоя.*
2) *При наличии нескольких разнесенных слоев одного ИГЭ, в модели необходимо задавать их разными ИГЭ с одинаковыми характеристиками (это сильно упростит окончательную отладку модели)*
3) *Исключение из модели тонкой прослойки у поверхности или средней прослойки в заключительной зоне сжимаемой толщи. Торф удалять нельзя.*
4) *Приведение всех скважин к одной глубине и одному нижнему слою (в данном случае известняк) с аппроксимацией неизвестных данных. Модуль ГРУНТ в любом случае это сделает - лучше, чтобы это сделал инженер, а не некий алгоритм.*
5) *При наличии в зоне строительства существующих зданий с плитным фундаментом, необходимо не забывать про выполненное зданием уплотнение грунтов основания. В данном случае необходимо повысить отметку насыпного грунта скважины до такой отметки, чтобы бытовое давление грунта было равно давлению существующего здания на подошву фундамента.*
6) *Выполнять корректировку модели грунта, выше подошвы фундаментов нет необходимости, так как в расчете будет использоваться только собственный вес ИГЭ - выше подошвы фундамента, а эта характеристика очень схожа у всех грунтов.*

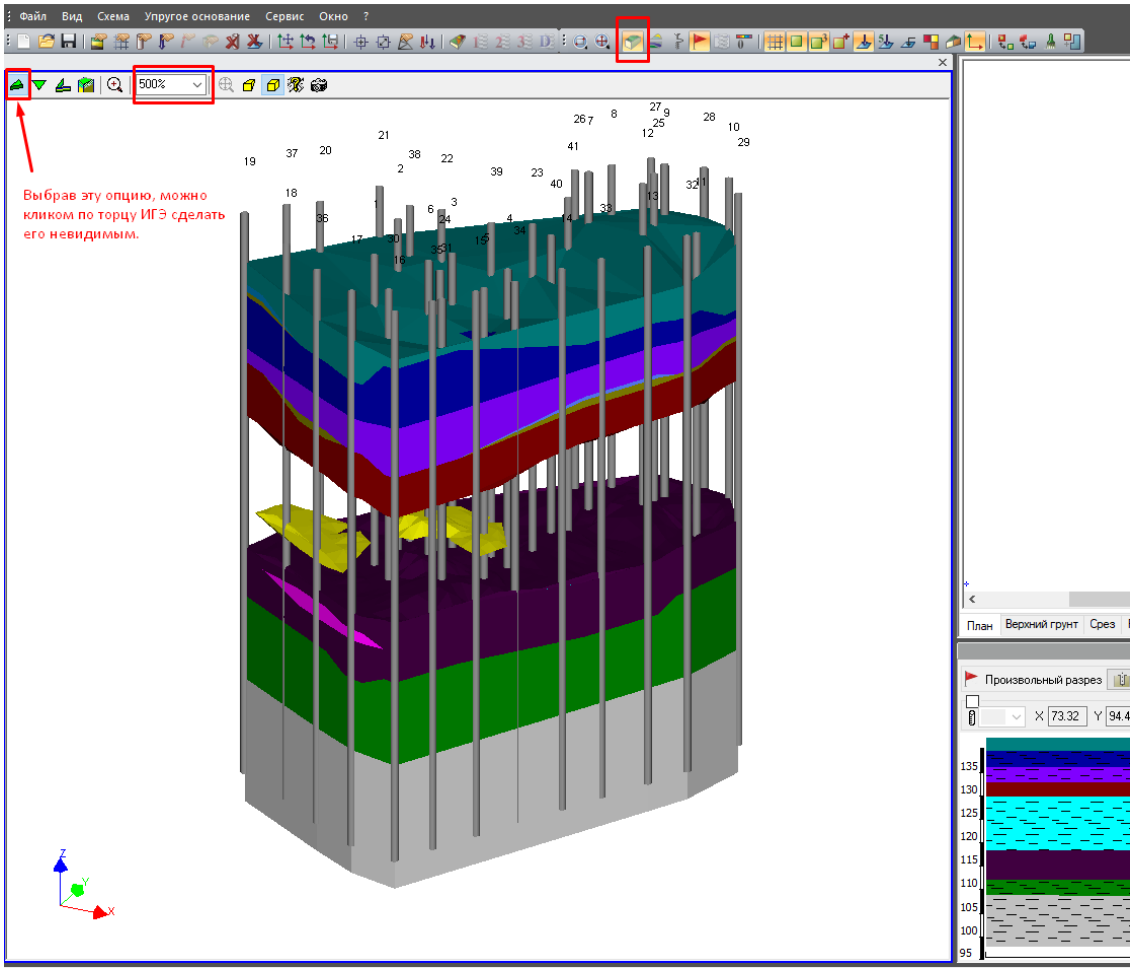
3.2.5 Создание корректных скважин и контроль корректности грунта

По результатам работы получаются примерно вот такие скважины



N	Наименование	Абс.отм. подошвы	Мощность слоя	Глубина залегания
1ИГ	Насыпной...	140.80	1.90	1.90
3аИ	Пески...	140.10	0.70	2.60
4ИГ	Суглинки...	139.70	0.40	3.00
2аИ	Пески...	136.30	3.40	6.40
2бИ	Пески...	134.40	1.90	8.30
4ИГ	Суглинки...	134.10	0.30	8.60
5ИГ	Суглинки...	130.50	3.60	12.20
8ИГ	Пески...	122.50	8.00	20.20
6а И	копия...	122.50	0.00	20.20
8ИГ	Пески...	119.40	3.10	23.30
6ИГ	Супеси...	118.00	1.40	24.70
7бИ	2(7и8)...	118.00	0.00	24.70
6ИГ	Супеси...	115.00	3.00	27.70
7аИ	7и...	108.00	7.00	34.70
10И	известняк...	100.00	8.00	42.70

Проверку окончательной правильности модели удобно проверять на 3D виде

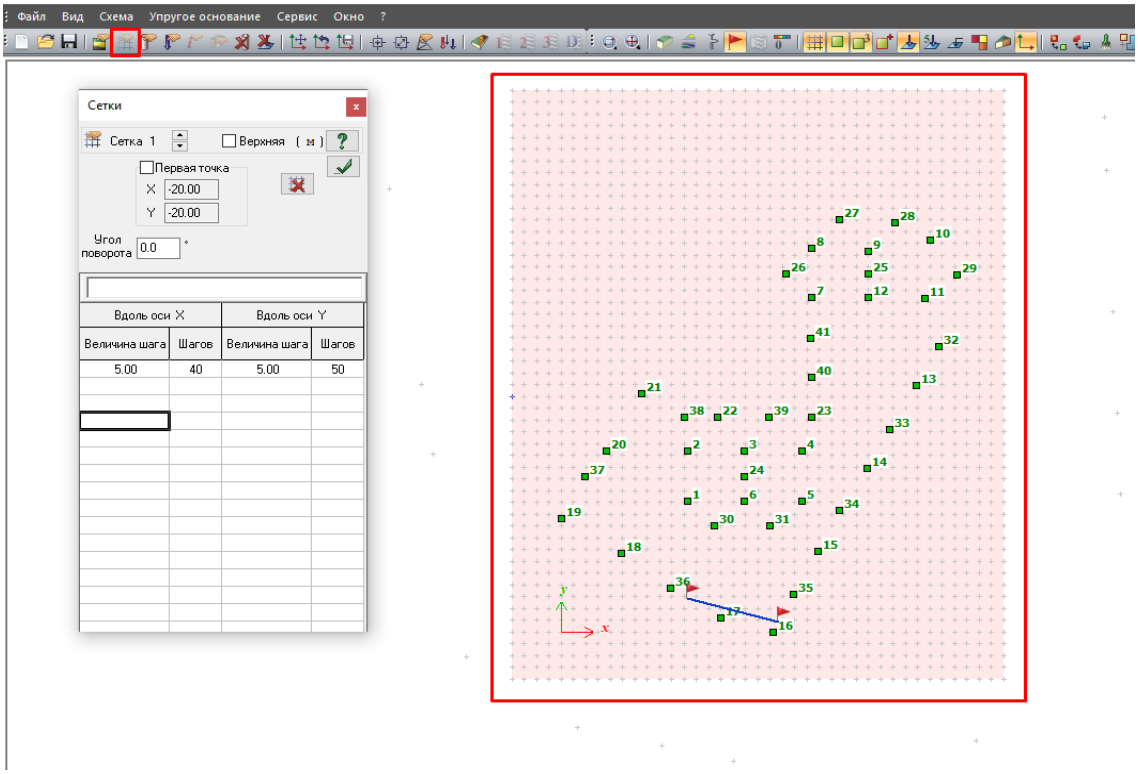


Вращение модели выполняется “стрелочками” на клавиатуре.

После приведения модели грунта в соответствие с отчетом ИГИ - переходим к следующему пункту.

3.2.6 Создание сетки

Создаем сетку с таким условием, чтобы от краевых скважин до края сетки было не менее 20 метров

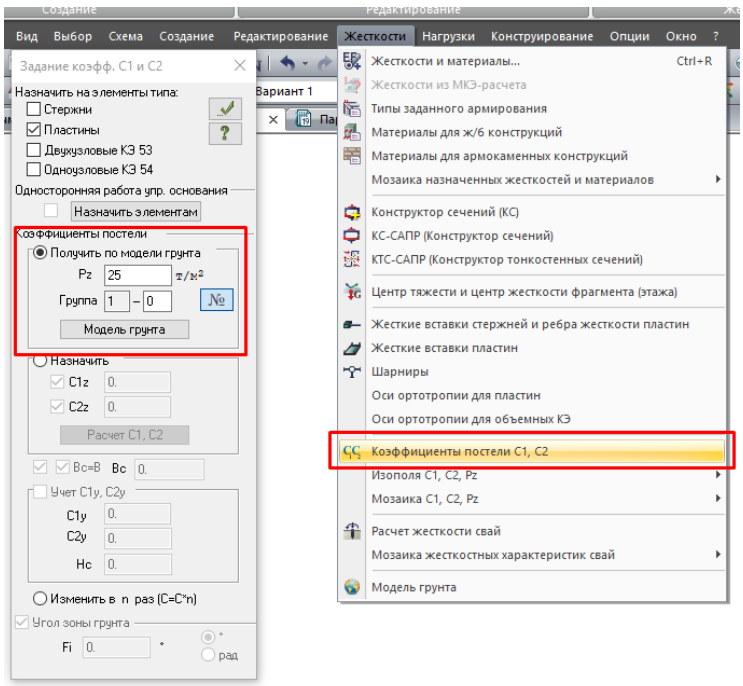


После создания сетки, закрываем ЛИРА-ГРУНТ.

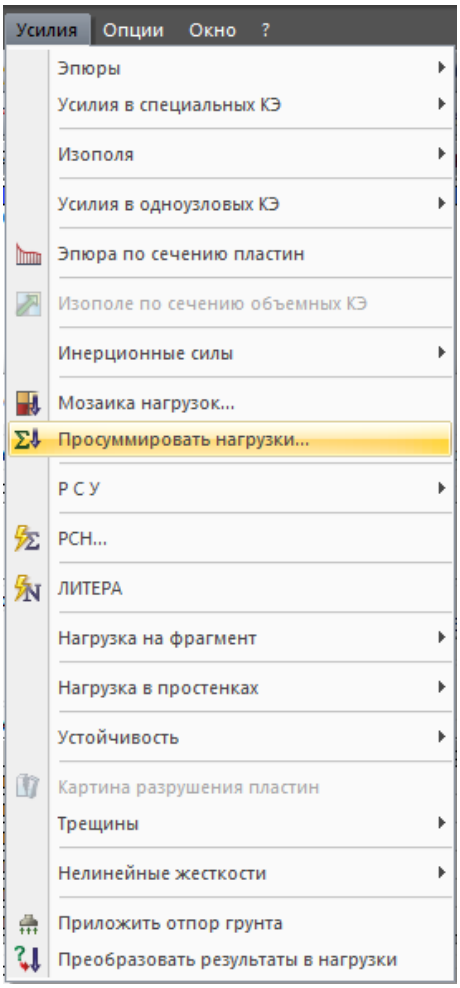
3.2.7 Ввод начального давления на подошву фундамента

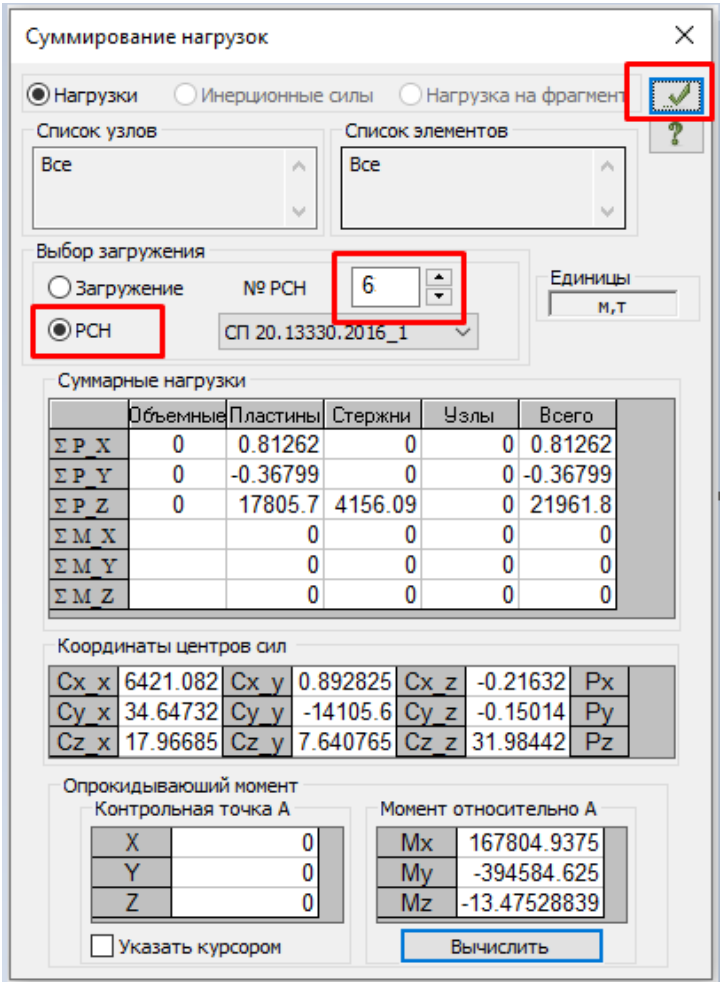
К данному этапу необходимо приступать после задания нагрузок на всю схему

Выбираем все элементы фундаментной плиты здания. Выбираем меню “Коэфф. постели” и задаем среднее давление на подошву фундамента. Если деф. блоков в модели - несколько, лучше задавать Pz отдельно, разбивая на группы нагрузок.



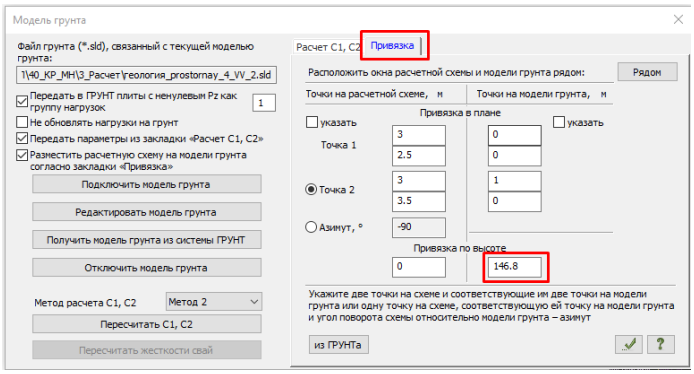
Чем точнее будет задано среднее давление под подошвой, тем меньше итераций потребуется при расчете. Максимально достоверно, собрать нагрузки из РСН6 (норм. без ветра) и поделить общую нагрузку по Z на площадь фундаментной плиты.





3.2.8 Посадка модели на план скважин

Закладка расположена в правой части диалогового окна. Здесь могут быть выполнены действия по приведению в пространственное соответствие расчетной схемы с моделью грунта.



Для расположения обеих программ с открытыми окнами документов расчетной схемы и модели грунта предназначена кнопка Рядом.

Для увязки координат расчетной схемы и модели грунта в плане реализованы следующие возможности:

1. *Привязка по двум точкам. Ввести в поля ввода слева и справа две координаты X и Y расчетной схемы (слева) и модели грунта (справа). При этом радио-кнопка Точка 2 нажата, а флажки Указать не установлены.*

2. *Привязка по одной точке и азимуту. Радио-кнопка Азимут нажата, а радио-кнопка Точка 2 не нажата. Ввести в поле ввода слева координаты точки 1, а для точки 2 ввести величину угла в градусах.*

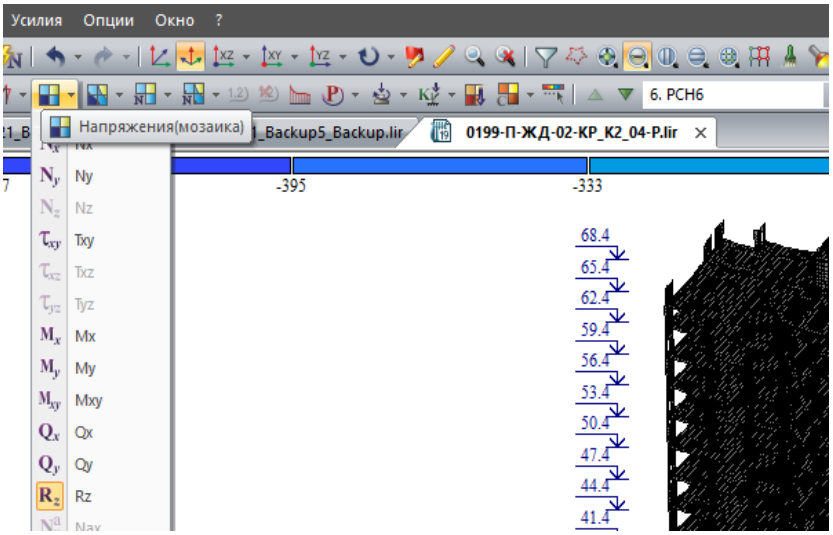
3. *При одном (левом или правом) или обоих установленных флажках указать, просто отметить на расчетной схеме и на модели грунта два соответствующих узла.*

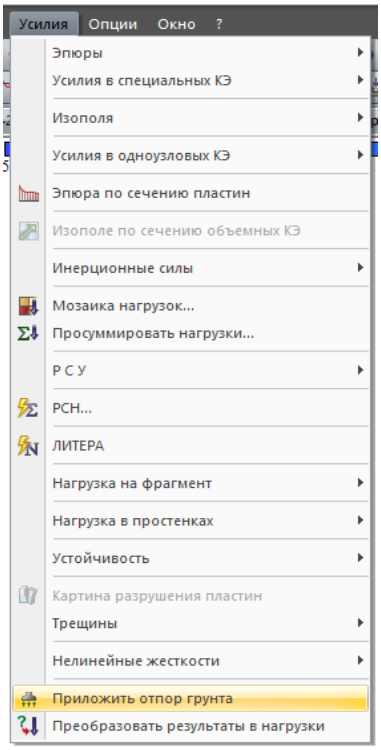
4. *В поле ввода привязки по высоте расчетной схемы автоматически вносится наименьшая аппликата расчетной схемы. Требуется в поле ввода привязки по высоте внести соответствующую аппликату в системе ГРУНТ.*

3.2.9 Приложение отпора грунта - итерационный расчет

Данный этап необходимо выполнять после первого полного расчета схемы.

В дальнейшем, после полной сборки и нагружения расчетной схемы. После первого полного расчета, необходимо итерационно определить итоговые коэф. постели. Для этого после расчета необходимо включить нормативный РСН6, сделать активным мозаику Rz и приложить отпор грунта.





Признаком окончания итерационного расчета означает расхождение между Pz и Rz 5-10%.

Больше 5 итераций использовать не рекомендуется, так как можно досчитаться до “геометрической нелинейности грунта” в четных расчетах будет одна картина мозаик С1 в нечётных иная с увеличивающимся расхождением с каждым пересчетом. Итерационный расчет необходимо останавливать до начала подобных явлений.

3.3 Сваи

Свайные фундаменты моделируем КЭ56 и жесткостью по Rz, за жесткостями обращаемся в отдел ГТО

4. Нагрузки

4.1 Таблица загружений

*Во всех расчетных схемах, таблица загружений **всегда**, должна выглядеть, как приведенная ниже*

№ n/n	Имя загружения	Вид нагрузки	Перечень нагрузок входящих в состав загружения	Доля длительности	Коэффициент надежности
1	Постоянные + Длительные	Постоянная	Собственный вес	1.0	1.1
			Боковое давление грунтов		1.1
			Пироги		1.3
			Перегородки		1.2
			Линейная от навесного фасада		1.1
			Линейная от лестницы		1.1
2	Кратковременные	Кратковременная	Кратковременные с долей длительности 0.35 по СП 20.13330	0.35	1.2
3	Снег		Снеговая нагрузка согласно СП 20.13330	0.7	1.4
4	Нагрузка № 1	Особая	Нагрузка от пожарной машины	0	1.0
5	Нагрузка № 2		Нагрузка от пожарной машины	0	1.0
6	Ветер по X+	Мгновенная	Полная ветровая нагрузка согласно СП 20.13330	0	1.4
7	Ветер по X-				
8	Ветер по Y+				
9	Ветер по Y-				

- *Постоянные и длительные загружения объединены по требованию “инженерной нелинейности 2”*
- *То, что некоторым нагрузкам рассчитанным с коэф. надежности 1.2 или 1.3 в расчетной схеме присвоен коэф. 1.1 означает лишь то, что при расчете по 2ПС они будут приниматься с некоторым запасом.*
- *Требование о закрепленных номерах загружений и их составе диктуются исходя из необходимости собирать несколько схем в одну. Если таблица загружений различна, можно очень сильно ошибиться, и нагрузка от пирога паркинга попадет в неактивное загружение ветра у здания.*
- *При задании нескольких нагрузок в одном загружении, необходимо задавать их - раздельно, а не суммировать. Это поможет в последующем не запутаться при анализе схемы.*
- *Если в вашей схеме отсутствует какое-либо загружение. Всё равно его необходимо создать и задать в нем околонулевую нагрузку на любой из элементов.*

4.2 Прочие нагрузки

Перегородки *- линейные межквартирные, межкомнатные и внешние перегородки санузла - задаются линейно. Внутри санузла равномерно распределенная 100кг/м2 (расчетная), по остальным участкам равномерно распределённую нагрузку от перегородок не задаем.*

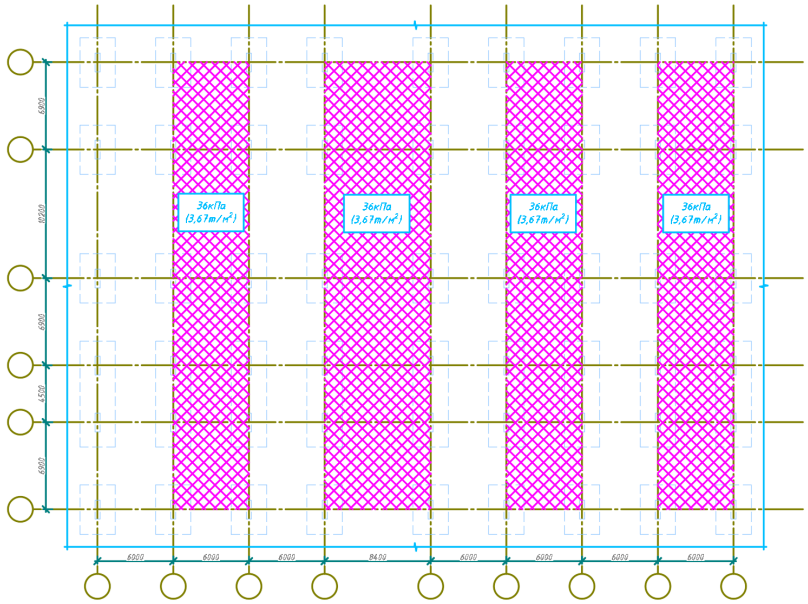
Нагрузки на покрытие подземной автостоянки от пожарной машины:

36 кПа (3,67 т/м²) *- особая нагрузка в соответствии с п. 4.3 СП 20.13330.2016, изм. 5 (36 кПа уже расчетная в соответствии с п. 9.2 СП 296.1325800).*

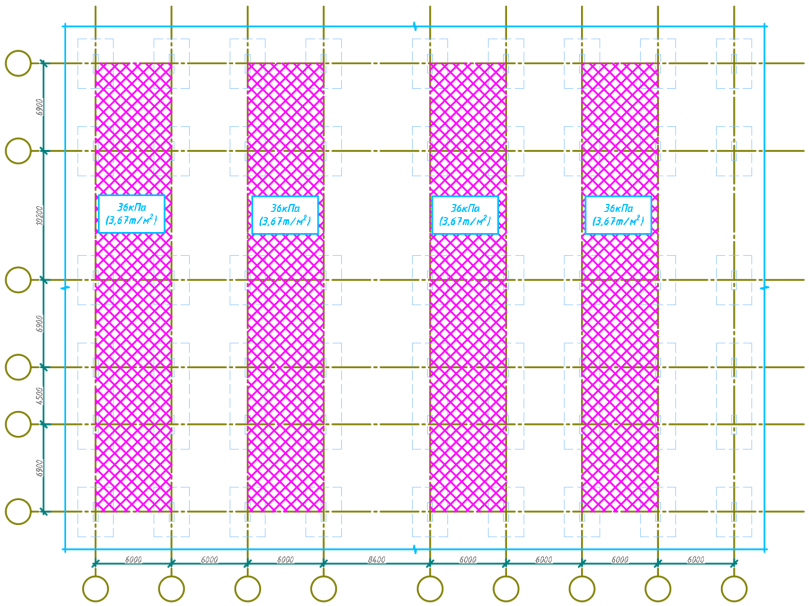
*Задается двумя загружениями, полосами вдоль б**О**льшего сечения колонн/пилонов.*

По СП нагрузка от пож. машины принимается в особом загружении, которое не считается на раскрытие трещин от расчетных прочностей. Таким образом по нормам - проектное решение, что после пожара и приезда пож. машины конструкции паркинги трещат, но не рушатся. После окончания тушения пожара, часть паркинга закрывается на обследование, и по результатам обследования выполняются ремонтные работы.

Загружение № 1



Загружение № 2



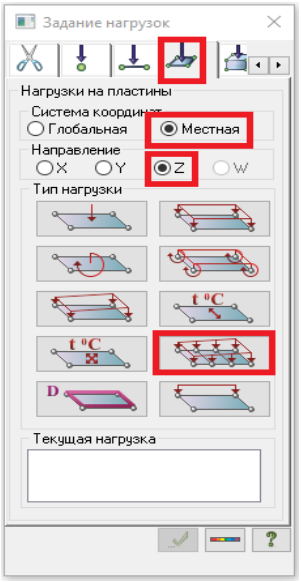
4.3 Боковое давление грунта

Геотехнический отдел подготовил памятку для определения бокового давления грунта.

Нагрузку от бокового давления на стены необходимо принимать согласно методике отдела ГТО

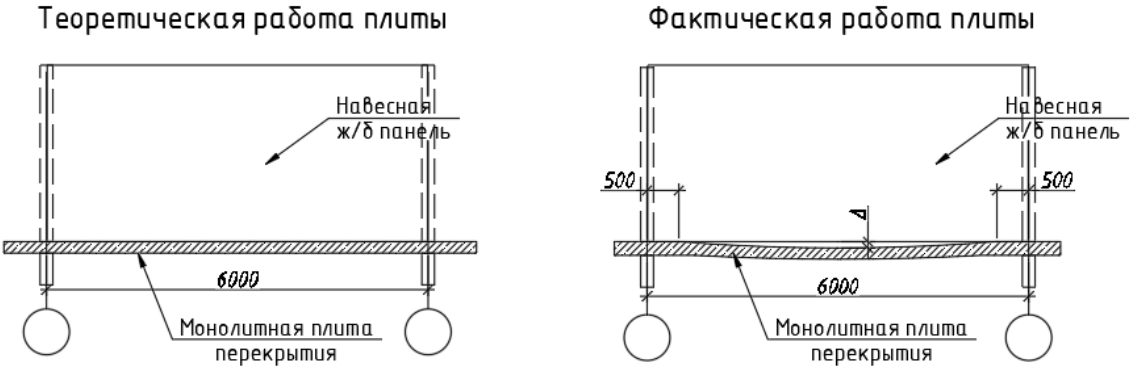
При уровне грунтовых вод ниже отметки дна котлована и принимая, что на стройплощадке не выполняют обратную засыпку жижей со взвешенными частицами грунта в воде. Можно задать стартовые 2т/м2 и 1.4т/м2 на каждый метр заглубления.*

Для быстрого задания нагрузки от бокового давления грунта на стены подземной части, необходимо направить ось Z наружу здания и выбрать указанные на скриншоте параметры.



4.4 Нагрузка на плиту перекрытия от сборной ж/б панели

При опирании сборных панелей на монолитные перекрытия, в том числе распределительные столы, на пролетах более 4.5 метров, ввиду существенно большей изгибной жесткости сборных панелей относительно плит на которые они опираются, передача вертикальной нагрузки происходит в приопорных 500мм, далее плита изгибается больше, чем панель, - и выключается из работы.



Чтобы бездумно не перегружать плиты перекрытий, в двухоконных пролетах, нагрузку от вертикальных сборных панелей, необходимо задавать на приопорные 600мм (в виду того, что триангуляция с шагом 300). Величину линейной нагрузки определяем просто: массу панели распределяем на 1м.

Пример: при массе панели 7.2т задаем нагрузку 7.2т/м. То, что мы её задаем на длину 1.2, идет в учет коэф. надежности. При различных массах двухоконных плит, допустимо задавать нагрузку на этаж по максимально тяжелой.

Таким образом расчетная нагрузка от сборных панелей задается:

1) *На пролетах до 4.5м либо при наличии балконной двери в панели - линейная, равномерно распределенная ~ 1.2 т/м*
2) *На пролетах более 4.5м без - линейная, сконцентрированная в приопорных 600мм ~ 7.2 т/м*

4.5 Ветровая нагрузка

Общая методология задания ветровых нагрузок такова:

1) *Загружаем расчетную схему согласно СП20.13330 в том числе статический ветер.*

   *Принимаем начальные модули упругости материалов E=0,85*Eb0*

   Жестко защемляем основание по XYZ

   Переводим статический ветер в динамический и выполняем расчет.

   Анализируем ускорения

2) *Из динамического загружения определяем пульсационную составляющую суммированием нагрузок*

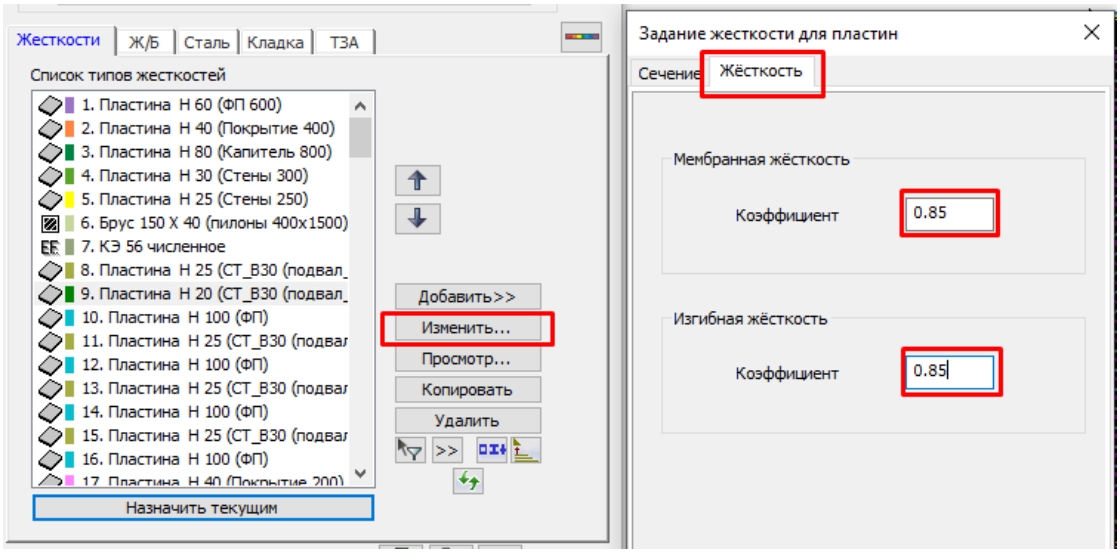
   Определяем коэф., на который необходимо умножить статический ветер, чтобы получить нагрузку равную сумме статического ветра, и динамической составляющей.

   убираем из схемы динамический расчет, и защемление по XYZ

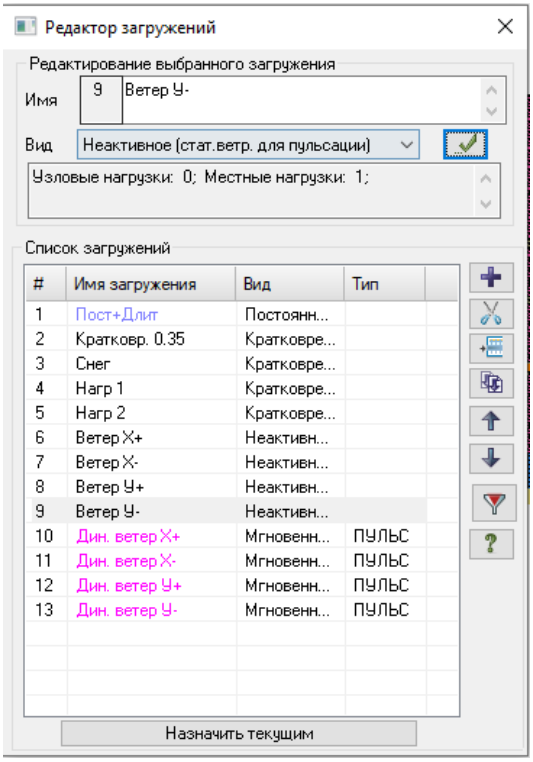
   Переводим статический ветер в кратковременную нагрузку, умноженную на полученный коэф.

4.6 Расчет здания на динамические загружения, модальный анализ, определение частот колебания.

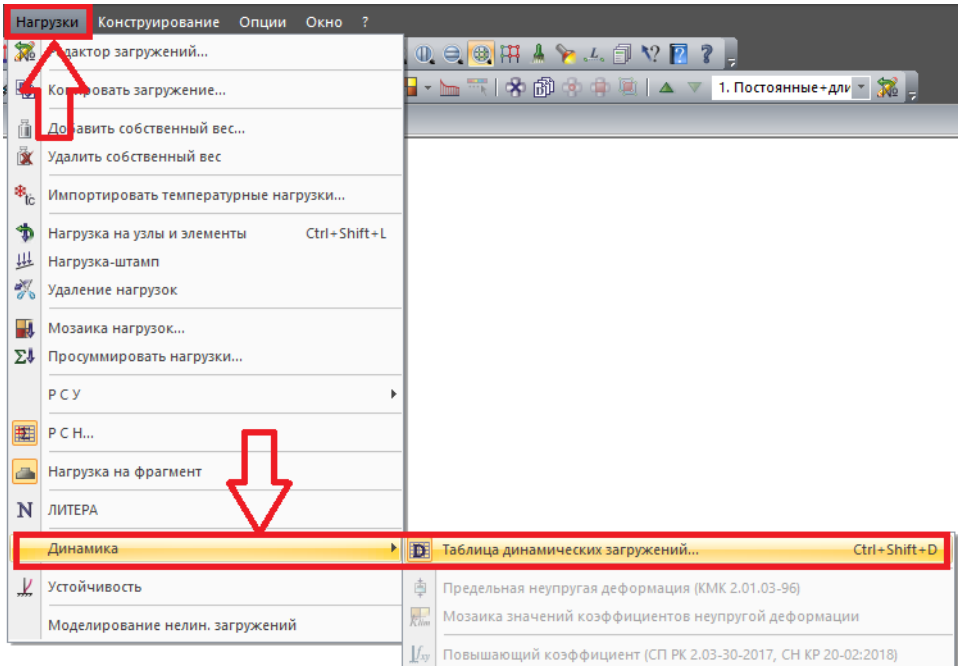
1) *Жестко закрепляем все узлы основания.*
2) *Задаем статический ветер.*
3) *Принимаем модуль упругости 0.85*Eb0*



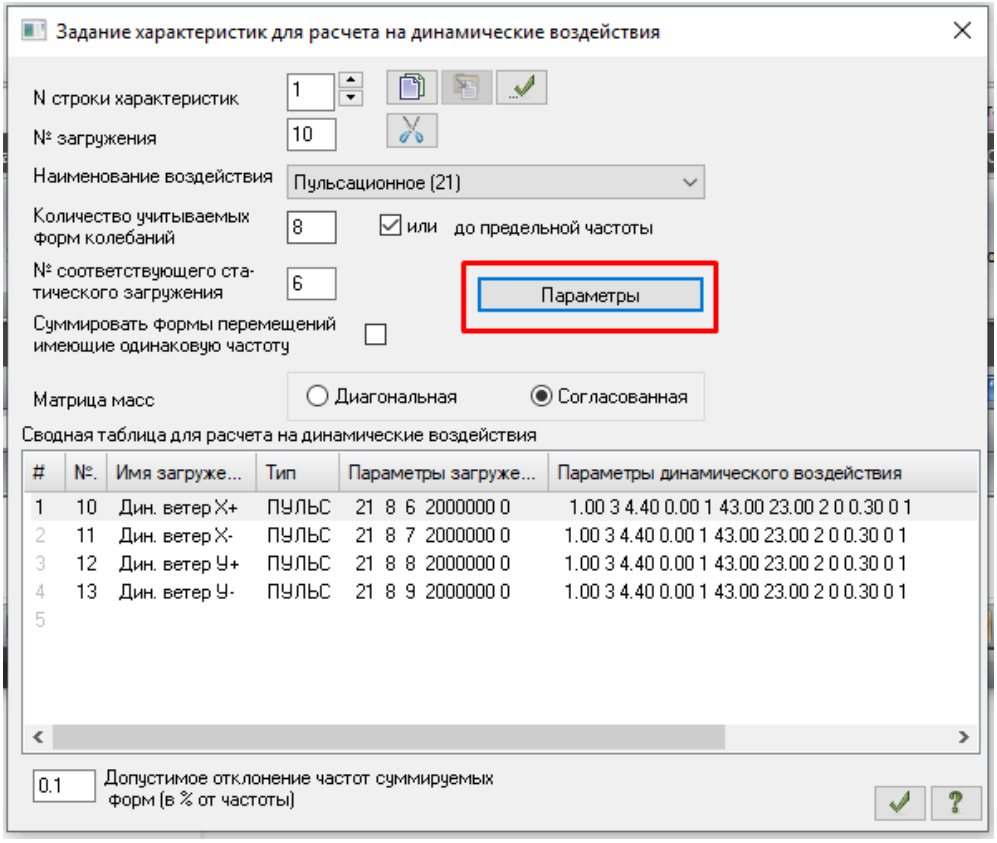
4) *В "Редакторе загружений" переводим статические загружения ветром в положение - Неактивное (стат.ветр.для пульсации) и добавляем ещё 4 загружения для динамических нагрузок.*



5) *Открываем “Таблицу динамических загружений”*

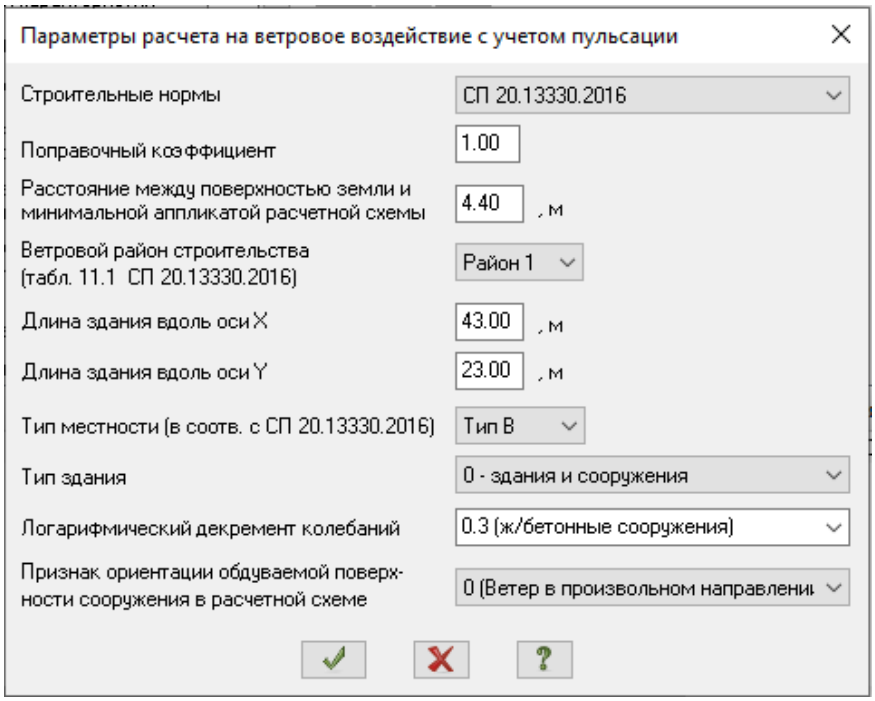


Задаем характеристики пульсационного загружени
N строки характеристик - 1 (порядковый номер по умолчанию)
№ загружения - порядковый номер загружения согласно редактору загружений
*Наименование воздействия - **Пульсационное (21)***
Количество учитываемых форм колебаний - 8
*дополнительно установить галочку **“или до предельной частоты”***
№ соответствующего статического загружения - Ветер по X/Ветер по Y
*Матрица масс - **Согласованная***

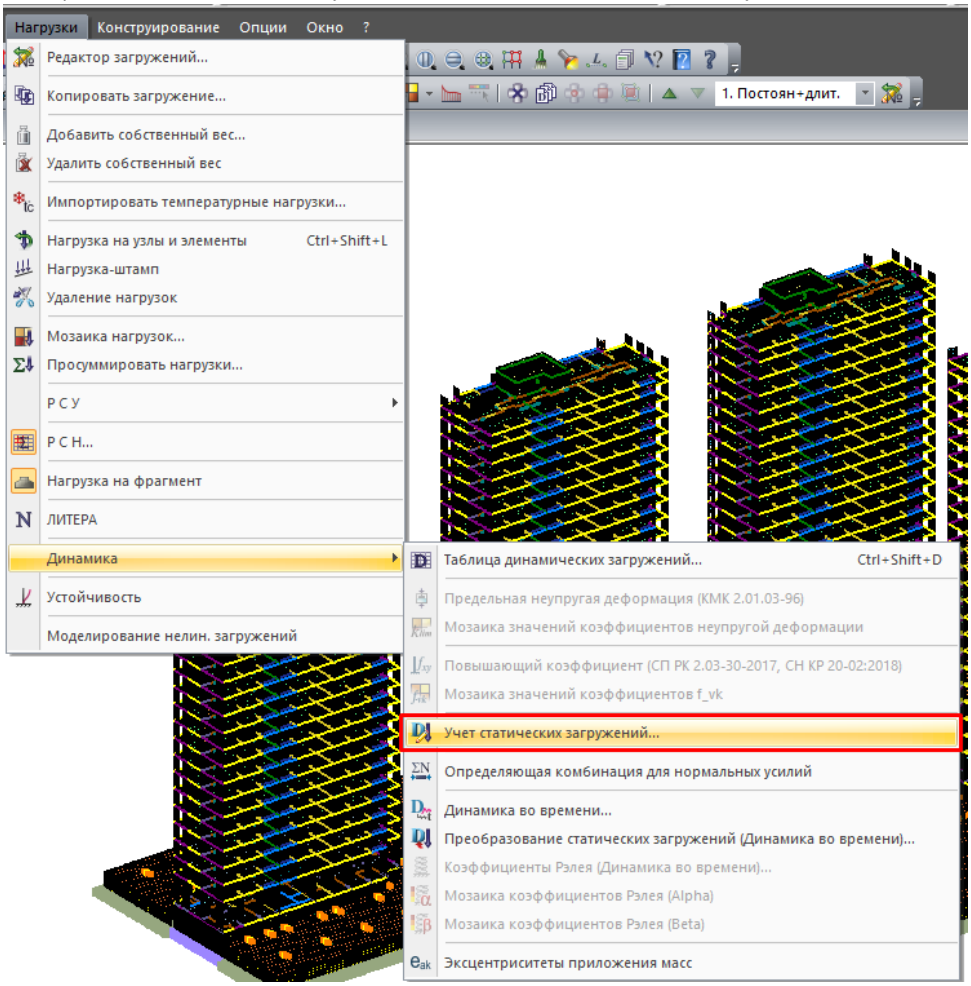


6) *Выбираем кнопку **“Параметры”** (для каждого загружения)*

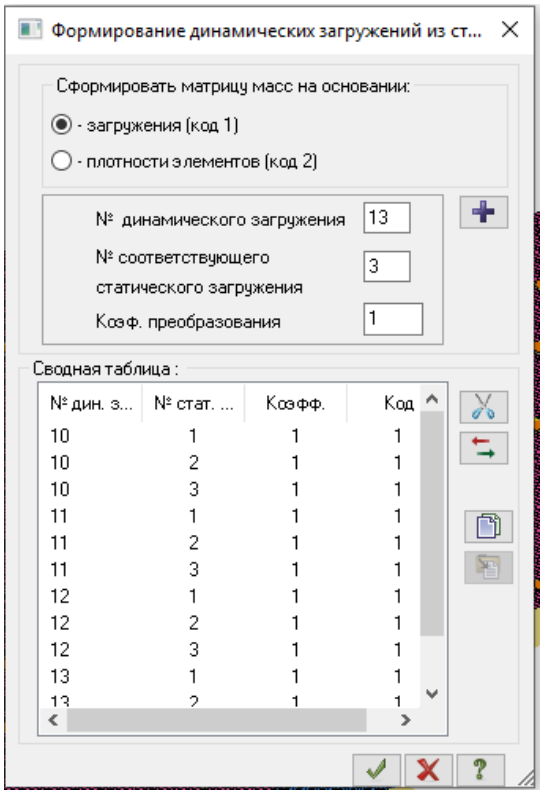
- *Строительные нормы - **СП 20.1330.2016***
- *Поправочный коэффициент - **1.00** (оставляем по умолчанию)*
- ***Расстояние между поверхностью земли и минимальной аппликатой расчетной схемы** – это расстояние H от заделки расчетной схемы до поверхности земли в глобальной системе координат, положительное направление соответствует измерению расстояния по направлению оси Z (H>0, если поверхность земли выше минимальной аппликаты; H<0, если поверхность земли ниже минимальной аппликаты; H=0, если поверхность земли совпадает с минимальной аппликатой), **принимаем расстояние от подошвы фундамента до осредненной отметки поверхности земли.***
- *Ветровой район строительства (табл. 11.1 СП 20.1330.2016) - **по заданию***
- *Длина здания вдоль оси X - **по заданию***
- *Длина здания вдоль оси Y - **по заданию***
- *Тип местности (с соотв. с СП 20.1330.2016) - **Тип В** (согласно п.11.1.6 СП)*
- *Тип здания - **здания и сооружения** (по умолчанию)*
- *Логарифмический декремент колебаний - **0,3 (ж/бетонные сооружения)***
- *Признак ориентации обдуваемой поверхности сооружения в расчетной схеме - **0 (Ветер в произвольном направлении)***



7) *Открываем таблицу* “Формирование динамических загружений из статических”



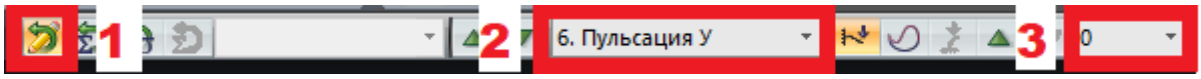
Задаем массы первых трех загружений, для каждого динамического загружения

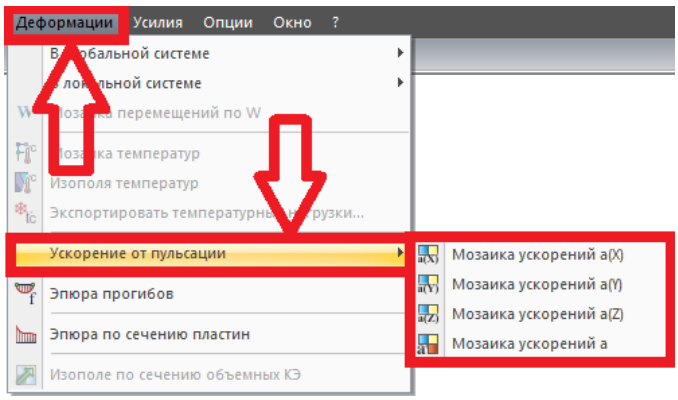


И выполняем расчет схемы.

8) Модальный анализ

Мозаики “ускорений” выводятся ТОЛЬКО для режима “Анализа результатов по загружениям”, в качестве определяющего загружения необходимо выбрать “Пульсация X” или “Пульсация Y”, Номер формы - 0 (суммарная составляющая)





Максимальное ускорение этажа здания не должно превышать величины

$$a_{c,max} = 0.08\ м/с^2 = 80\ мм/с^2$$ *- согласно СП 20.13330.2016, прил. В.3.*

При оценке комфортности пребывания людей в зданиях (динамическая комфортность) расчетные значения ветровой нагрузки wc принимаются равными

wc = 0,7wg, (В.11)

где wg - нормативное значение пульсационной составляющей основной ветровой нагрузки

таким образом wc = 0,7wf/1,4

wc=0.5wf

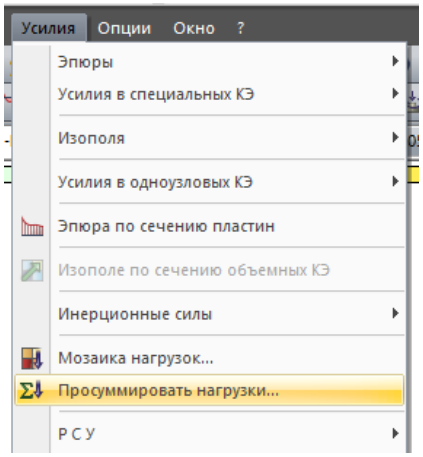
где wf - расчетное значение пульсационной составляющей основной ветровой нагрузки

В виду используемого в расчете в два раза завышенных нагрузок от ветра, ускорения полученные в расчетном комплексе необходимо делить на 2.

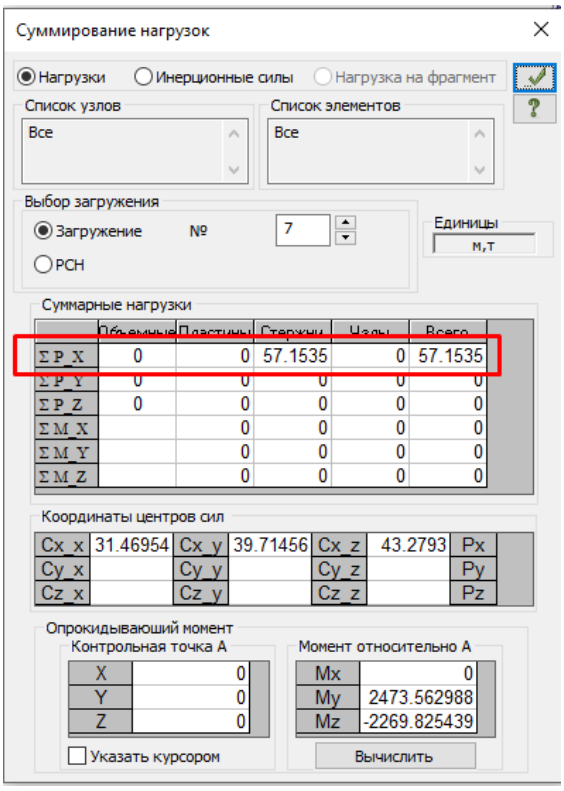
Таким образом получается, что в расчетном комплексе показания ускорения этажа не должно превышать $a_{c,max} = 0.16\ м/с^2 = 160\ мм/с^2$

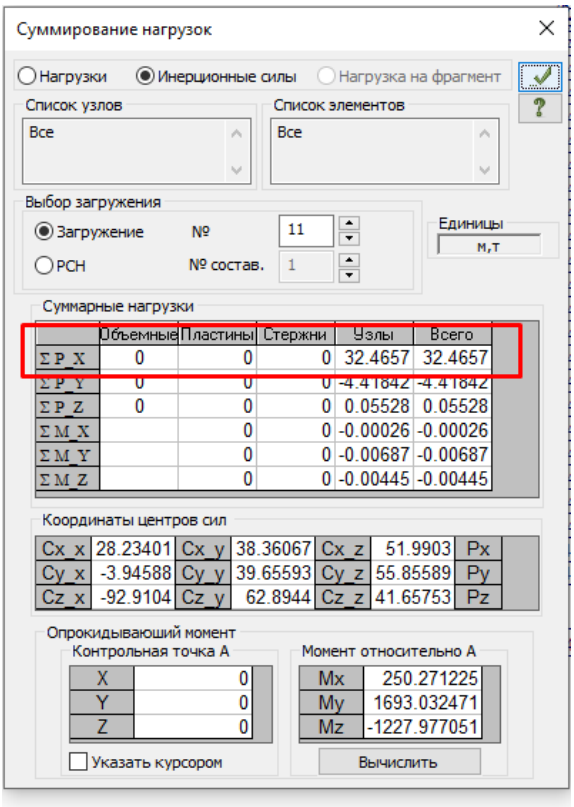
9) *Анализируем первые колебательные формы для всех загружений. Не рекомендуется создавать схему с первой крутильной формой. Кручение в первой форме означает что, конструктивная схема недостаточно жесткая и будет с повышенными расходами арматуры.*

10) Определение коэф. пульсационной составляющей
Вызываем меню суммирования нагрузок



И складываем нагрузку от статического загружения и инерционные силы от соответствующего динамического загружения 57.1+32.5 =89,6



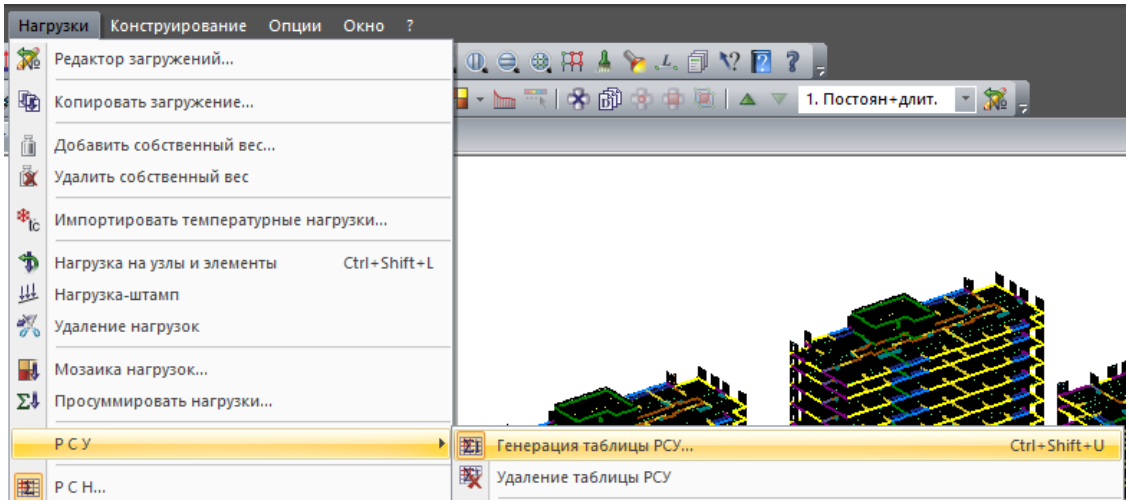


Делим получившуюся сумму на базовое статическое загружение: 89,6/57.1=1,56, - и получаем коэф. на который необходимо домножить базовый статический ветер для учета динамической составляющей.

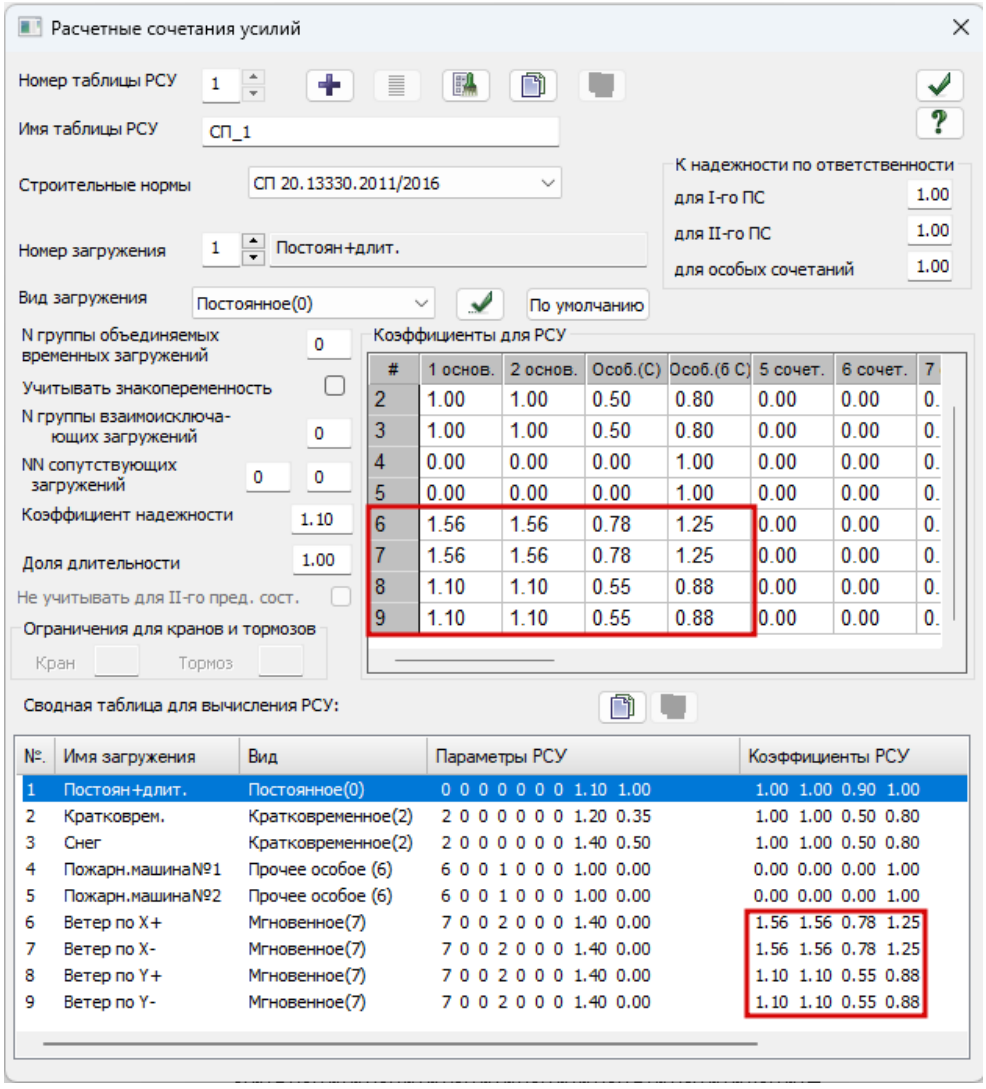
11) Убираем из схемы динамический расчет, удаляем динамические загружения, удаляем сбор масс для динамического расчета, удаляем защемление по XYZ. Определённый коэф. мы в последующем занесём в таблицу РСУ и РСН.

4.7 Генерация таблицы РСУ

Таблица РСУ необходима для определения армирования и анализа схемы.



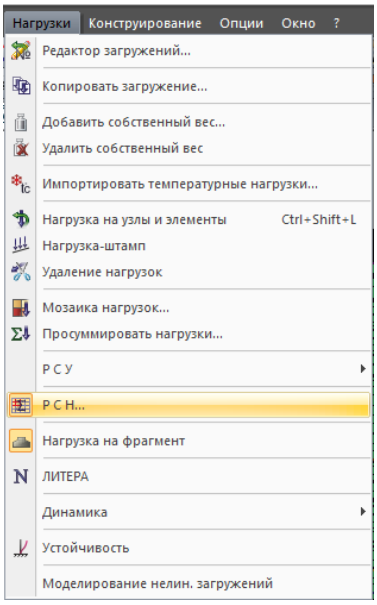
Заполняем таблицу РСУ согласно скриншоту

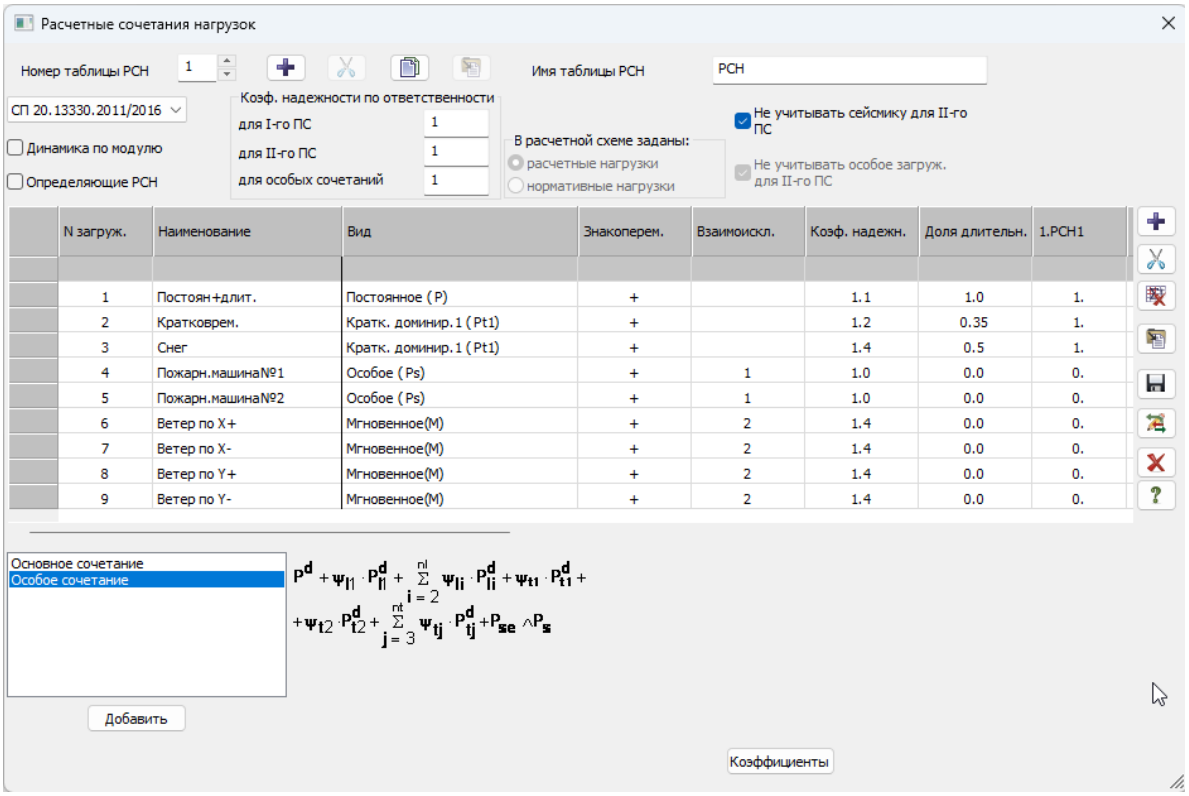


Ветровые нагрузки умножаем на определённые ранее коэф. динамического догружения. (в рамках красных)

4.8 Генерация таблицы РСН

РСН удобная для анализа работы конструкции, сбора нагрузок отпора грунта и чаще работа с РСН удобнее чем с РСУ.





Комбинации расчетных нагрузок принятые для расчета здания:

РСН1 – расчетные нагрузки без ветра

РСН2, РСН3, РСН4, РСН5 – расчетные нагрузки с разными направлениями ветра

РСН6 – нормативные нагрузки без ветра

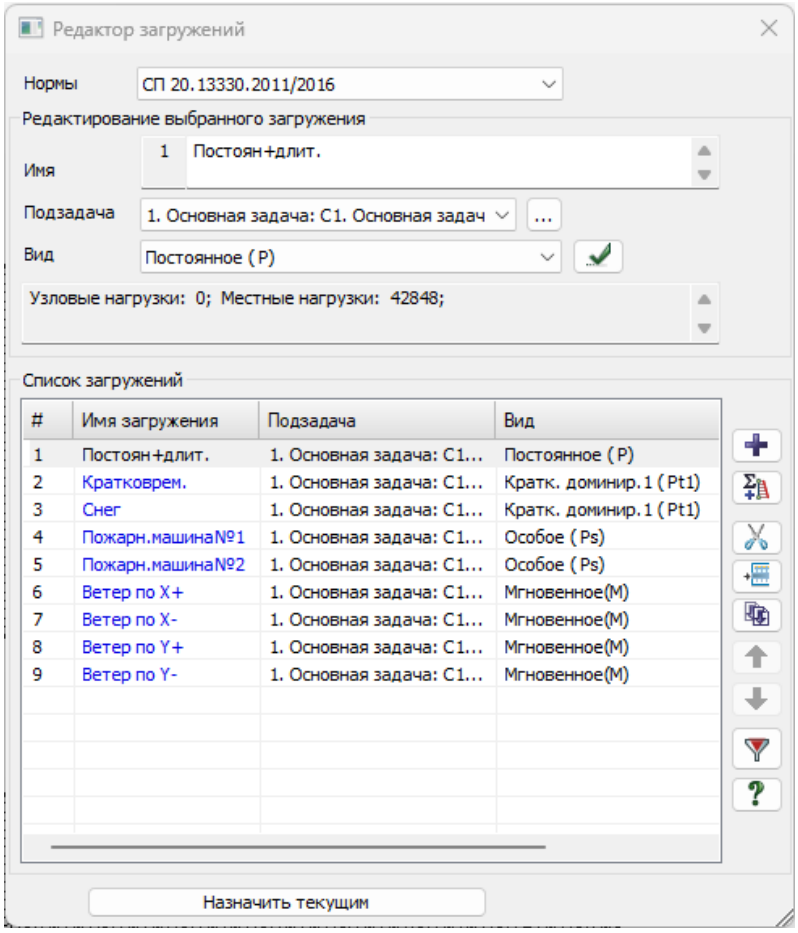
РСН7, РСН8, РСН9, РСН10–нормативные нагрузки с разными направлениями ветра

РСН11 – расчетные длительные без ветра

РСН12 – нормативные длительные без ветра

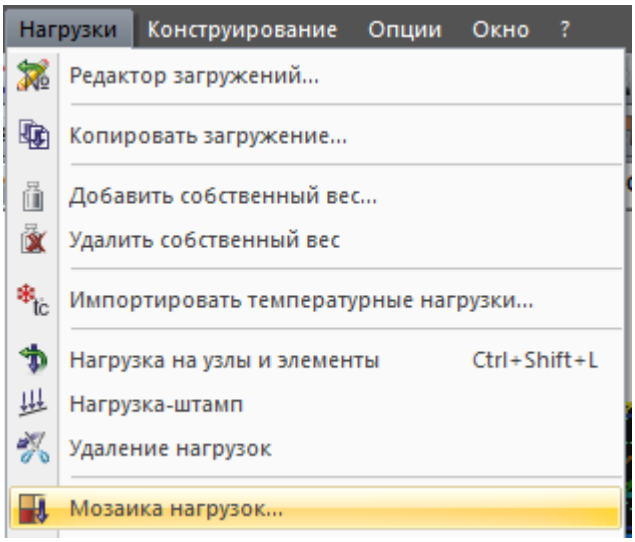
4.9 Полезный инструментарий при работе с нагрузками

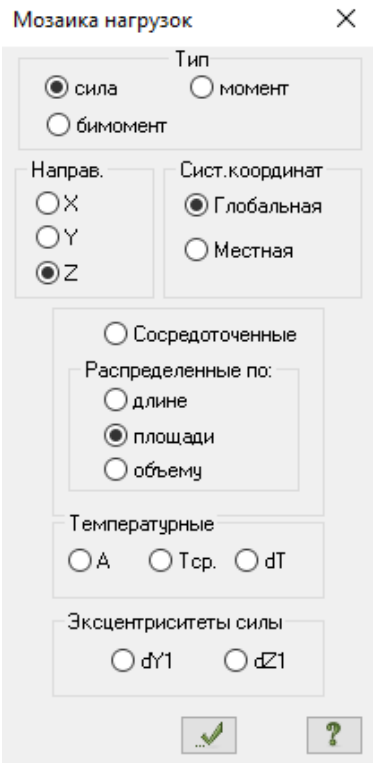
1) *Редактор загружений*

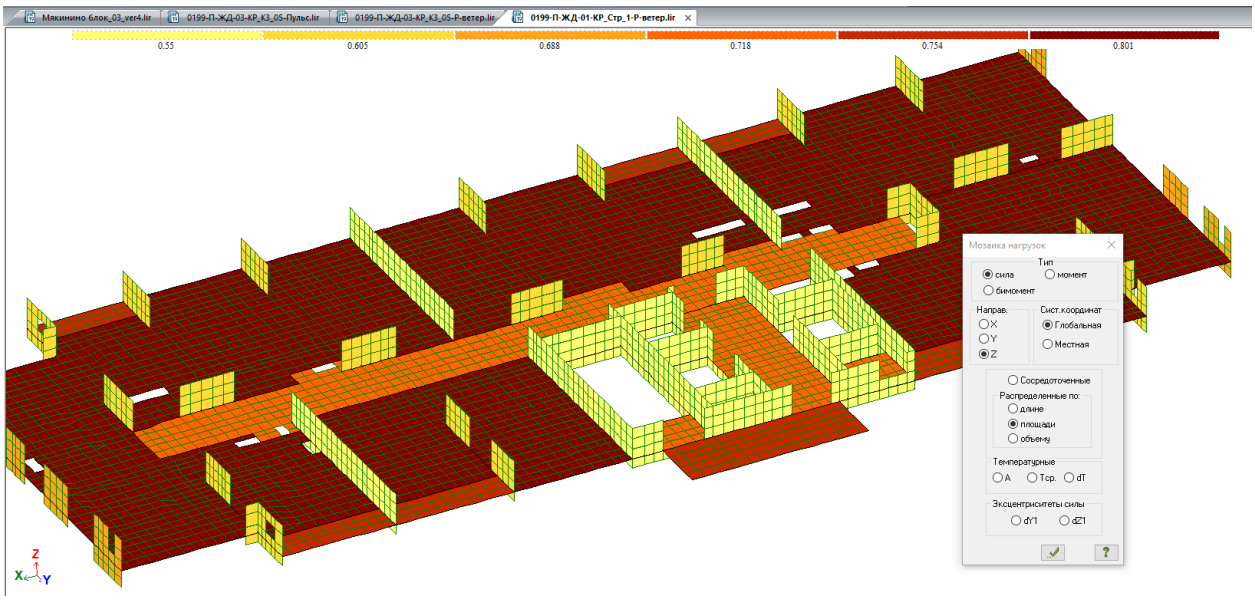


Указав в нем принадлежность загружения она будет автоматом правильно определяться и в РСН, и в РСУ

2) *Мозаика нагрузок*

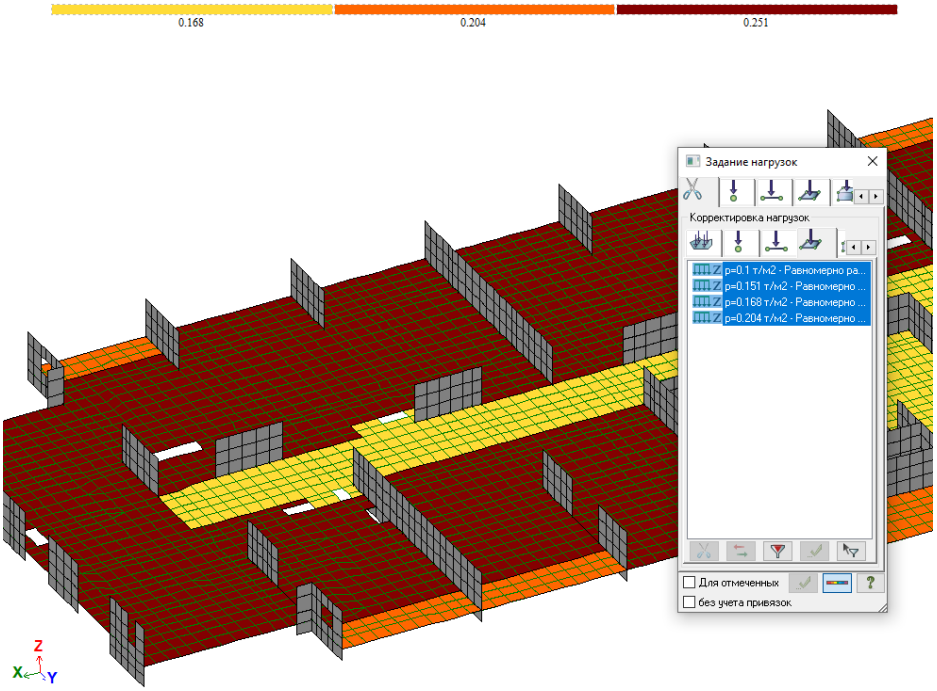


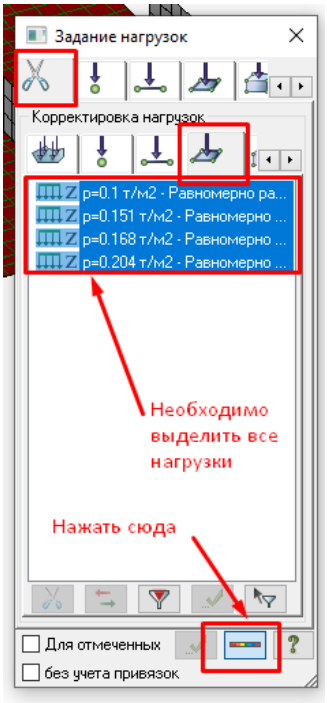




Позволяет включить цветовую дифференциацию нагрузок.

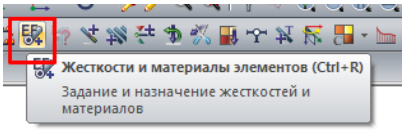
3) Цветовое разделение нагрузок, заданных в одном загружении:





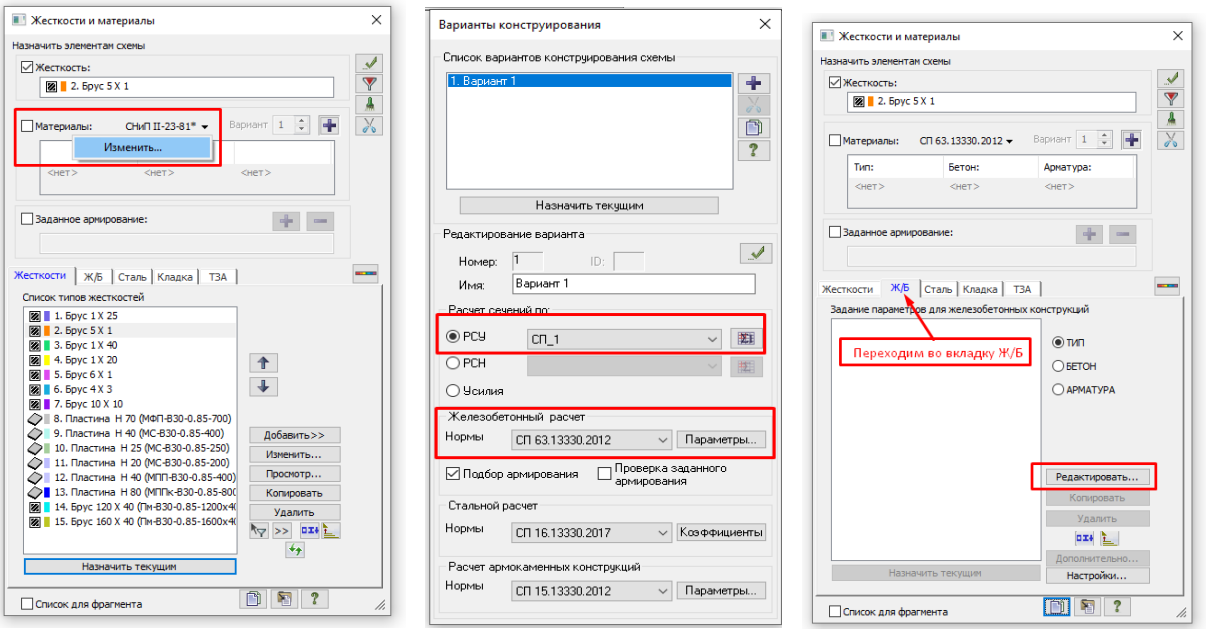
5. Материалы

Для выполнения расчета и получения результатов армирования необходимо задать материалы для конструкций.

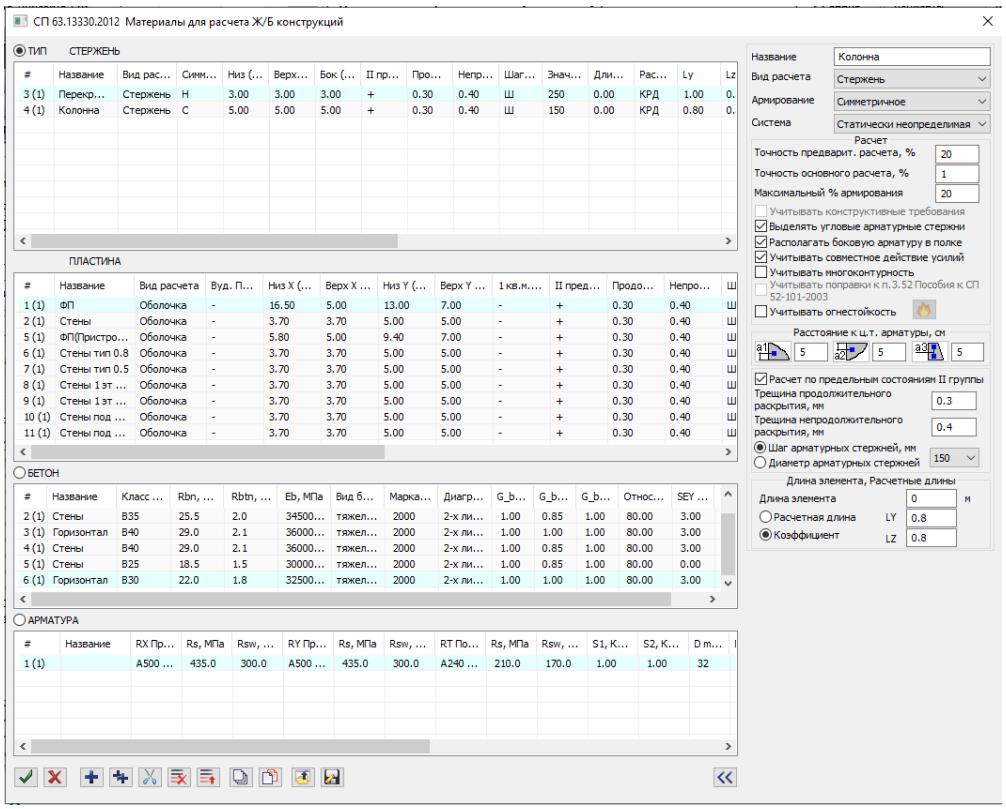


Переходим в меню жесткости и материалы.

В появившемся окне выбираем норматив СП63.13330.2012, и переходим во вкладку Ж/Б как показано на картинке ниже.

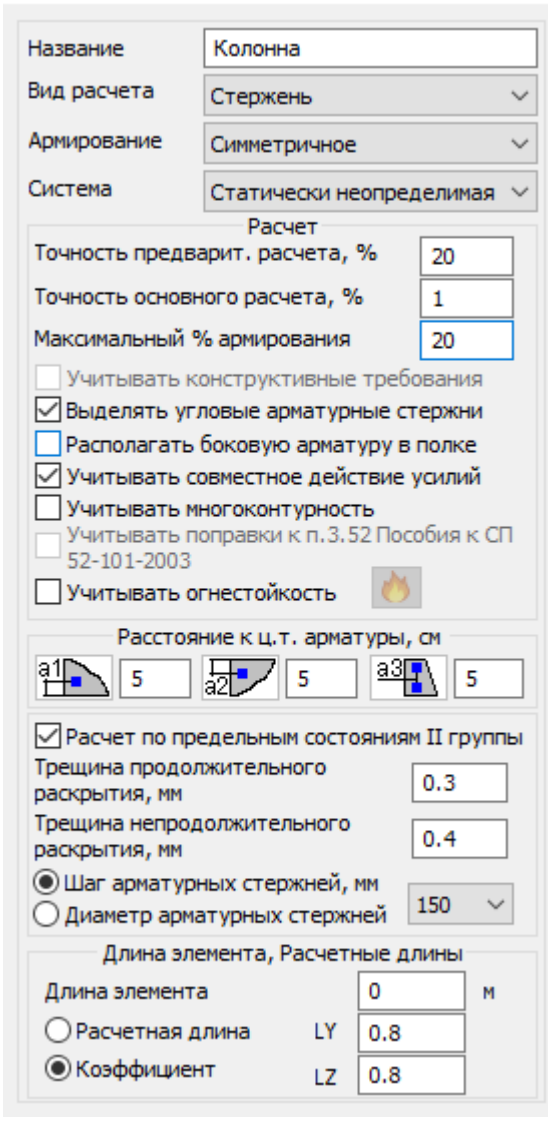


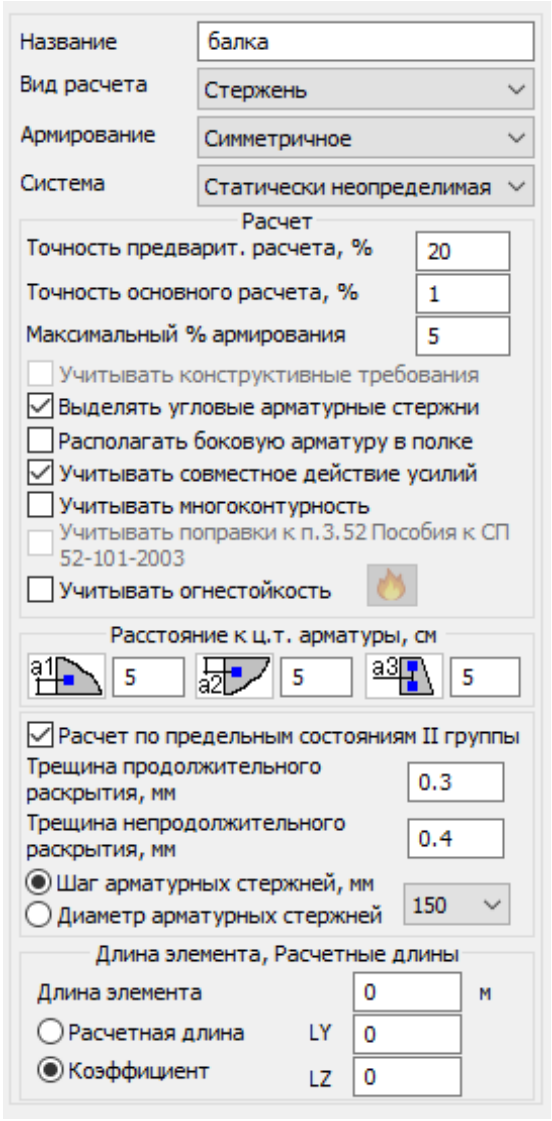
Работа с окном материалы для расчета Ж/Б конструкций:



Базовый вид меню материалов

5.1 Стержни





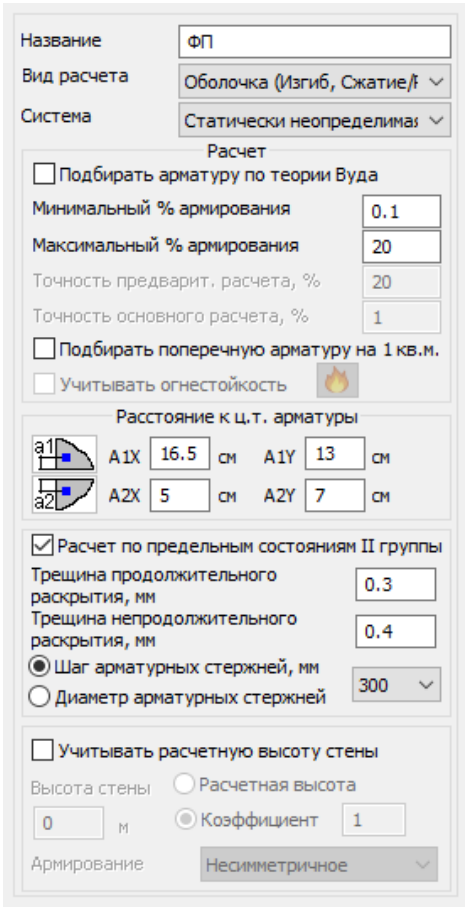
Защитные слои и шаг армирования, указываем реальные

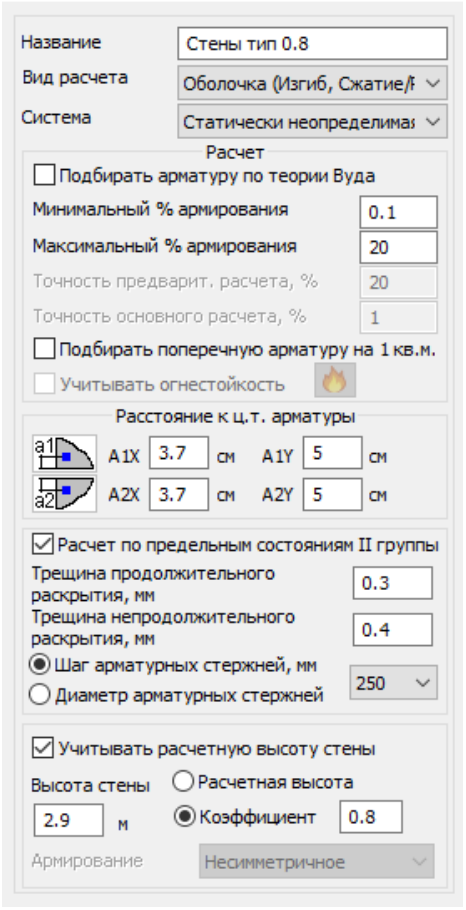
Для монолитных колонн, расчетная длина - 0.8

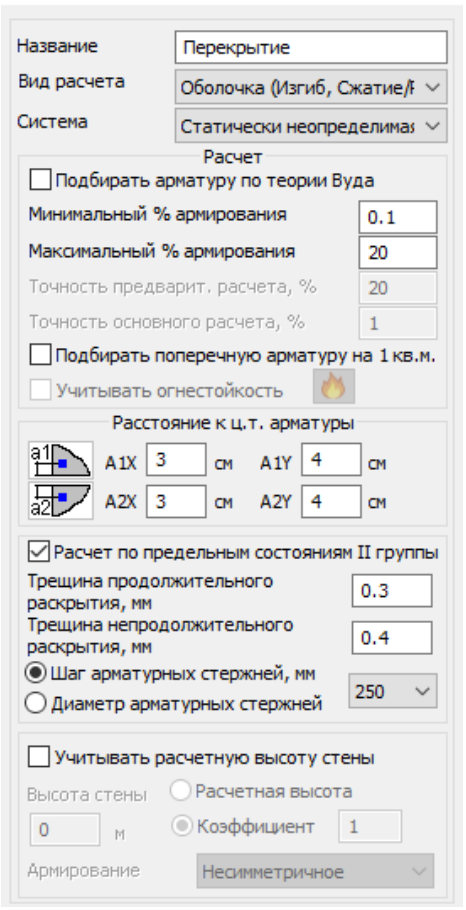
Для сборных колонн, расчетная длина - 1.0

Для балок, расчетная длина - 0

5.2 Оболочки

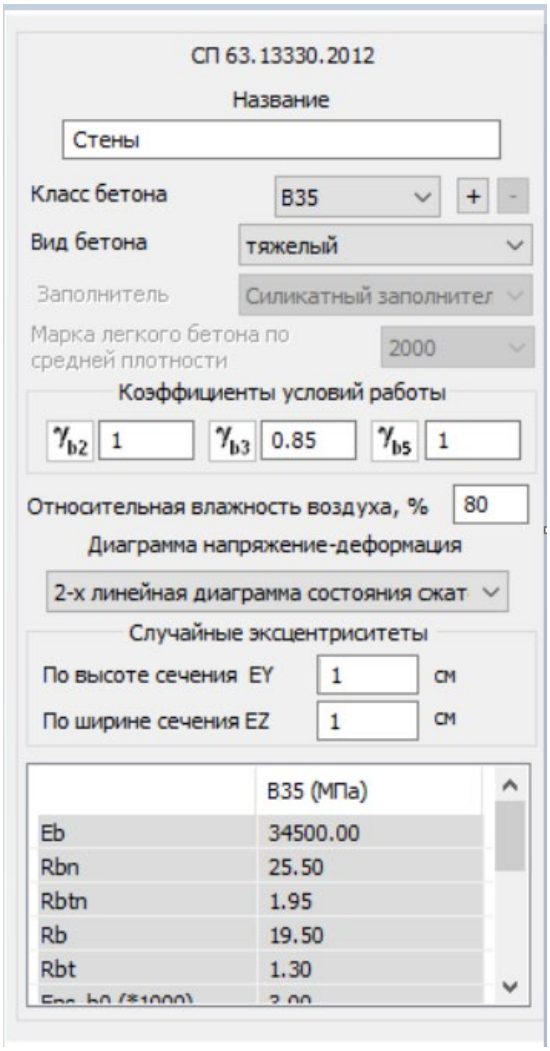


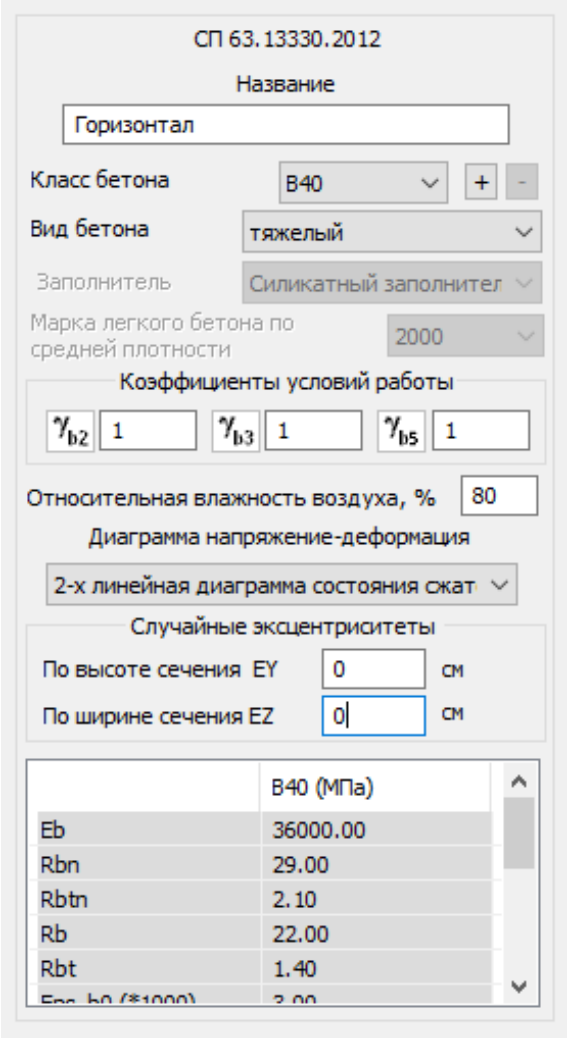




- *При армировании в несколько слоев - приводить приведенный защитный слой (scad office)*
- *Расчетную длину стен допустимо снижать до 0.5 в прилегающих 1.5м от раскрепления перпендикулярной стеной.*
- *Шаги армирования указаны типовые, в ФП ш-300 позволяет раскладывать усиление Ф32 с шагом 150мм, без проблем в зонах перехлестов, а шаг армирования в стенах 250 - позволяет экономить арматуру в “пустых” конструкциях, не переходя на особо малые диаметры.*
- *Необходимо иметь в виду, что при расчете пластин - эксцентриситеты не учитываются.*

5.3 Бетон





- *Арматуру принимаем А500 - дефолтную.*

6. Модули упругости бетона

Согласно СП 63.13330 Бетонные и железобетонные конструкции

п. 5.1.2 Расчет бетонных и железобетонных конструкций (линейных, плоскостных, пространственных, массивных) по предельным состояниям первой и второй групп производят по напряжениям, усилиям, деформациям и перемещениям, вычисленным от внешних воздействий в конструкциях и образуемых ими системах зданий и сооружений ***с учетом физической нелинейности*** *(неупругих деформаций бетона и арматуры), возможного образования трещин и в необходимых случаях - анизотропии, накопления повреждений и геометрической нелинейности (влияние деформаций на изменение усилий в конструкциях).*

Рекомендации $E_{изг}=0.3E_0$ $E_{сж}=0.6E_0$ появились в **СП 52-103-2007**, и перекочевали в **СП 430.1325800.2018**

6.2.5 Значения нелинейных жесткостей железобетонных элементов следует устанавливать в зависимости от стадии расчета, требований к расчету и характера напряженно-деформированного состояния элемента. На первой стадии расчета конструктивной системы, характеризуемой тем, что армирование железобетонных элементов неизвестно, нелинейную работу элементов допускается учитывать, применяя нелинейную жесткость, определяемую понижением их линейных жесткостей (или модуля упругости бетона) с помощью условных понижающих коэффициентов.

На последующих стадиях расчета конструктивной системы, когда известно армирование железобетонных элементов, в расчет следует вводить в зависимости от вида определяемого параметра конструктивной системы (6.2.1) уточненные значения нелинейных жесткостей элементов, учитывающие армирование, образование трещин и развитие неупругих деформаций в бетоне и арматуре согласно СП 63.13330.

6.2.6 В результате расчета монолитной конструктивной системы должны быть установлены:

- значения продольных и поперечных сил, изгибающих моментов и крутящих моментов (в необходимых случаях) - в колоннах;
- значения изгибающих моментов, крутящих моментов, поперечных и продольных сил - в плоских плитах перекрытий, покрытия и фундаментов;
- значения продольных и сдвигающих сил, изгибающих моментов, крутящих моментов и поперечных сил - в пилонах и стенах.

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

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

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

Вся нормативная документация, требует нелинейного расчета и использовать понижающие коэф. можно только для первичной оценки работы конструкции.

6.1 Инженерная нелинейность 1

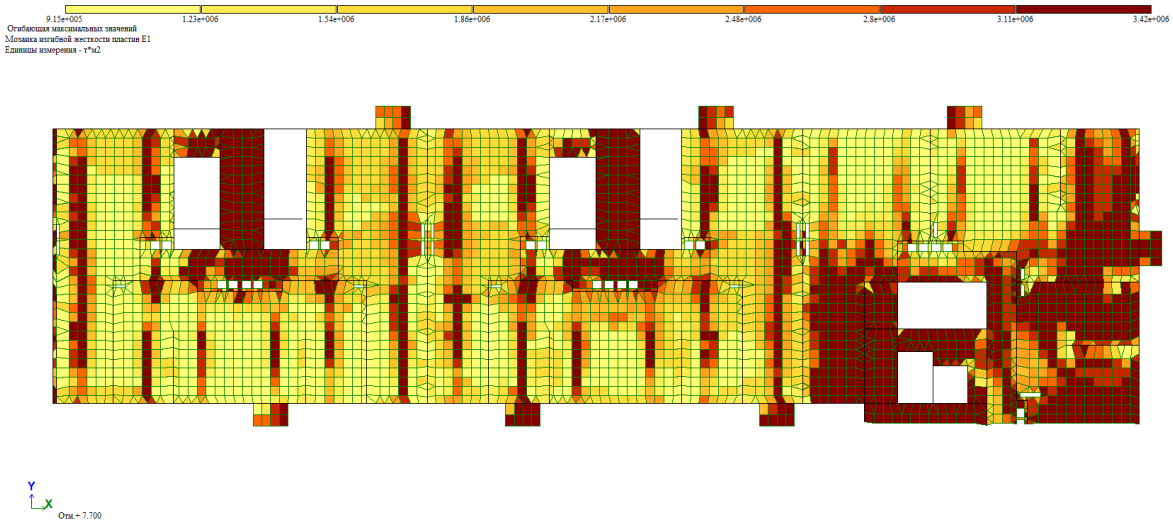
Метод «Инженерная нелинейность 1» состоит в следующем:

1. *Задается «определяющее нагружение», которое по мнению инженера в основном определяет напряженно-деформированное состояние конструкции (развитие трещин, пластические деформации бетона и арматуры) на протяжении жизненного цикла конструкции. «Определяющее нагружение» может составляться на основании набора нагружений (собственный вес, полезные нагрузки и др.), которые задаются инженером для последующего традиционного расчета или назначается инженером на основе других предположений.*
2. *Производится расчет на «определяющее нагружение» в физически нелинейной постановке с одновременным подбором арматуры. Расчет выполняется итерационным методом и производится подбор арматуры.*
3. *В результате итерационного расчета на основе НДС каждого сечения стержня и КЭ пластинчатой конструкции определяются жесткостные характеристики.*
4. *Выполняется традиционный расчет конструкции, элементы которой имеют жесткостные характеристики, определяемые в результате итерационного расчета. Традиционный расчет подразумевает расчет в линейно-упругой постановке на весь набор нагружений (собственный вес, полезная нагрузка, сейсмика и др.), составление РСУ или РСН, подбор или проверку сечений стержней железобетонных и стальных элементов, конструирование.*

   То есть на основе определяющего загружения вычисляется карта жесткостей для каждого элемента в расчетной схеме, и на основе этой карты жесткостей (а не повального округления 0.3 и 0.6) дальше решается обычная линейная задача, с возможностью использовать РСУ, динамику и подбор армирования.

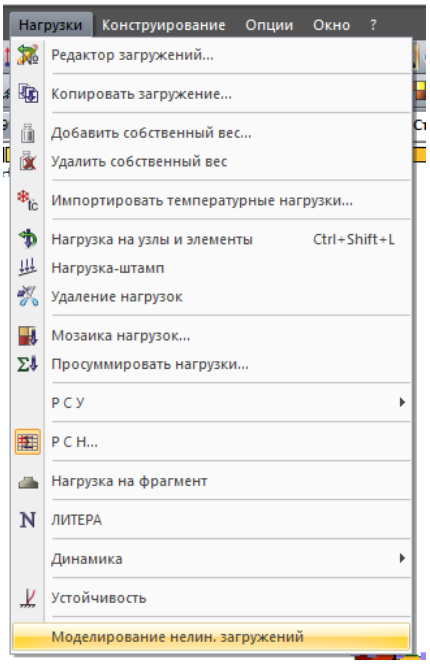
   Основной плюс инженерной нелинейности в том, что в итоге это линейная задача.

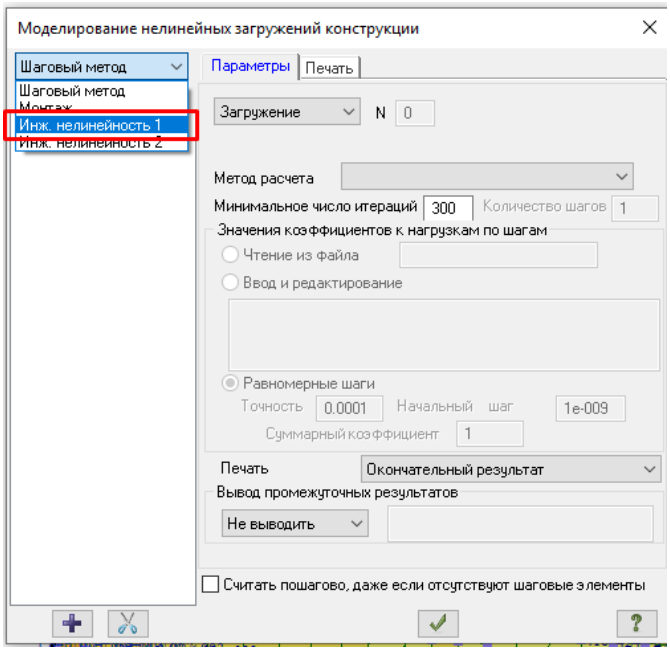
   Карты жесткостей выглядят вот так.



На участках нулевых моментов мы видим жесткости без понижения модуля, в зоне ЛПУ, где из-за маленького пролета, трещины не раскрываются жесткости тоже не понижены.
Мозаика жесткости вдоль оси X - (E1)
Мозаика жесткости вдоль оси Y - (E2)

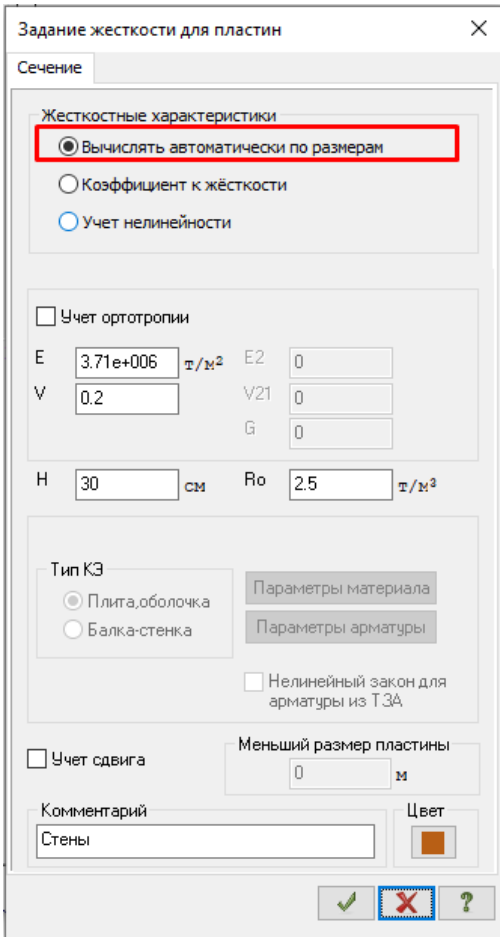
1) Активируем инженерную нелинейность 1



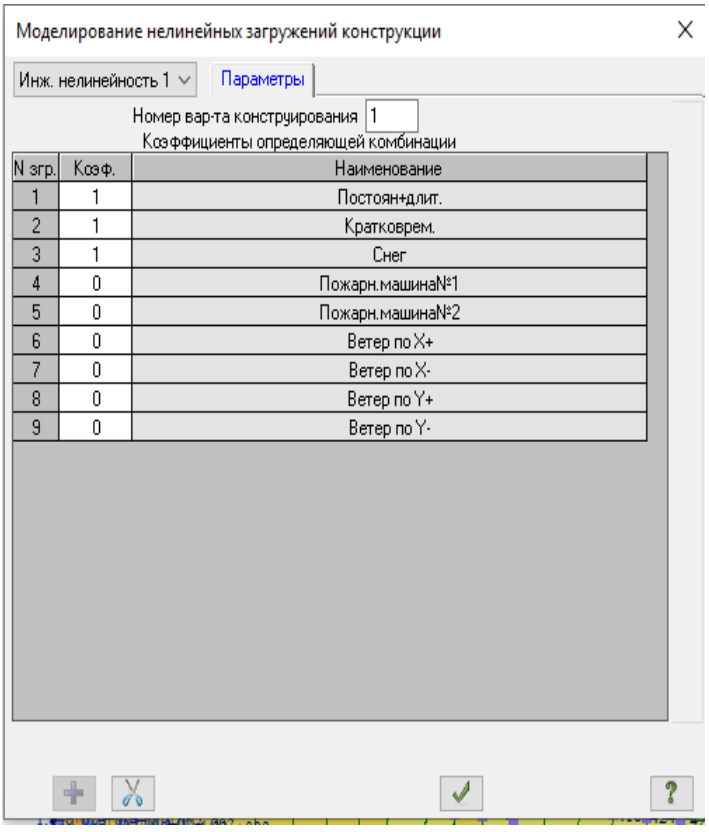


Выбор определяющего загружения.

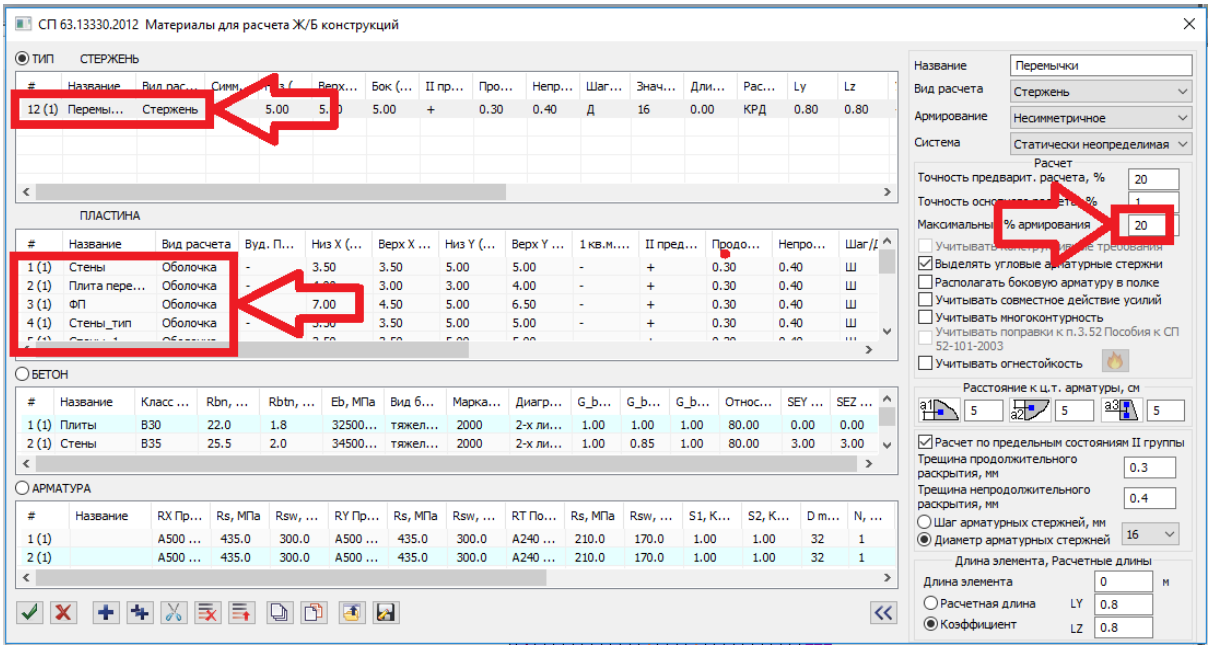
ВНИМАНИЕ в лире 2019 инж.нелин1 работает только при данном параметре жесткостей



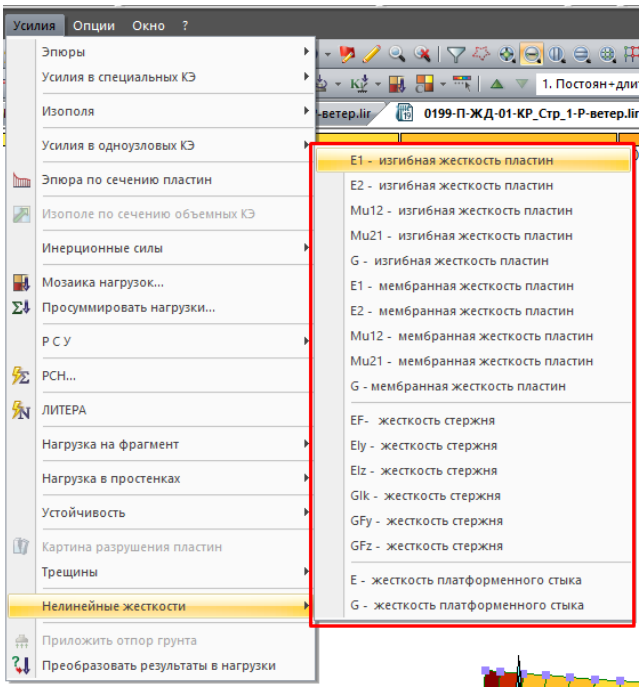
Нет четкой инструкции, по выбору определяющего загружения, худший вариант выбран на скриншоте.

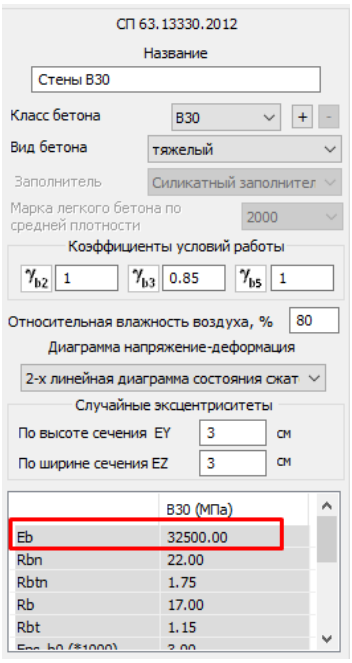


*Для всех стержней и пластин «Максимальный % армирования» необходимо увеличить до **20**.*



Увеличение максимального процента армирования элементов до 20%. В итерационном процессе подбора армирования и жесткостей программе необходимо дать возможность выходить за макс. проценты армирования. Пример: схема не считается с процентами армирования по СП - разрушается элемент и процесс останавливается. Увеличиваем макс. процент армирования, расчет выполняется успешно. Проверяем максимальные проценты армирования руками - всё в пределах допустимых величин. Всё, дальше можно запустить расчет и получить обновленные результаты армирования и карты жесткостей.





Важно!

1) ***Инженерная нелинейность 1 не достоверно считает прогибы!***
2) Не стоит пытаться изменять модуль упругости бетона в жесткостях, инж.нелин.1 берёт начальные модули упругости из материалов и в характеристиках пластины можно указать хоть 0.

6.2 Инженерная нелинейность 2

Метод «Инженерная нелинейность 2» состоит в следующем:

1. *“Инженерная нелинейность 2” подразумевает какое-либо проектное армирование, на основании которого будут определены жесткостные характеристики КЭ.*

   Проектное армирование рекомендуется подбирать по следующему алгоритму:
   1) *Определяем изополя требуемого армирования в инж. нелинейности 1*
   2) *Определяем армирование для стержневых элементов в ЛИР-Арм локальном (см. приложение 1)*
   3) *Определяем армирование по огнестойкости согласно СП 468.1325800*
   4) *Принимается проектное армирование, которое будет отражено в графической документации.*
2. *Всем элементам схемы задается проектное армирование через ТЗА (типы заданного армирования), схема переводится в полностью нелинейную, меняются типы КЭ, задаются законы деформации бетона и арматуры. Постоянные и длительные нагрузки должны быть в 1 загружении. Можно добавить монтаж по желанию.*
3. *В результате нелинейного расчета с учетом реального армирования конструкции каждого сечения стержня и КЭ пластинчатой конструкции определяются жесткостные характеристики.*
4. *Выполняется традиционный расчет конструкции. Традиционный расчет подразумевает расчет в линейно-упругой постановке на весь набор нагружений (собственный вес, полезная нагрузка, сейсмика и др.), составление РСУ или РСН, подбор или проверку сечений стержней железобетонных и стальных элементов, конструирование.*
5. *По результатам расчета определяется отсутствие разрушенных элементов (или допустимость разрушаемого элемента) и достаточность принятого армирования (через изополя достаточности армирования)*

6.2.1 Типы Заданного Армирования (ТЗА)

Типы заданного армирование, это задание КЭ реального армирования, которое будет в рабочей документации. ТЗА можно задавать как в линейной схеме, так и в инженерных нелинейностях 1 и 2. Однако только в “инженерной нелинейности 2” ТЗА используются для определения жесткостных характеристик КЭ. В остальных типах расчета задание ТЗА позволит лишь выполнить сравнение ТЗА с требуемой арматурой.

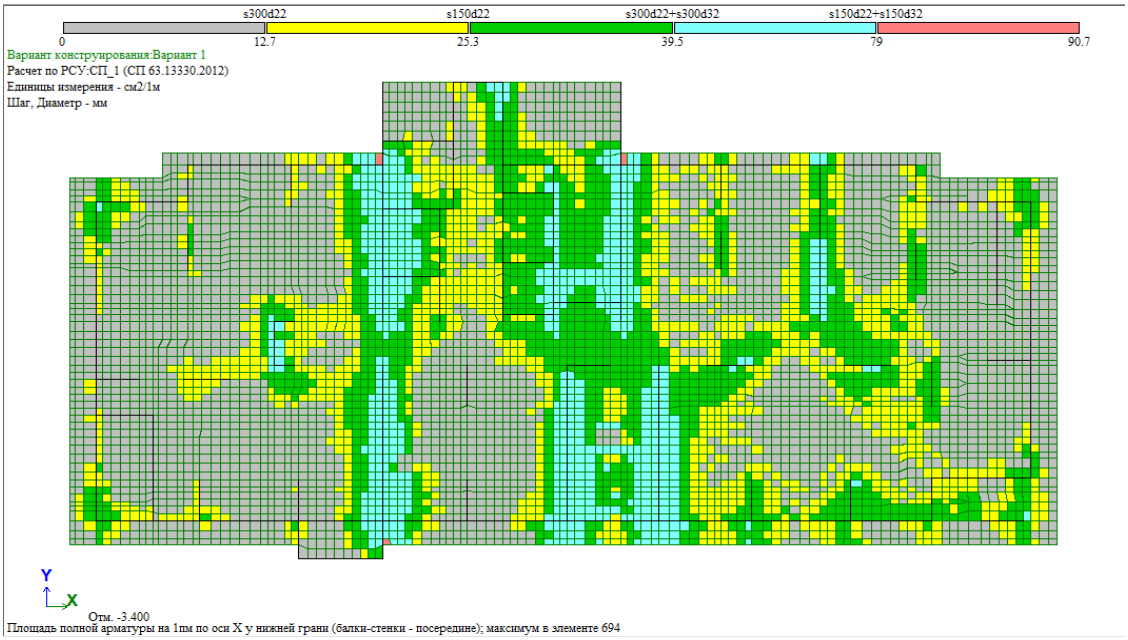
Для последующего расчета в “инж. нелин.2” необходимо задать ТЗА для всех элементов схемы.

Важно: ТЗА в схеме считается уже полностью заанкеренным, то есть в реальности за грань ТЗА выходит длина анкеровки.

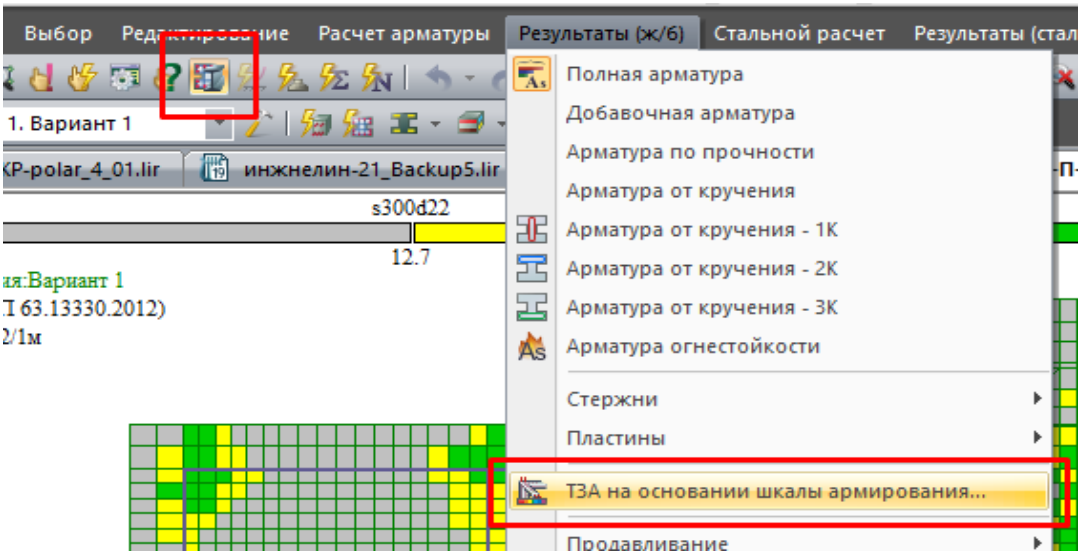
6.2.2 Задание Типов Заданного Армирования (ТЗА) для плит.

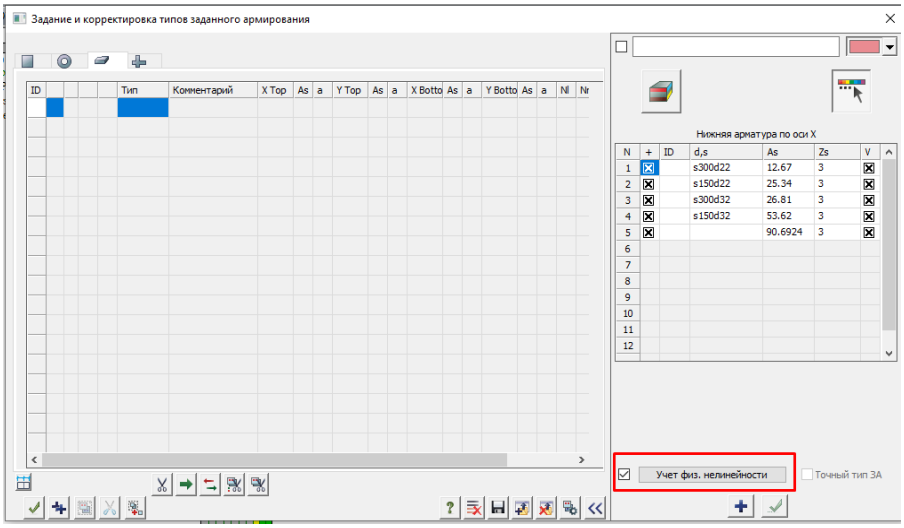
В горизонтальных конструкциях удобнее принимать ТЗА на основе изополей армирования ранее выполненного расчета “нелинейность 1” либо “понижение 0.3 и 0.6”. Инструментарий Лиры позволяет принять подобранную мозаику армирования, как ТЗА на основе шкалы, которую мы задали.

После задания шкалы армирования

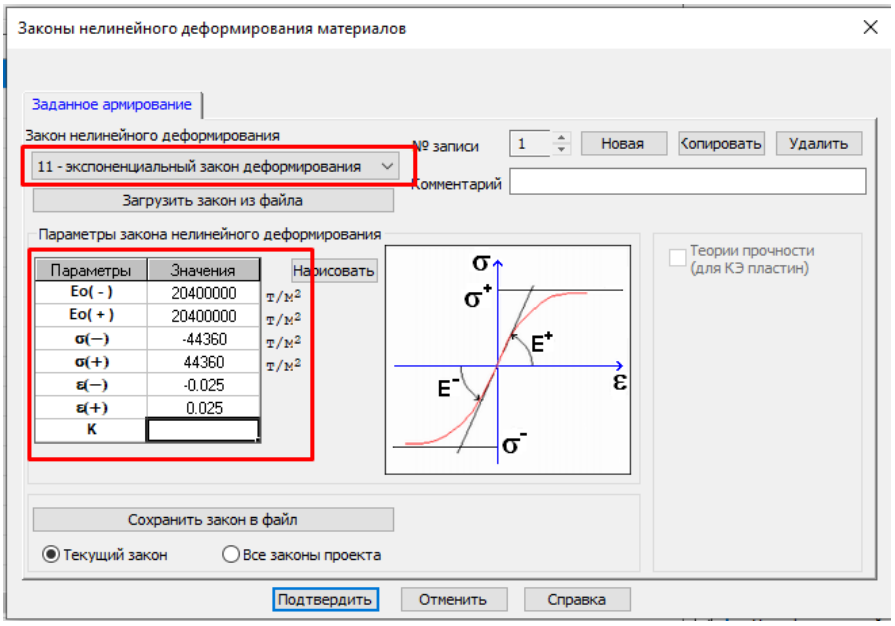


*Выбираем **“принять ТЗА на основании шкалы армирования”***

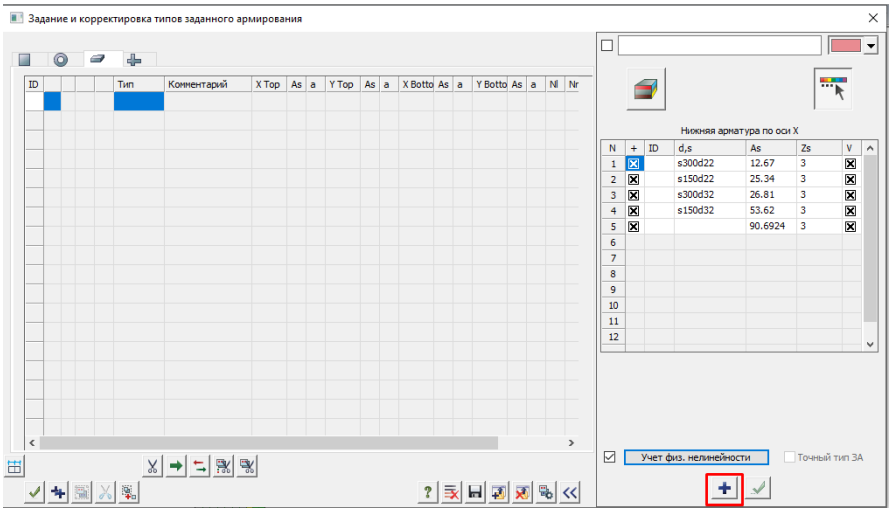




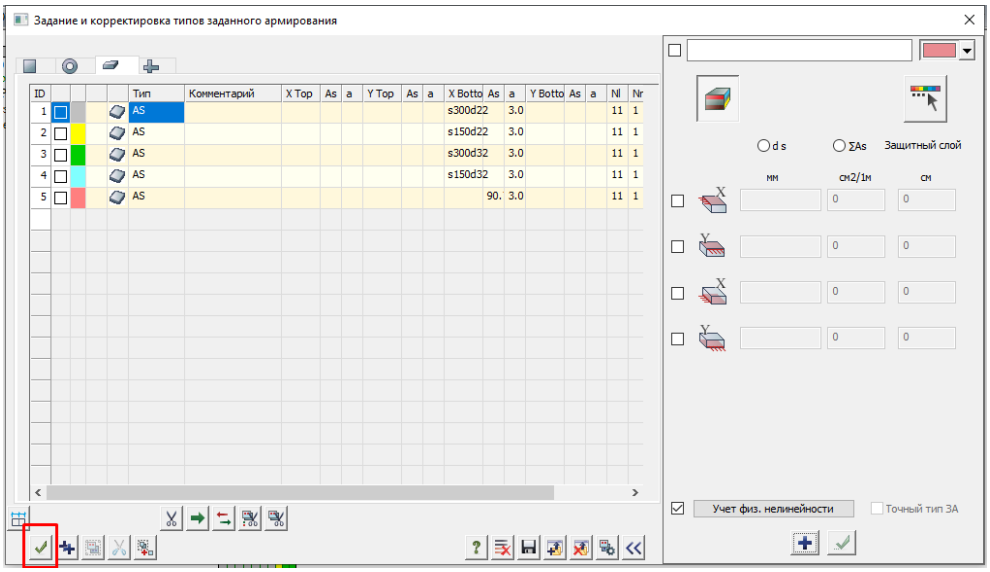
Во всплывшем окне указываем учет нелинейности для арматуры



подтверждаем принятый закон

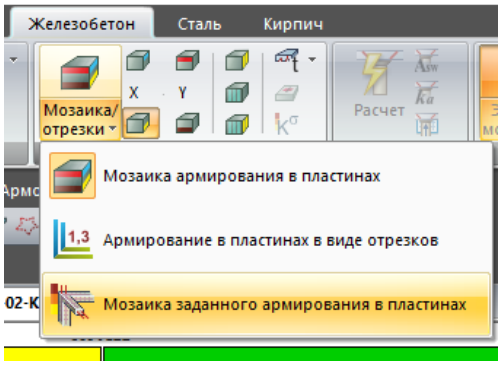


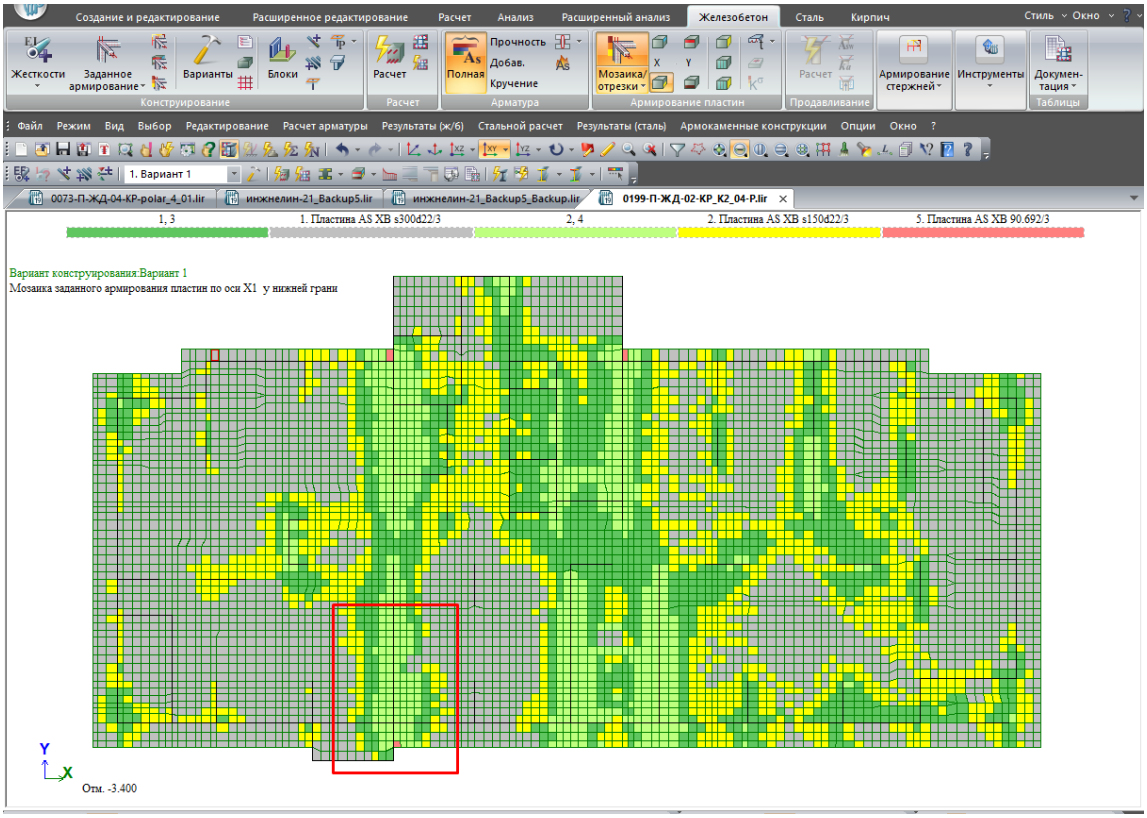
И добавляем созданные ТЗА



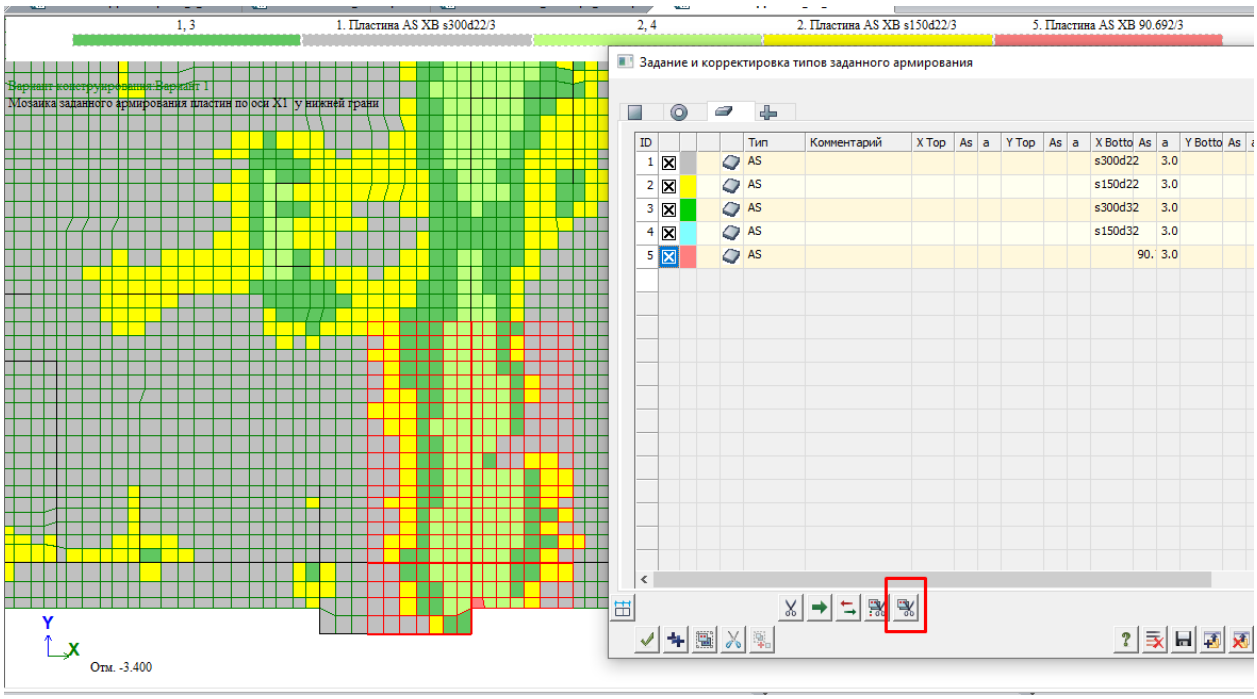
Подтверждаем создание

В интерфейсе “лента” выбираем мозаика заданного армирования

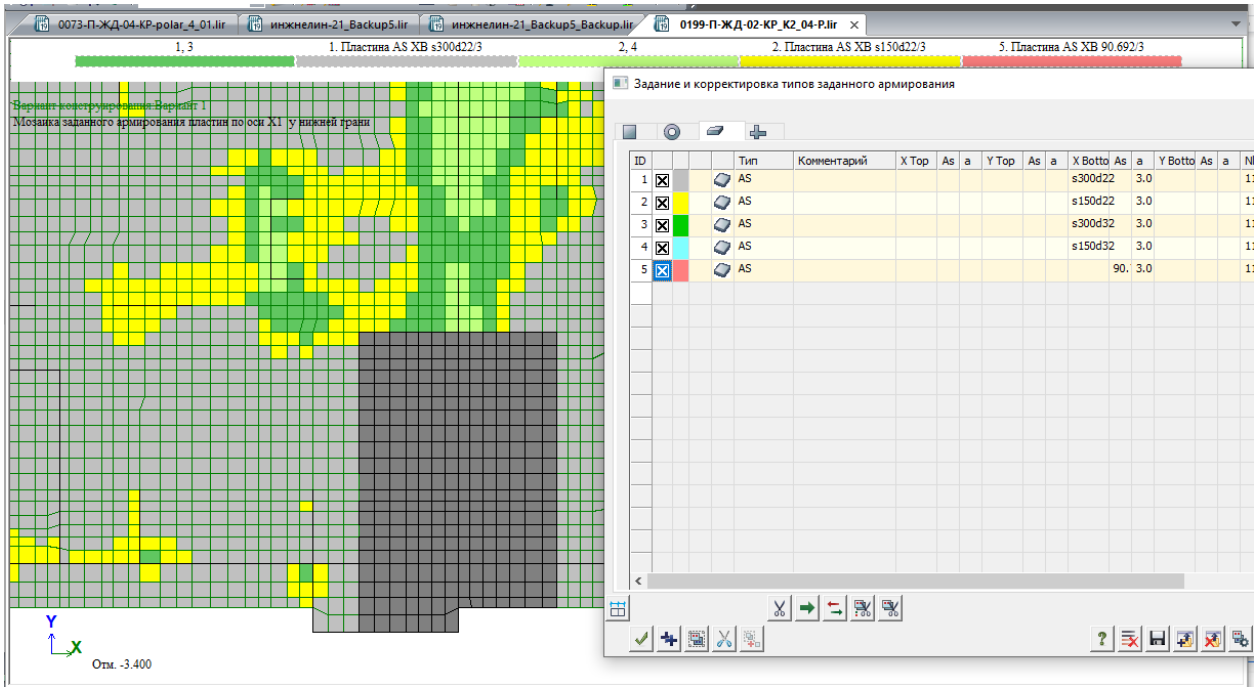




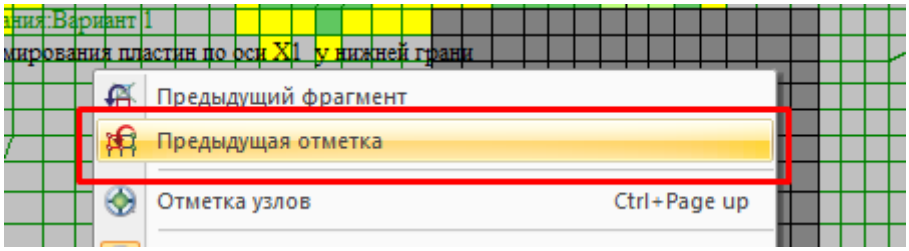
ТЗА на основе изополей армирования - готовы. Теперь перейдём к реальному армированию. Выбираем выделенный рамкой участок и удаляем все типы заданного армирования на нем



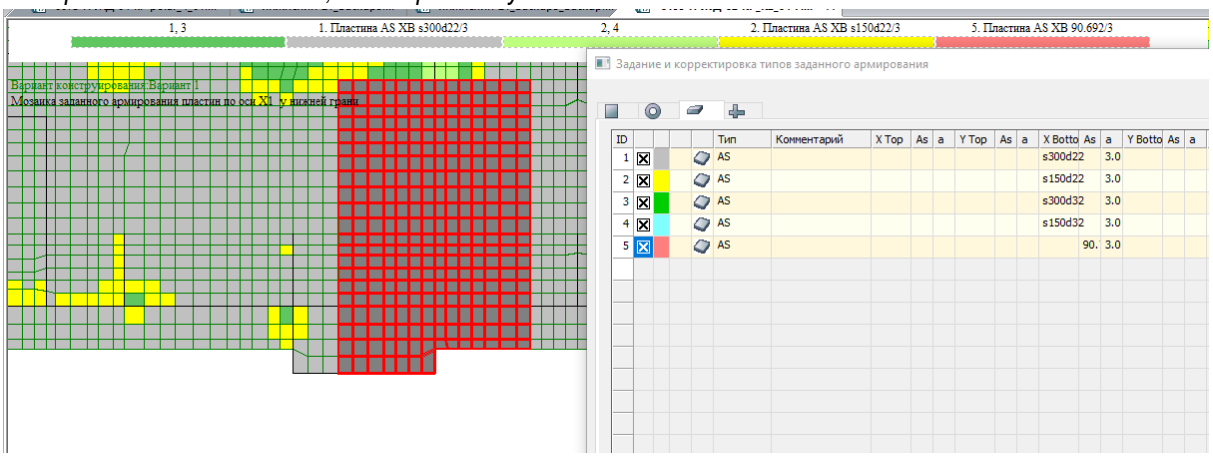
И удаляем все присутствующие на этом участке ТЗА в направлении “Низ X”



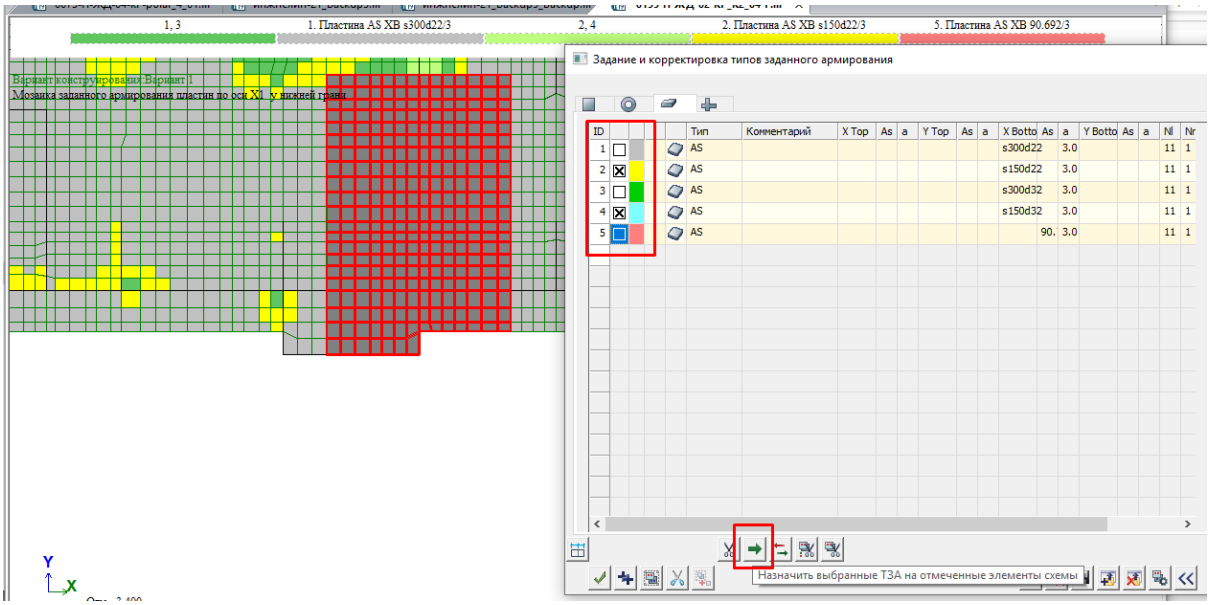
далее -правый клик мышки и выбираем



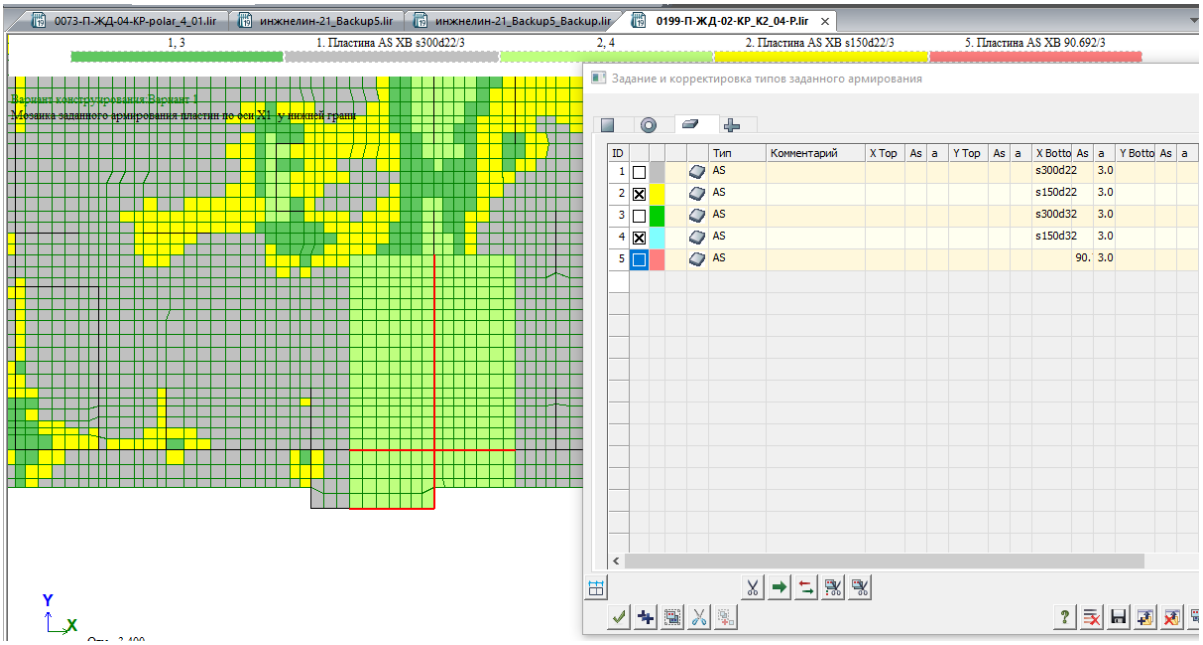
Выбираются все элементы, с которых мы удалили ТЗА



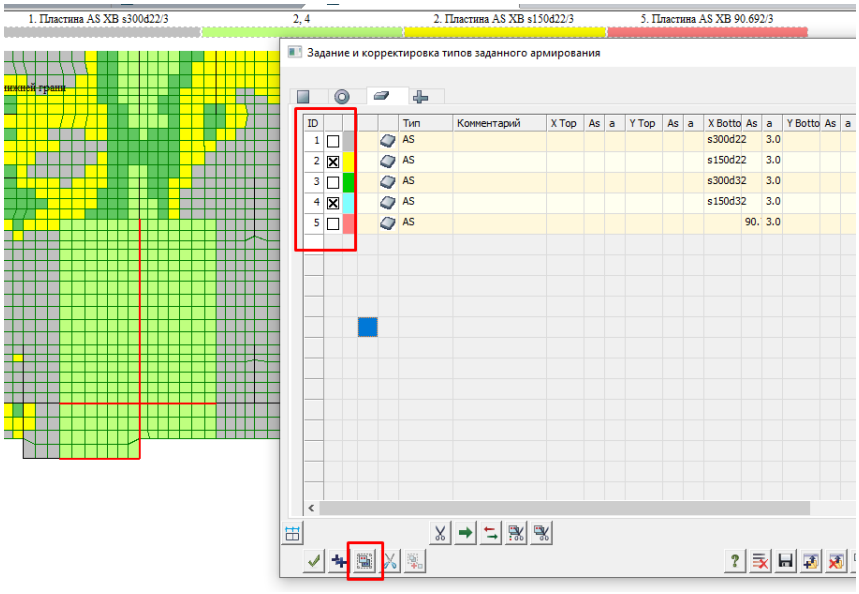
и назначаем то армирование, которое будет по факту.



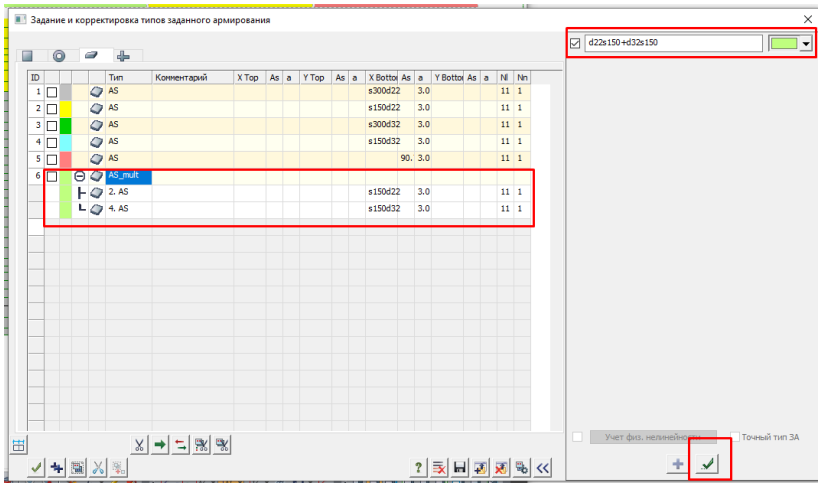
Итоговый результат



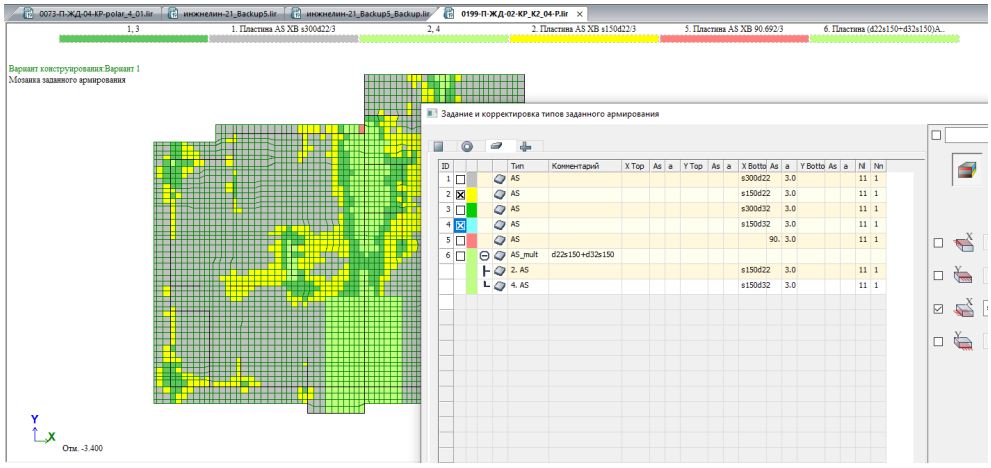
Полезный совет: если для составного ТЗА (в данном случае 2+4) создать комбинированный тип армирования.



и в описании указать диаметры и шаги составного ТЗА.



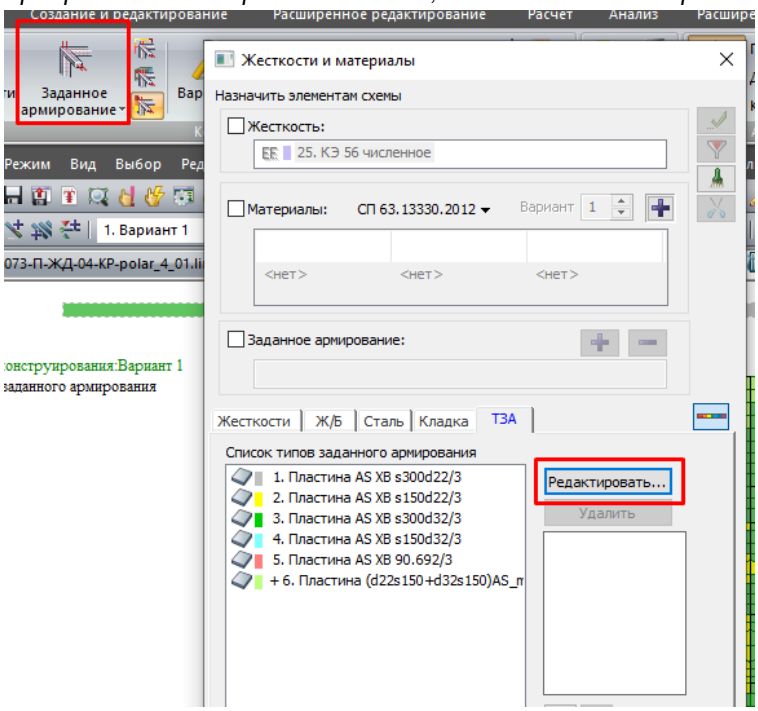
То в итоговой мозаике ТЗА вместо комбинации слагаемых ТЗА 2+4 будет отображаться описание, где вы указали диаметры и шаг. Это очень сильно упростит работу категорийных инженеров, по выполнению рабочей документации. Есть цвет, есть расшифровка в самой шкале.



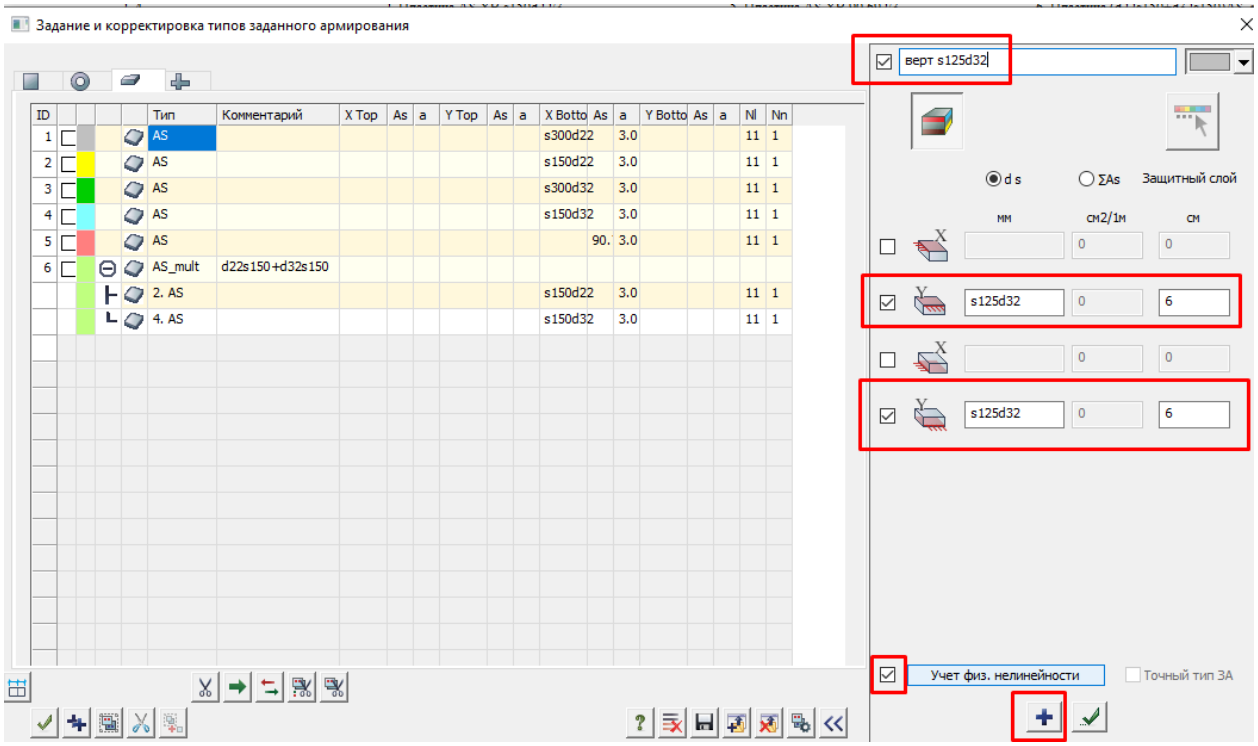
Дальше по аналогии необходимо повторить это для остальных участков плиты и направлений армирования.

6.2.3 Задание Типов Заданного Армирования (ТЗА) для стен

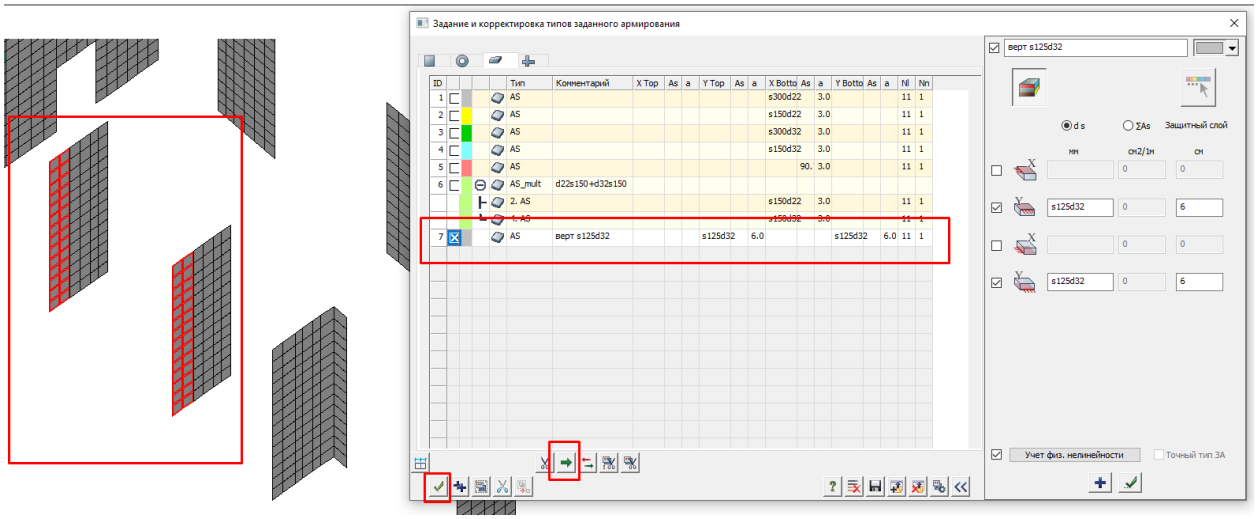
Армирование стен просто задается, без каких-либо экспортов.

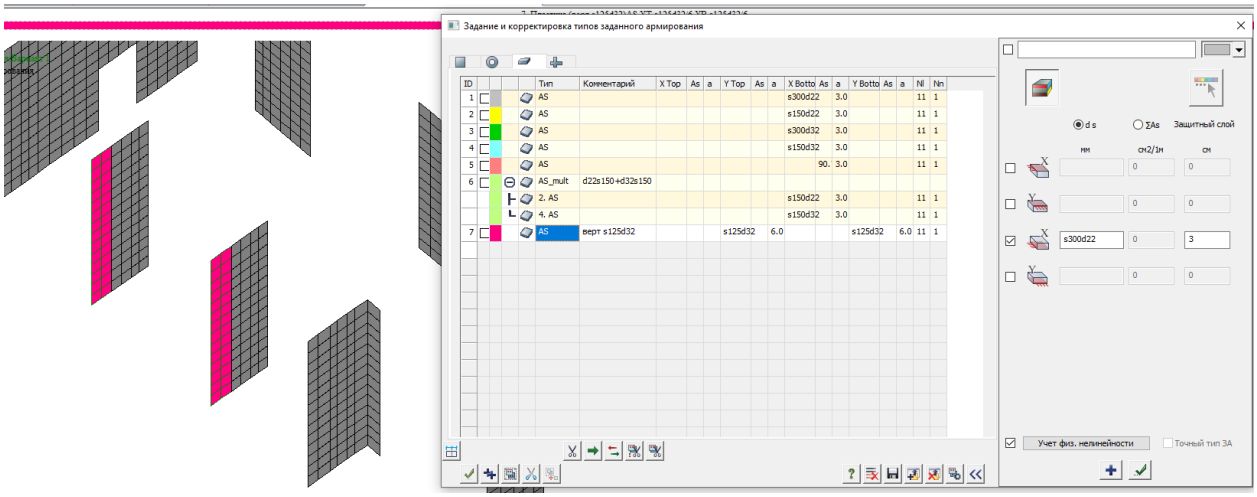


создаются необходимые типы армирования



Выбираются элементы с соответствующим армированием и задается ТЗА

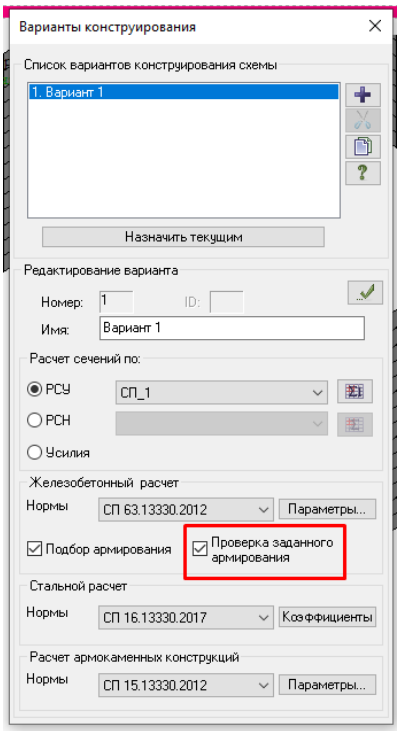




Далее по аналогии задается горизонтальное армирование вертикальных элементов.

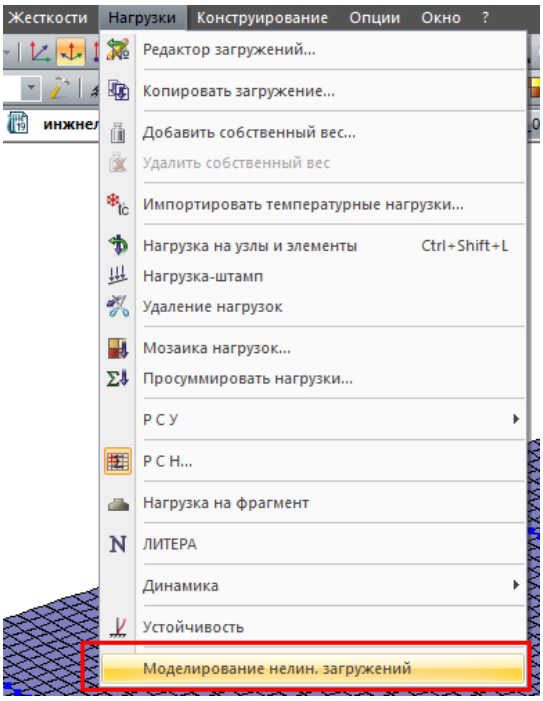
Примечания.

- *Если вы создали ТЗА пластины, но он не появился в списке, перейдите временно в соседнюю закладку, ТЗА любого стержня и вернитесь обратно в пластины. Созданный ТЗА отобразится.*
- *Для “нагрузочных стержней” тоже необходимо будет задать ТЗА принимаем условное сечение 10х10 см и назначаем армирование ТЗА в виде 4 стержня Ø16 мм.*
- *Всем элементам схемы необходимо задать ТЗА, в том числе “нагрузочным стержням” - без ТЗА это будет бетонный элемент, и он разрушится на первом же шаге.*
- *В вариантах конструирования активируем “проверка заданного армирования”*

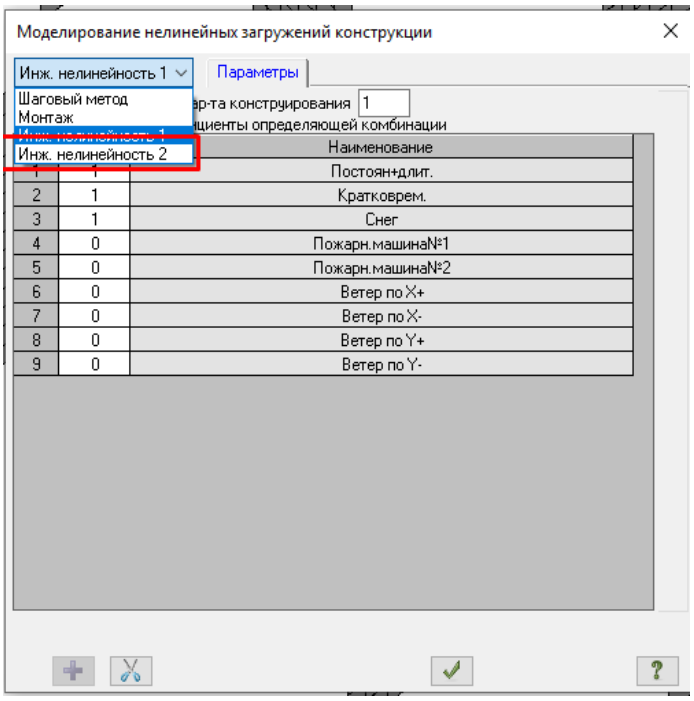


6.2.4 Активация инженерной нелинейности 2

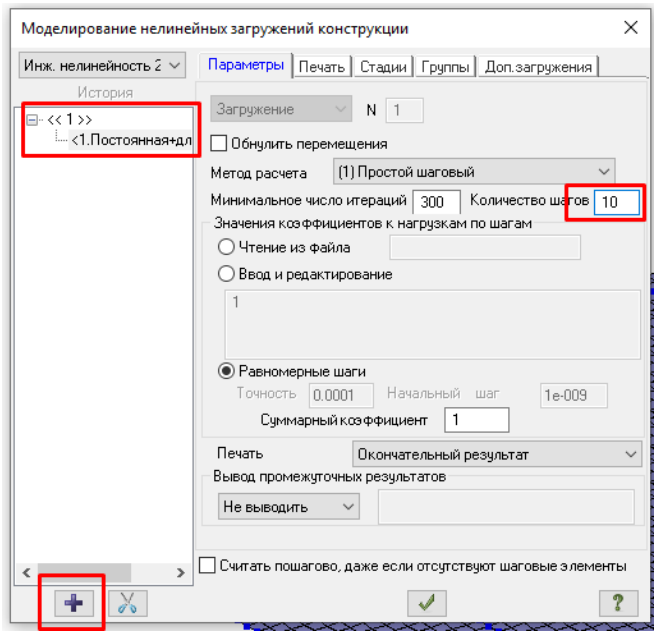
Нагрузки - нелин. загружения



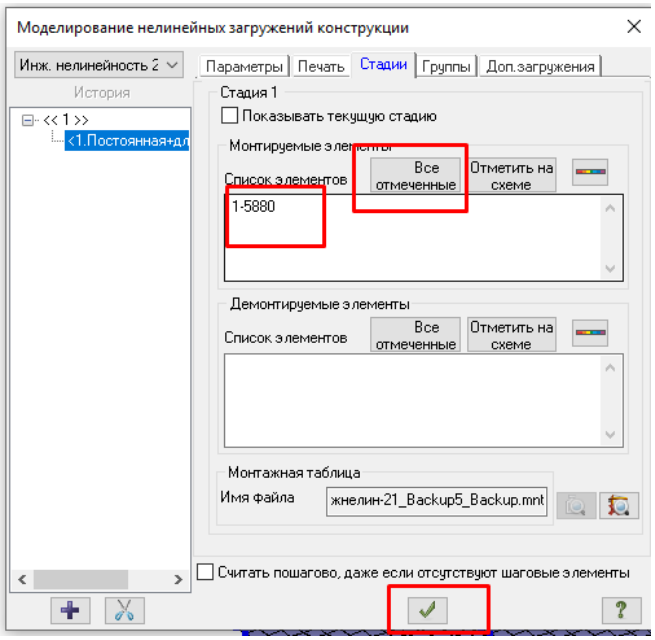
Выбираем инж.нелин.2



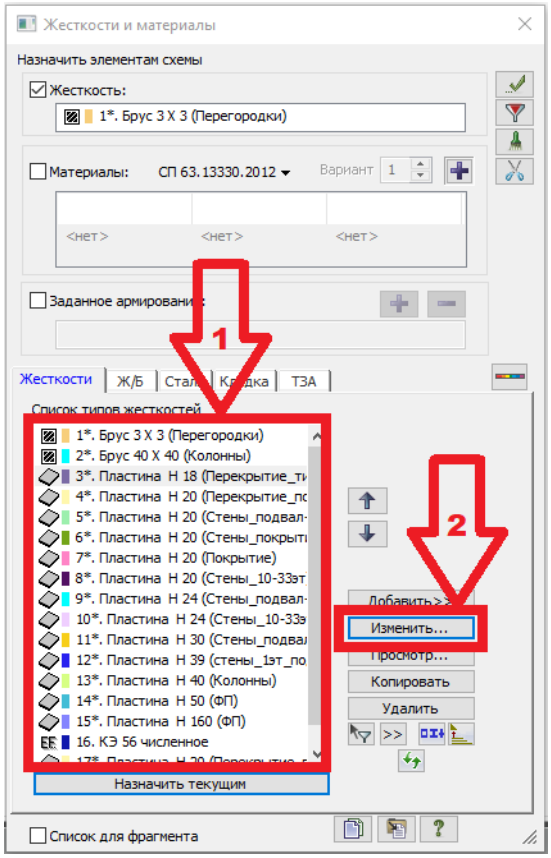
Добавляем 1 загружение (пост+длит)
Указываем 10 шагов.

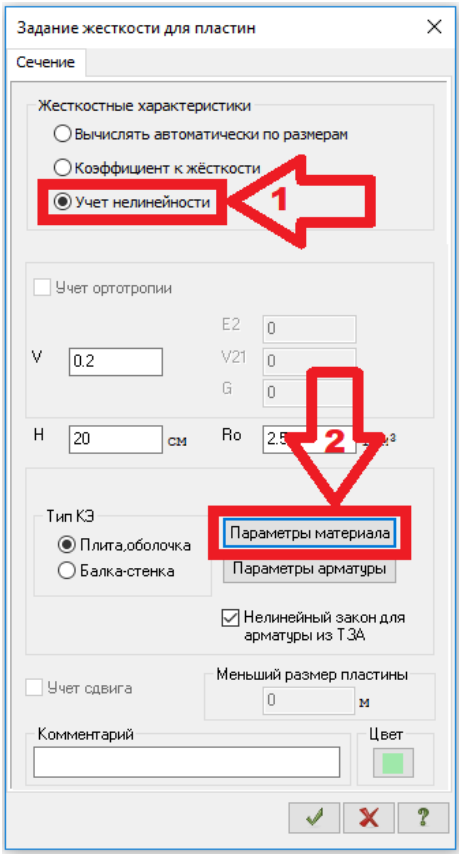


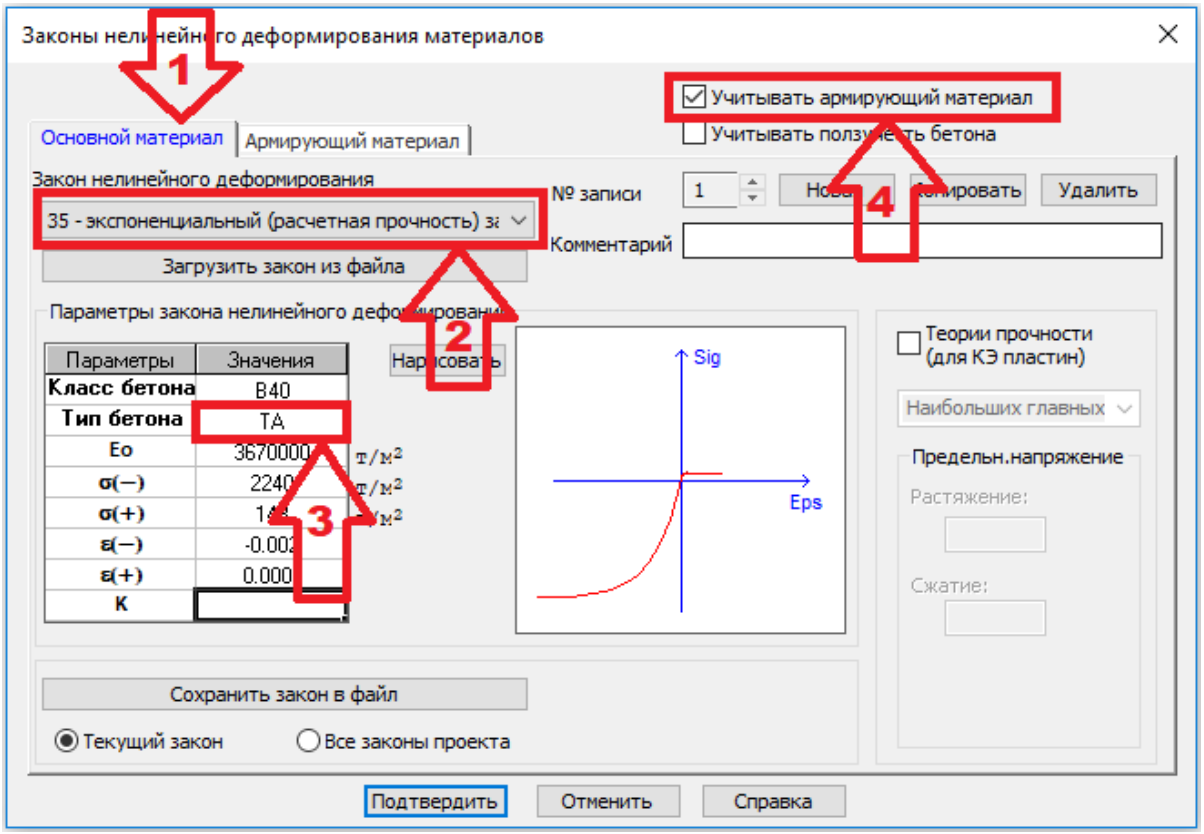
Добавляем все элементы схемы в 1 этап. монтажа



Изменение жесткостей

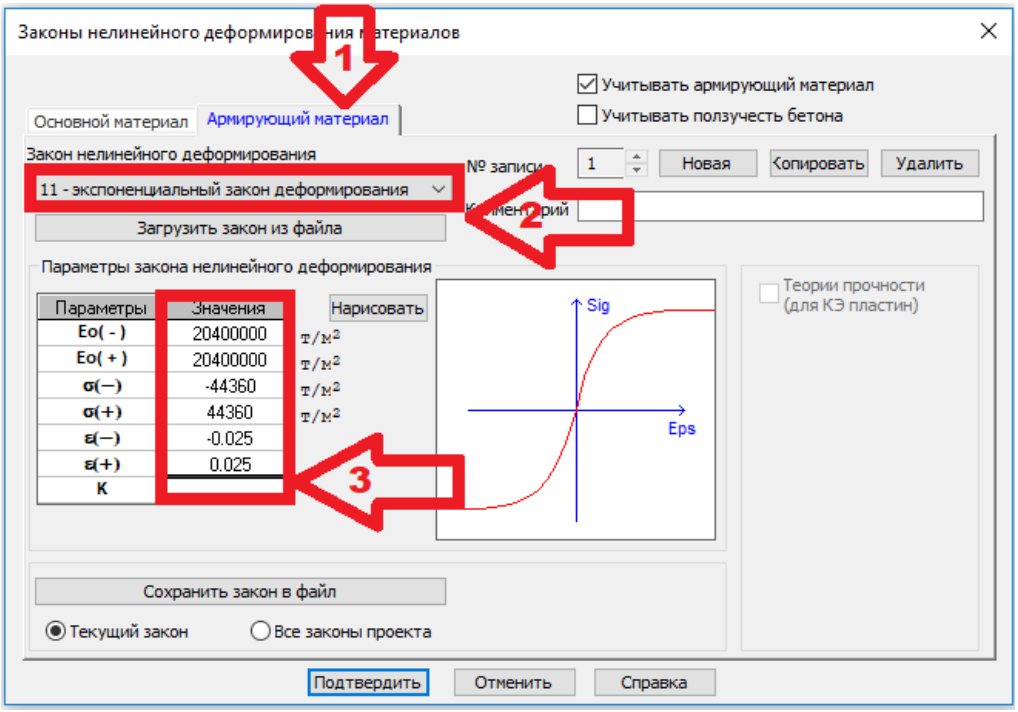






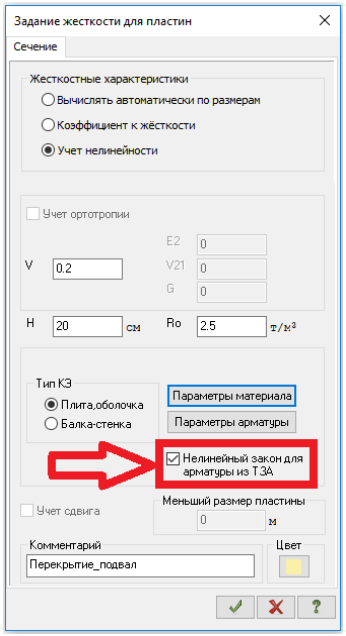
*Закон нелинейного деформирования - **35 - экспоненциальный (выбрать из выпадающего списка)***
*Класс бетона - **по проекту (выбрать из выпадающего списка)***
*Тип бетона - **ТА (бетон тяжелый естественного твердения)***
Eo - начальный модуль упругости бетона при сжатии и растяжении Eb (заполняются автоматически в зависимости от выбранного класса бетона)
σ(-) - предельное напряжение при сжатии (отрицательное значение) σ(–), расчетное сопротивление бетона на сжатие Rb (заполняются автоматически в зависимости от выбранного класса бетона)
σ(+) - предельное напряжение при растяжении σ(+), расчетное сопротивление бетона на растяжение Rbt (заполняются автоматически в зависимости от выбранного класса бетона)
*ε(-), ε(+) **-0,002** и **0,0001 (можно не заполнять)** соответственно (предельные относительные деформации при осевом сжатии и растяжении бетона) значения приведены для непродолжительно действующих нагрузок согласно СП 52-101-2003 п.5.1.12 или СП 63.13330 п. 6.1.14*
K - коэффициент запаса по обобщенному напряжению (по умолчанию 1)

Выбрать "Учитывать армирующий материал"
*Включить радио-кнопку **"Учет нелинейности"** и перейти в раздел **"Параметры материала"***



*Закон нелинейного деформирования - **11 - экспоненциальный закон деформирования** Характеристики арматуры приведены для арматуры **A500C***
E_0(–) – начальный модуль упругости при сжатии;
E_0(+) – начальный модуль упругости при растяжении;
σ(–) – предельное напряжение при сжатии (отрицательное значение);
σ(+) – предельное напряжение при растяжении;
***σ = 44 360 т/м2** - для расчета армирования;*
ε(–) – предельная относительная деформация при сжатии ;
ε(+) – предельная относительная деформация при растяжении ;
***ε = 0,025** согласно 52-101-2003 п.5.2.12 и СП 63.13330 п.8.1.30*
K – коэффициент запаса по обобщенному напряжению (по умолчанию 1). Дополнительный параметр: множитель, с помощью которого можно повлиять на заданные значения предельных напряжений.

*Установить галочку **“Нелинейный закон для арматуры ТЗА”***

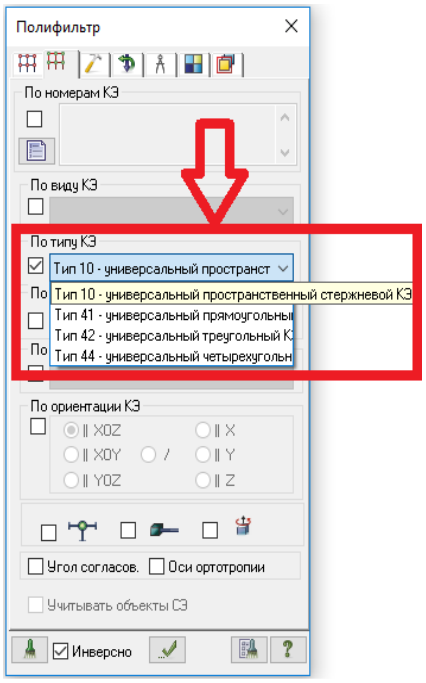


*Поменять всем пластинчатым и стержневым элементам **“Тип конечного элемента”***
*для удобства выбора следует применить “Полифильтр” (сочетание клавиш **ctrl+shift+s**) для элементов “**По типу КЭ**” и выбирая поочередно все элементы поменять им Тип КЭ, соответствующий расчету с учетом нелинейности*

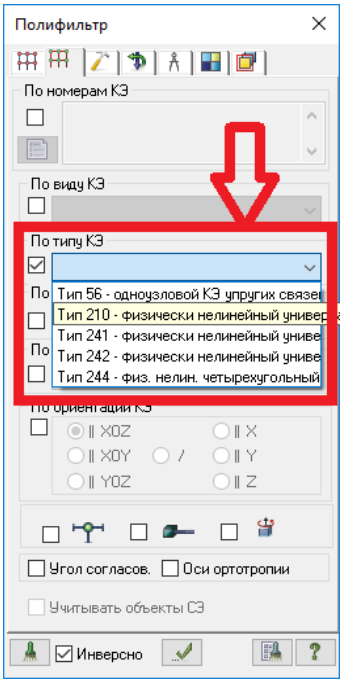
Таблица перехода к КЭ для учета

Тип 10	*Тип 210*
Тип 41	*Тип 241*
Тип 42	*Тип 242*
Тип 44	*Тип 244*

Было



Стало

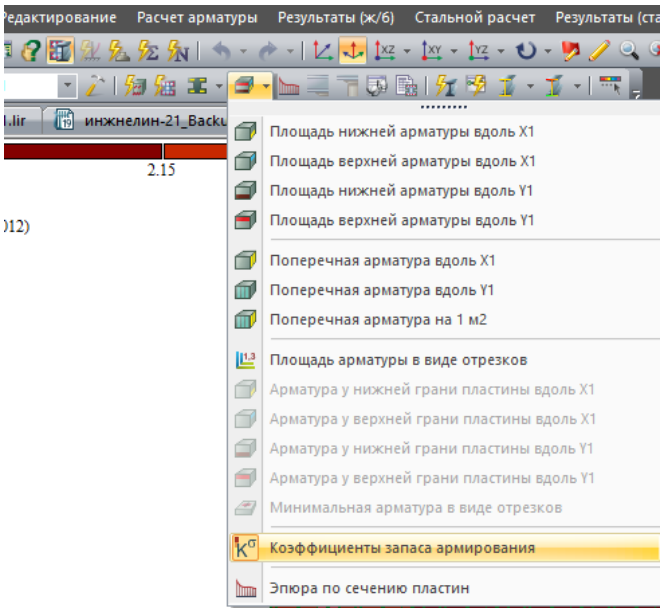


*после выбора элементов необходимо вызвать панель **“Смена типа конечного элемента”** (сочетание клавиш **ctrl+shift+k или в контекстном меню после нажатия правой кнопки мыши**)*

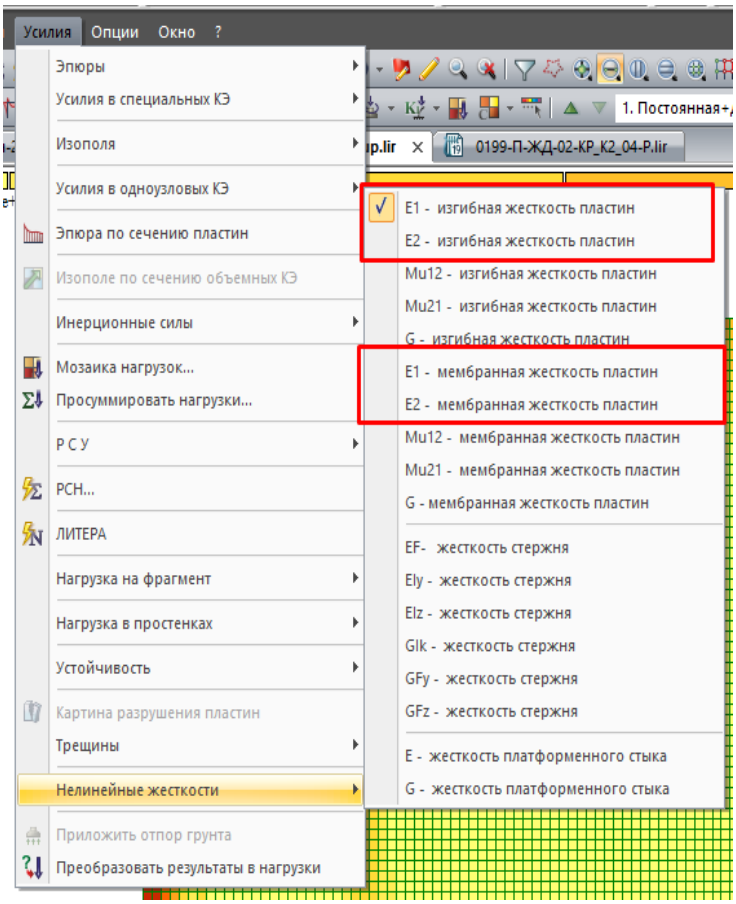
Примечание:** **если сначала поменять Тип КЭ, а затем в таблице “Жесткости и материалы” установить “учет нелинейности”, то жесткости “слетят” с элементов схемы и придется задавать ВСЕ жесткости заново.
Запускаем расчет.

6.2.5 Анализ расчета

Становится активной пункт «коэф. запаса армирования». Наличие элементов с коэф. запаса <1 не рекомендовано, и остается на усмотрение главспеца, так как ТЗА не учитывает зону анкеровки.



Еще одним условием корректного расчета является проверка значений мозаик ***"Изгибных и мембранных жесткостей пластин E1, E2"*** *У разрушенных элементов E<10000*



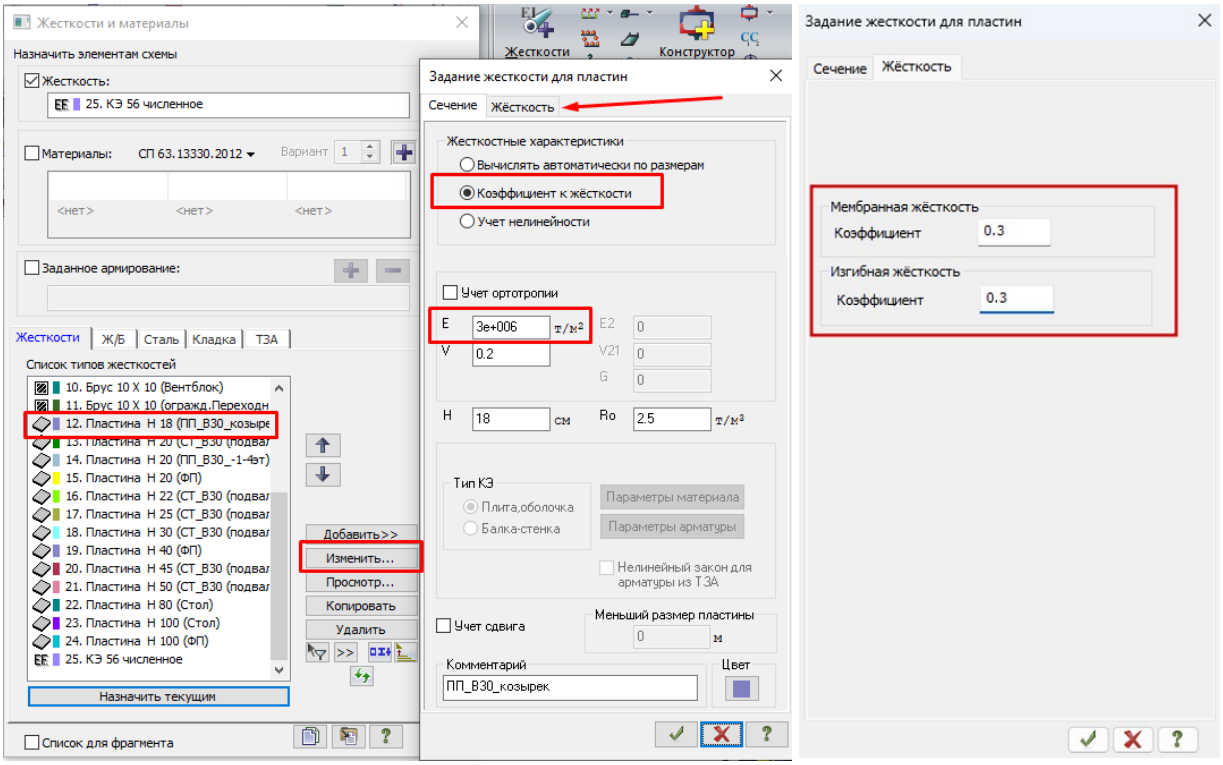
Примечание: при анализе схем вы обнаружите КЭ которые имеют околонулевые жесткости, которые обозначены разрушенными и при этом воспринимающие значимые напряжения. Логика работы программы такова: КЭ с заданным армированием воспринимает усилия в шаговой постановке до тех пор, пока не разрушится, после превышения допустимого напряжения КЭ выключается из работы конструкции и воспринимает только то усилие, которое в состоянии воспринять и следующие шаги загружения догружают уже соседние КЭ. Определение допустимости разрушения одного КЭ - остается на усмотрение главспеца. Если это горизонтальный элемент перекрытия и там ещё будет некоторая не до конца заанкерованная арматура, это один случай. Если у вас разрушается опорный угол пилона это совсем другое дело.

6.3 Понижение модуля упругости бетона

При соотношении толщины изгибаемого элемента к длине пролета в пределах рекомендаций 1/30 результаты нелинейного расчета довольно близки к результатам расчета линейной схемы с понижением “0.3 и 0.6”. Применяем единый понижающий коэффициент для мембранной и изгибной жесткостей.

Таблица коэффициентов к жесткостям

Вид конструкций	*Мембранная жесткость*	*Изгибная жесткость*
Вертикальные	*0,6*	*0,6*
Горизонтальные	*0,3*	*0,3*
Горизонтальные для прогибов	*0,2*	*0,2*



6.4 Рекомендации по выбору методики моделирования нелинейной работы железобетона

Согласно нормам и здравому смыслу, нам необходимо учитывать нелинейную работу железобетона.

В нашем распоряжении 3 инструмента этого моделирования

1) ***Понижение “0.3 и 0.6”***

   Плюсы:

   1) Простота использования

   2) Некоторая “легальность” в конструкторской среде.

   Минусы:

   1) Слишком упрощенный метод не учитывающий НДС системы

   2) Теряет достоверность при отклонении от рекомендуемых соотношений пролетов и толщины ж/б. В подземном и первом этаже, результаты сильно отличаются от нелинейности. Добавляет много там, где не надо, и недостает нужной арматуры там, где она необходима.

2) ***Инженерная нелинейность 1***

   Плюсы:

   1) Просто и быстро задается и результаты очень близки к нелинейности 2:

   Минусы:

   1) Это внутренняя разработка ЛИРА-САПР и для нас это “черный ящик”, что и когда там может вылезти 100% уверенности нет,

   2) В результатах армирования присутствует “клавишность” - с резкими скачками, которые необходимо осреднять или игнорировать главспецу (необходимо проанализировать несколько схем посчитанных в инж.нелин.1 и инж. нелин.2)

   3) Прогибы - абсолютно не верны.

3) ***Инженерная нелинейность 2***

   Плюсы:

   1) Наиболее достоверный метод моделирования в доступных нам программах.

   2) Экономия времени на создание заданий, на выполнение рабочки, и на требования к “мозгам” исполнителя. Изополя принятых ТЗА, как задание на армирование - сильно упрощают выполнение рабочей документации. Всё что должен знать исполнитель - от края зоны надо отступить длину анкеровки.

   3) Представители ЛИРА-САПР обещают ввести функцию учета расхода арматуры из ТЗА. Это сильно увеличит достоверность ведомостей для реновации и позволит объяснять заказчикам почему не надо делать 10 метровые пролеты не на языке “у вас увеличится расход из-за этого” а на языке “расход на здание будет не 110кг/м3 а 140кг/м3”

   Минусы:

   1) Необходимо больше времени на работу со схемой.

Базовое развитие событий - расчет схемы в инж. нелин.2

При острой нехватке времени, можно порекомендовать следующую методику:

На основании расчета инж.нелин.1 и огнестойкости принимается достоверное армирование для инж.нелин.2 для подземного и первого этажа. Для остальных конструкций принимает ТЗА "широкими мазками", чтобы в процессе расчета эти конструкции не разрушились. ТЗА армирования вертикального армирования копируется на все этажи вверх, на типовых плитах перекрытия принять ТЗА на основе шкалы с завышенным фоновым армированием (допустим d16s250). Из этой схемы мы принимаем армирование для подз. и 1 этажей, а для типового этажа создаем схему или "инж. нел.1" или "0.3 и 0.6"

Таким образом, мы имеем достоверное моделирование наиболее нагруженной подземной части здания, и переходим к упрощенной методике моделирования на типовых этажах. На основании какого метода упрощения принимать армирование конструкций типового этажа, остается на усмотрение главного специалиста, ставящего подпись на документации.

7. Подбор арматуры в подпрограмме Лир-Ларм локальный

Наиболее достоверный метод принятия армирования стержневых элементов Лир-Арм локальный Данный модуль, рассчитывает стержневой элемент в 5 (значение по умолчанию, можно увеличить)
На основании нагрузок из РСУ и, исходя из реальной устанавливаемой арматуры в сечении стержневых элементов.
Полная проверка несущей способности сечения производится на основе пособия к СП 52.

N, My, Mz - Проверка на прочность от действия продольного усилия и двух моментов проводится на основе пп. 3.72-3.76 (прочность), с учетом пп. 3.49-3.50, 3.53-3.55 (прогиб).

Мкр - Проверка на кручение от действия крутящего момента проводится на основе п.п. 3.77, 3.78 (при условии М=0 (в форм. 3.153)).

Qz, Qy - Проверка на прочность от действия перерезывающих сил проводится на основе п.п. 3.29-3.31.

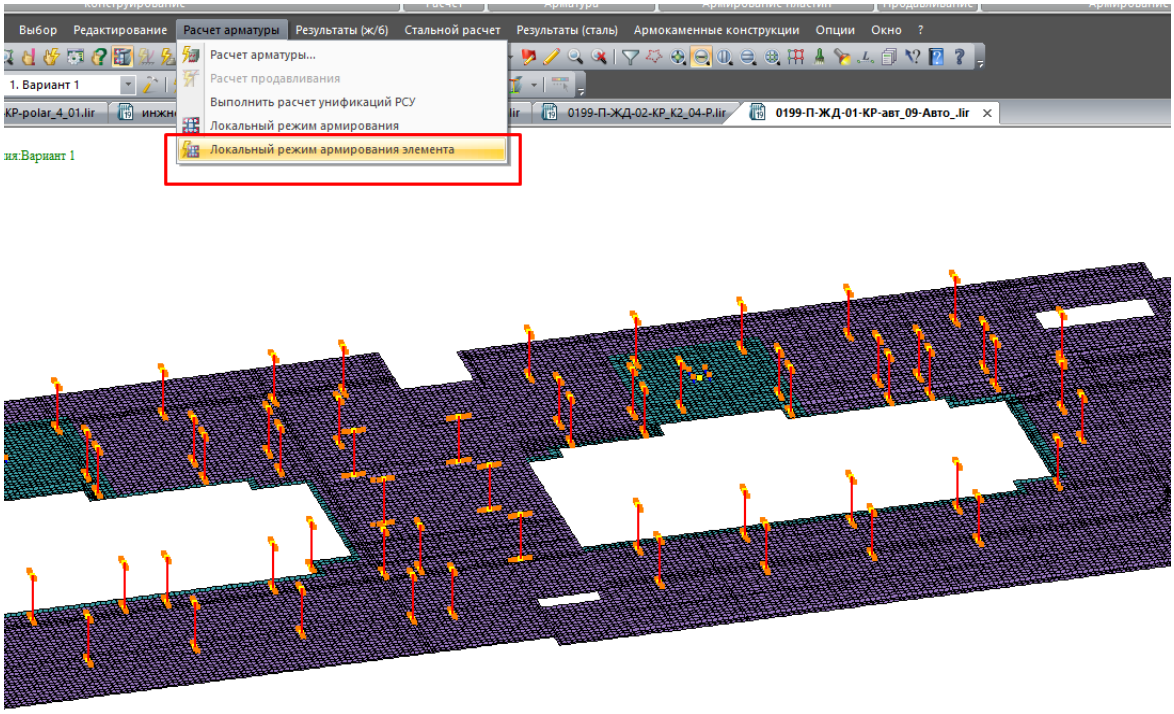
Открытие трещин - Проверка на открытие трещин проводится на основе п.п. 4.2, 4.4- 4.7, 4.10-4.14.

При проверке продольной арматуры учитывается совместное действие продольной силы и трех моментов п. 3.52, 3.78

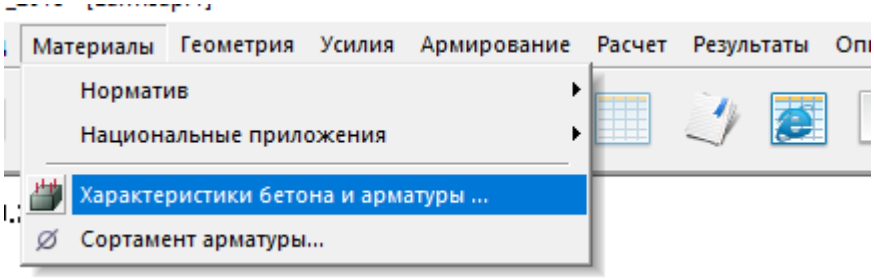
При проверке поперечной арматуры учитывается совместное действие крутящего момента и двух перерезывающих сил п.п. 3.79-3.80.

Проверка на сжатую полосу между наклонными сечениями - производится.

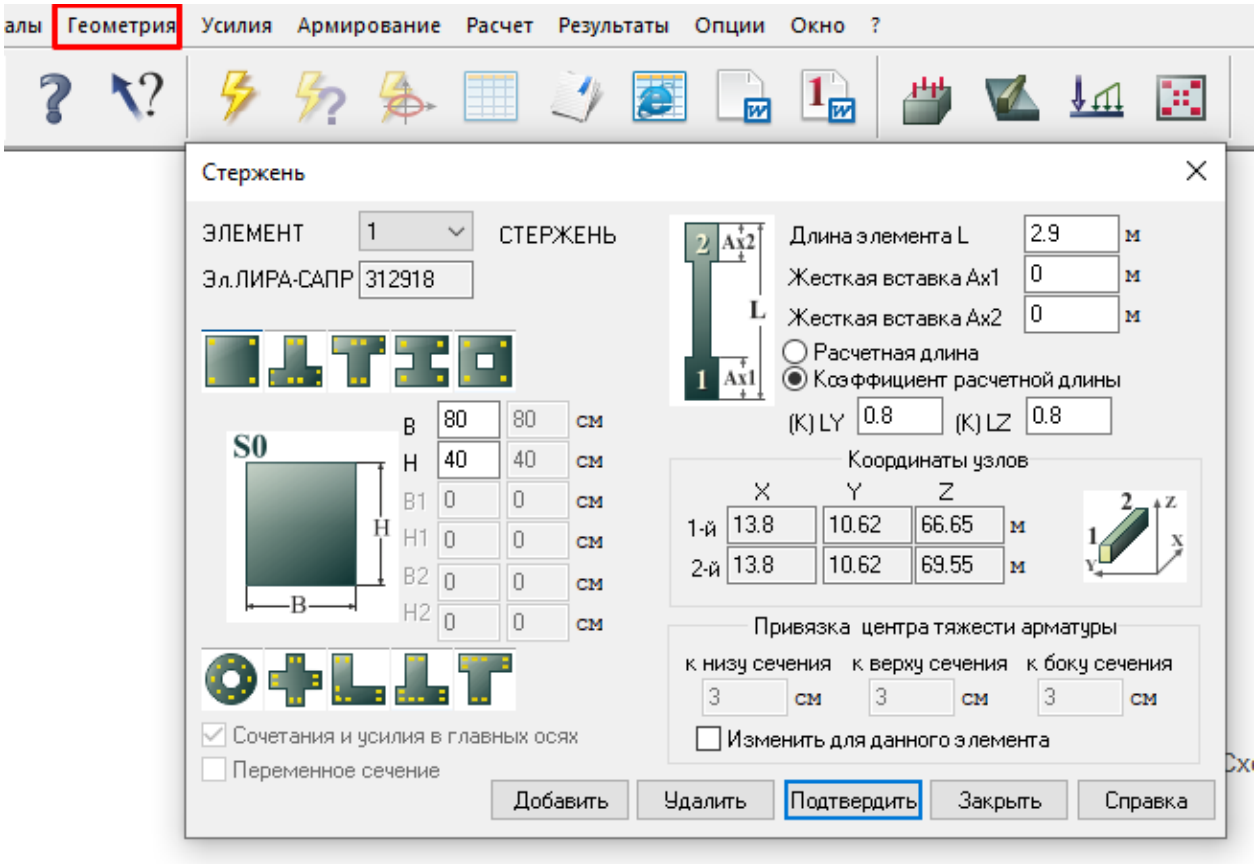
1. *После выполнения основного расчета и подбора арматуры в режиме конструирования выбираем интересующие нас стержни и нажимаем*



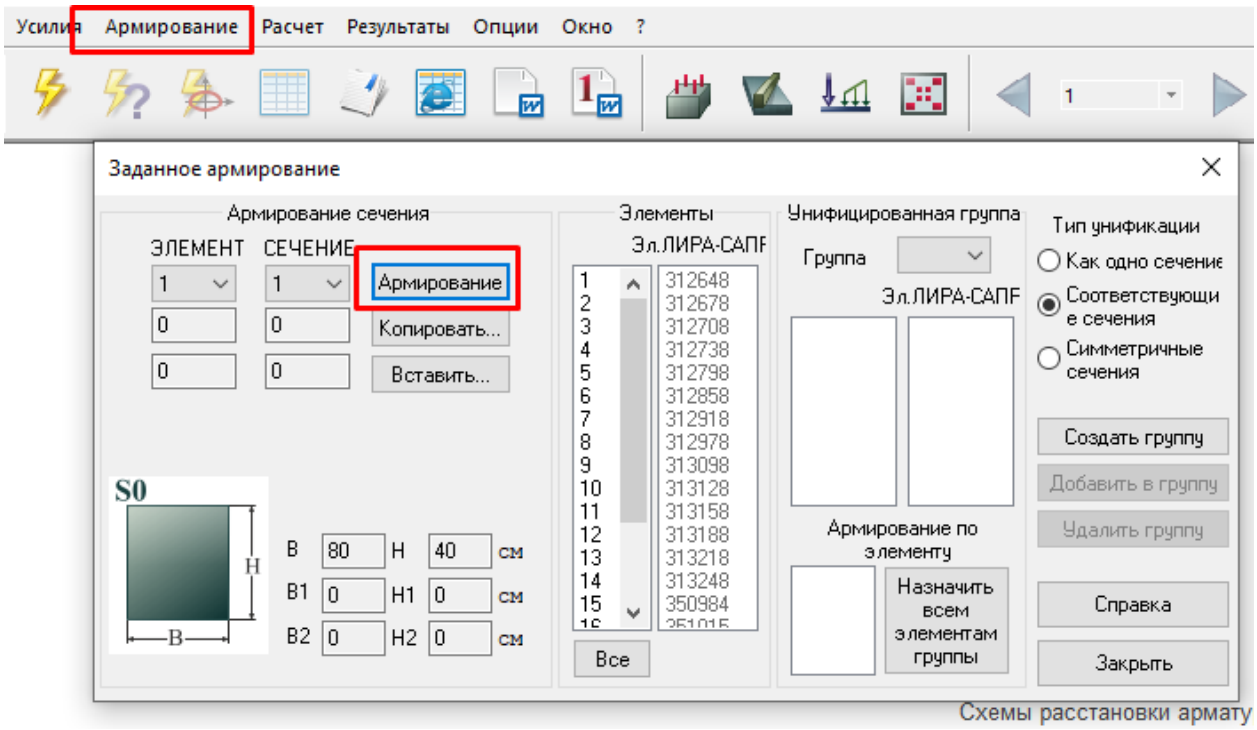
2. *Все материалы копируются из базового меню “материалы”, но при желании их можно отредактировать в этом меню.*



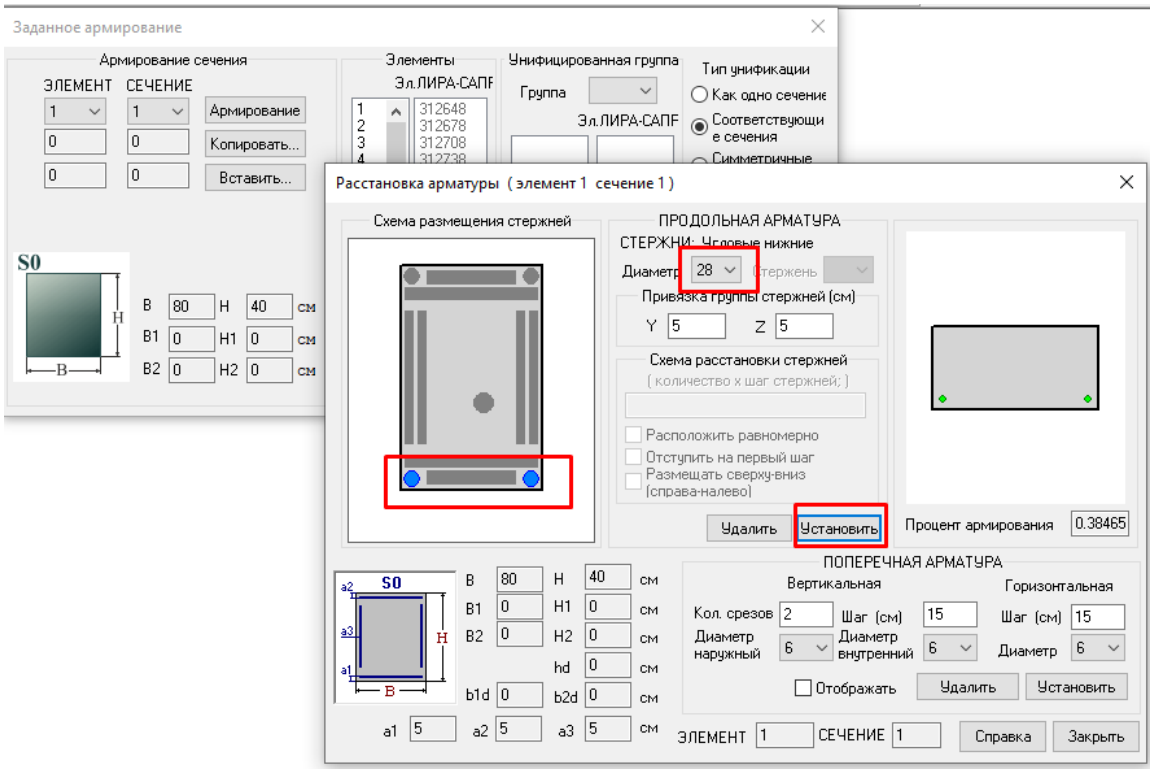
3. Во вкладке геометрия можно откорректировать геометрические характеристики

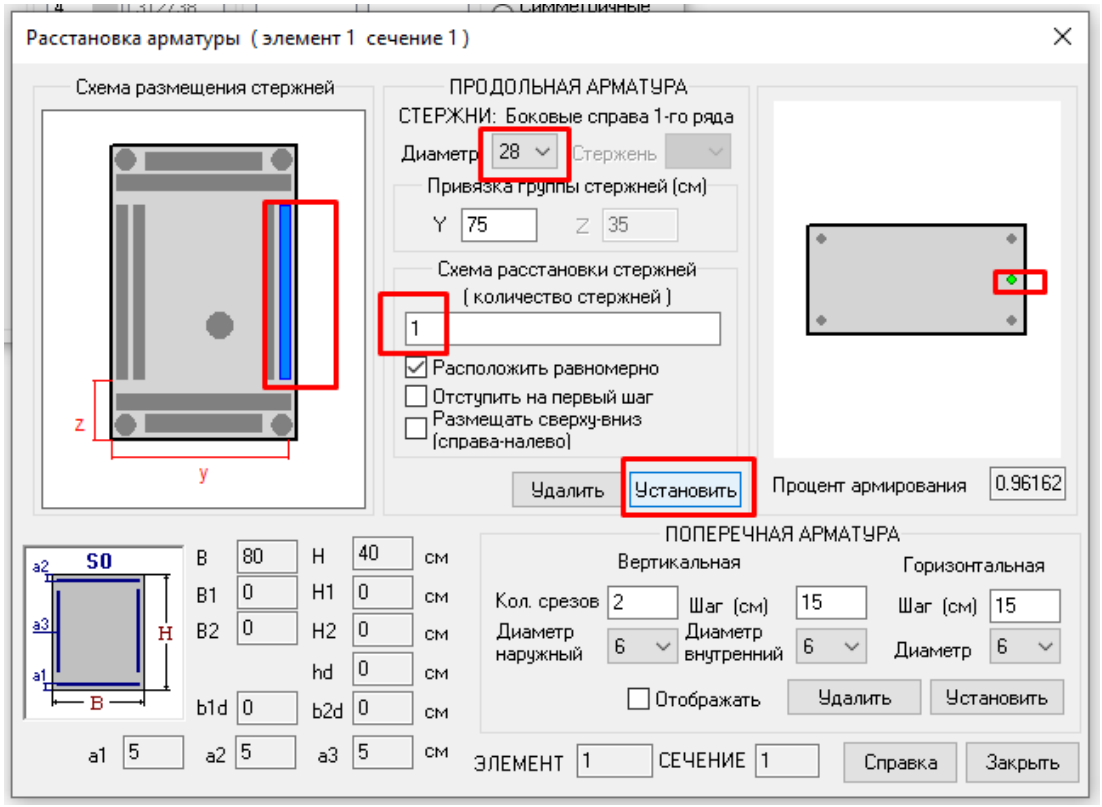


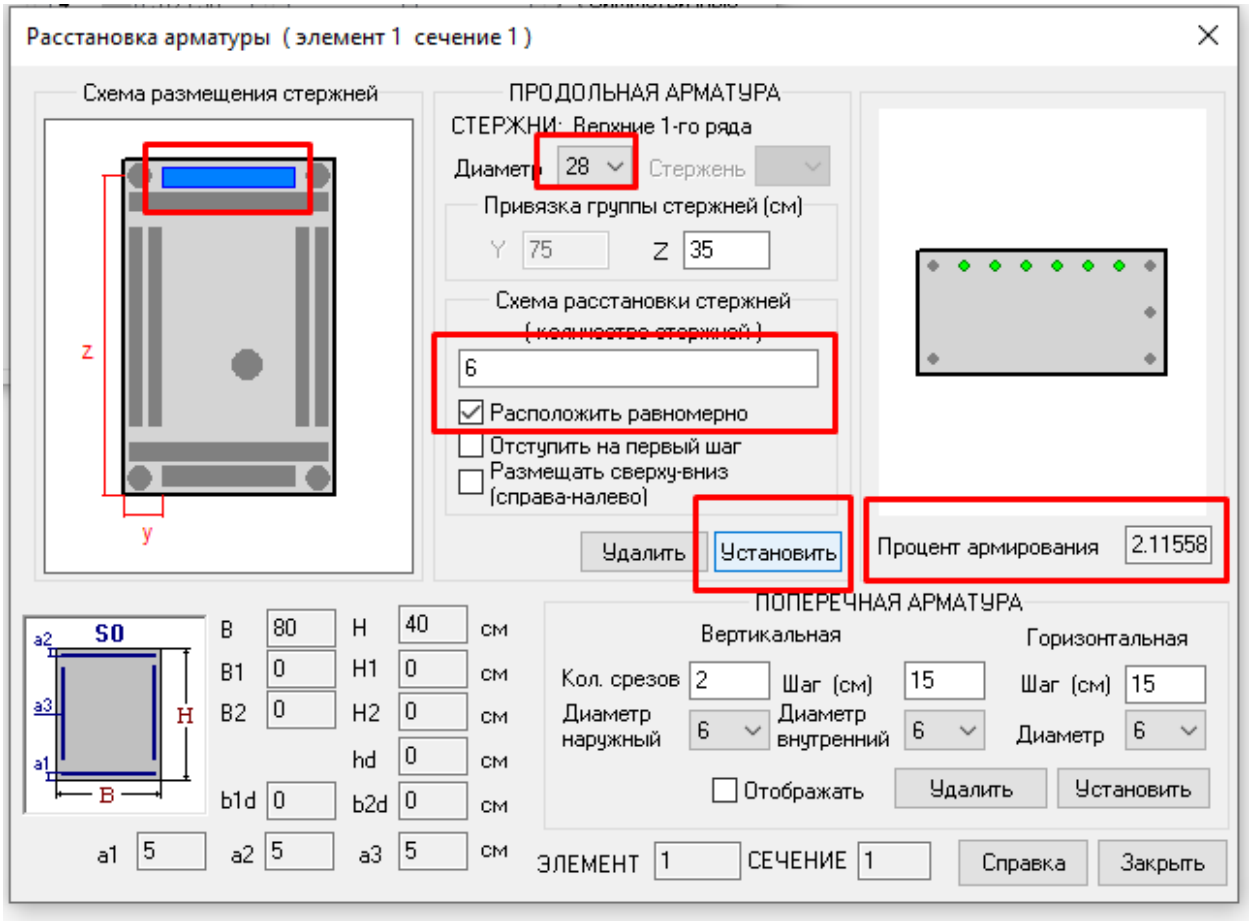
4. во вкладке армирование задается армирование для каждого сечения стержня

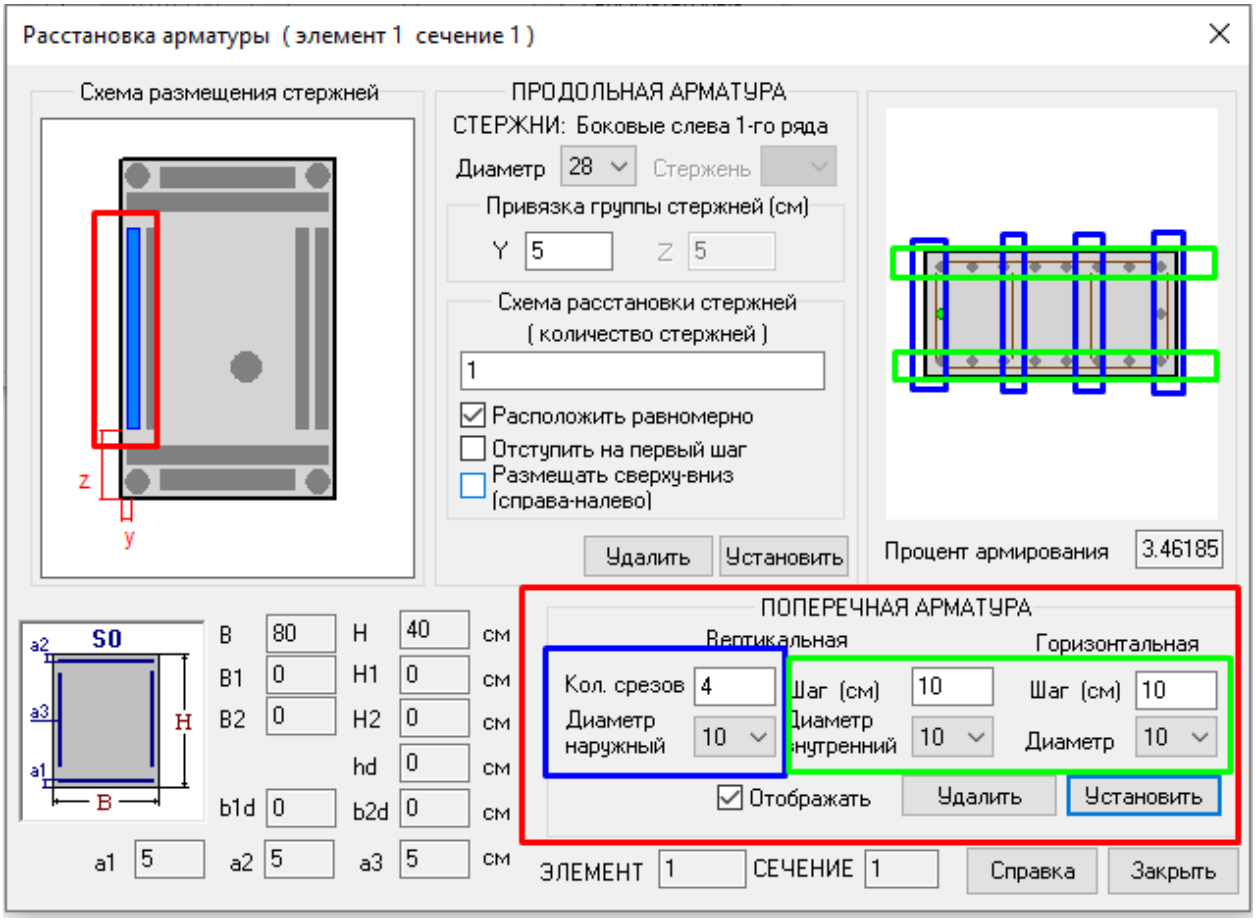


Расстановку армирования начинаем с угловых стержней





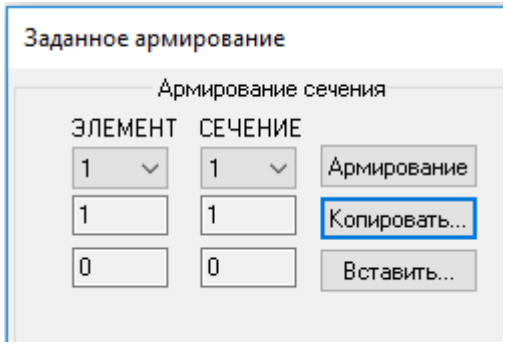




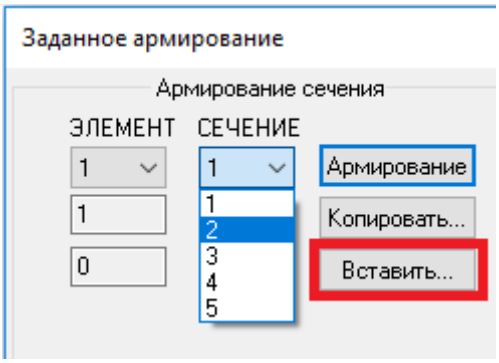
Армирование одного сечения принято, закрываем окно.

Копируем армирование 1 сечения на остальные

Нажимаем кнопку “Копировать”

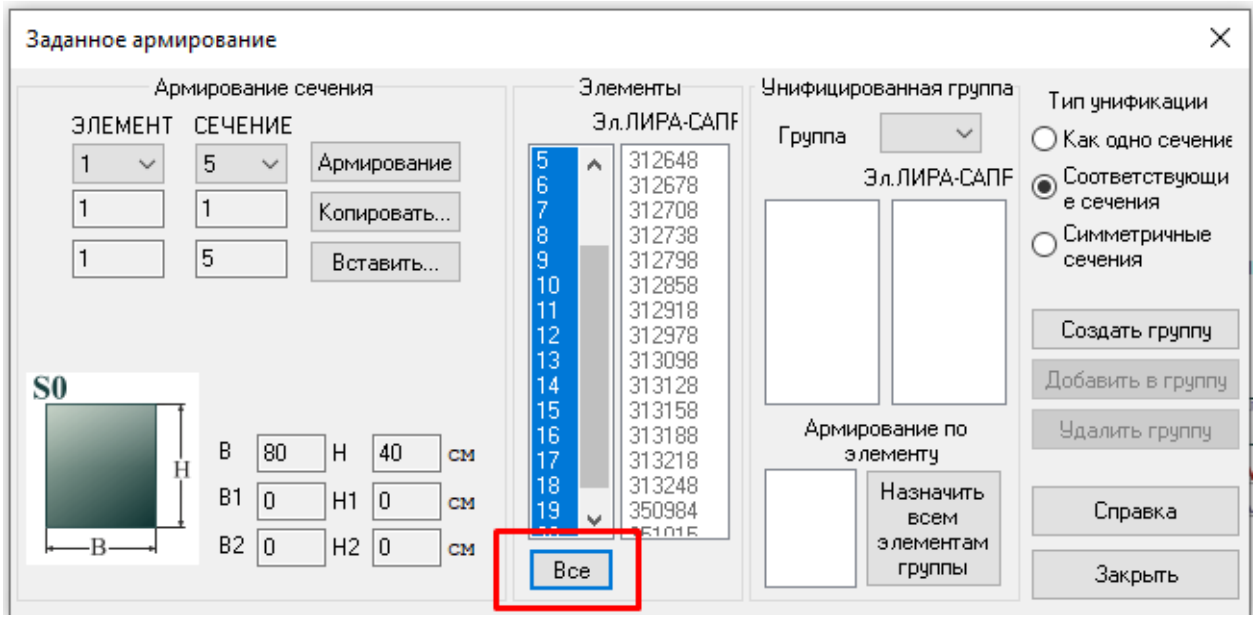


Выбираем сечение “2” в выпадающем списке и нажимаем “Вставить...”

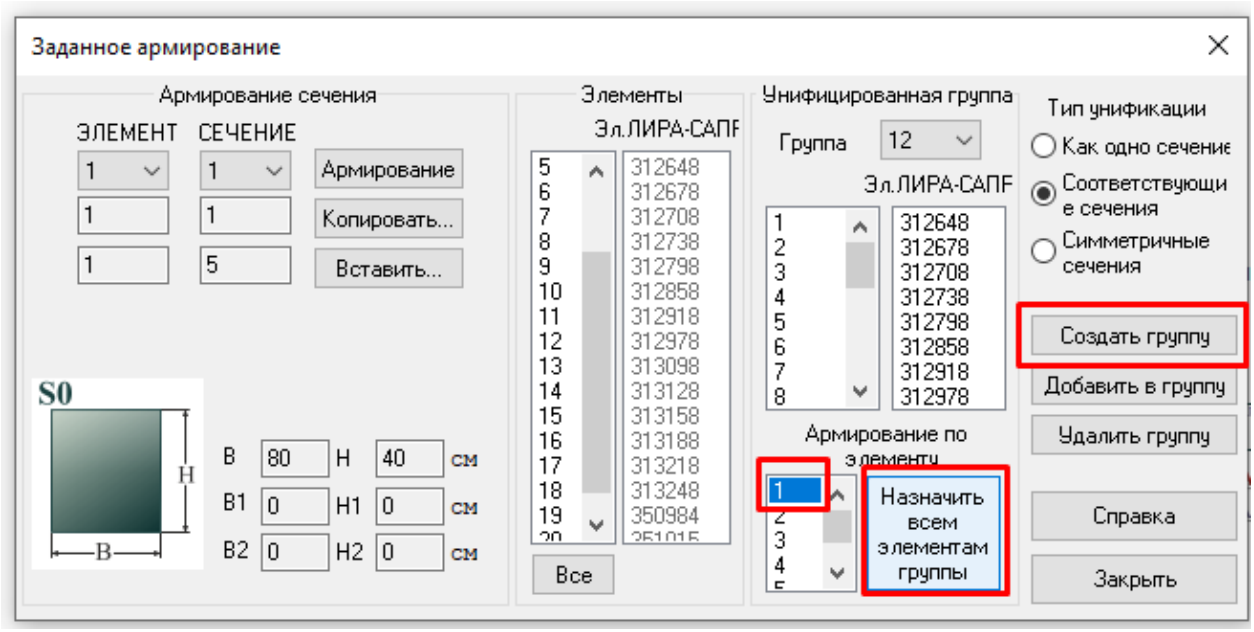


Аналогично поступаем для всех пяти сечений

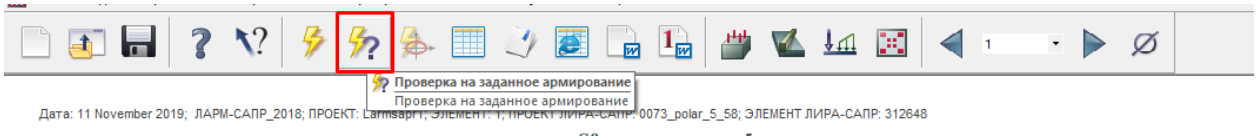
Далее выбираем все элементы, нажимаем кнопку “Создать группу”



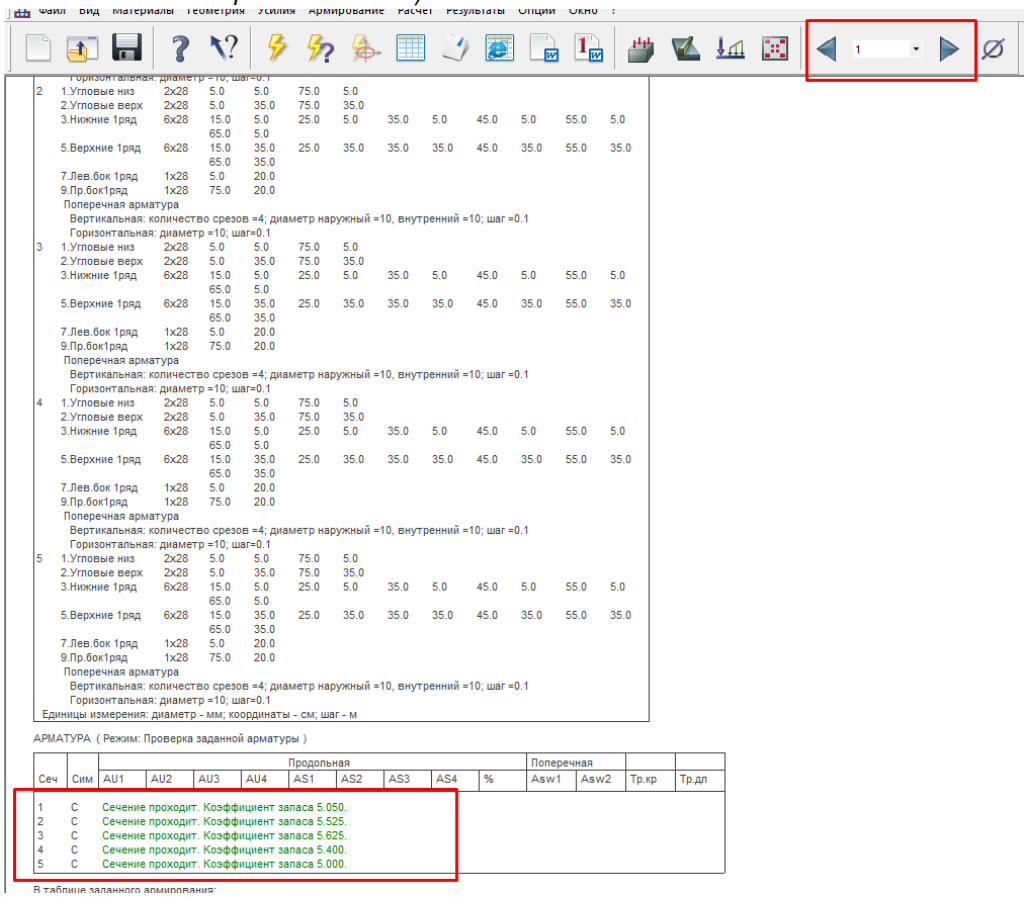
Создаем группу, выбираем 1 элемент и назначаем всем элементам группы.



запускаем проверку сечений



7. Анализируя результаты проверки необходимо следить за достаточностью армирования (в конце отчета зеленая строка состояния)



2	1.Угловые низ	2x28	5.0	5.0	75.0	5.0						
	2.Угловые верх	2x28	5.0	35.0	75.0	35.0						
	3.Нижние 1ряд	6x28	15.0	5.0	25.0	5.0	35.0	5.0	45.0	5.0	55.0	5.0
			65.0	5.0								
	5.Верхние 1ряд	6x28	15.0	35.0	25.0	35.0	35.0	35.0	45.0	35.0	55.0	35.0
			65.0	35.0								
	7.Лев.бок 1ряд	1x28	5.0	20.0								
	9.Пр.бок1ряд	1x28	75.0	20.0								
	Поперечная арматура											
	Вертикальная: количество срезов =4; диаметр наружный =10, внутренний =10; шаг =0.1											
	Горизонтальная: диаметр =10; шаг=0.1											
3	1.Угловые низ	2x28	5.0	5.0	75.0	5.0						
	2.Угловые верх	2x28	5.0	35.0	75.0	35.0						
	3.Нижние 1ряд	6x28	15.0	5.0	25.0	5.0	35.0	5.0	45.0	5.0	55.0	5.0
			65.0	5.0								
	5.Верхние 1ряд	6x28	15.0	35.0	25.0	35.0	35.0	35.0	45.0	35.0	55.0	35.0
			65.0	35.0								
	7.Лев.бок 1ряд	1x28	5.0	20.0								
	9.Пр.бок1ряд	1x28	75.0	20.0								
	Поперечная арматура											
	Вертикальная: количество срезов =4; диаметр наружный =10, внутренний =10; шаг =0.1											
	Горизонтальная: диаметр =10; шаг=0.1											
4	1.Угловые низ	2x28	5.0	5.0	75.0	5.0						
	2.Угловые верх	2x28	5.0	35.0	75.0	35.0						
	3.Нижние 1ряд	6x28	15.0	5.0	25.0	5.0	35.0	5.0	45.0	5.0	55.0	5.0
			65.0	5.0								
	5.Верхние 1ряд	6x28	15.0	35.0	25.0	35.0	35.0	35.0	45.0	35.0	55.0	35.0
			65.0	35.0								
	7.Лев.бок 1ряд	1x28	5.0	20.0								
	9.Пр.бок1ряд	1x28	75.0	20.0								
	Поперечная арматура											
	Вертикальная: количество срезов =4; диаметр наружный =10, внутренний =10; шаг =0.1											
	Горизонтальная: диаметр =10; шаг=0.1											
5	1.Угловые низ	2x28	5.0	5.0	75.0	5.0						
	2.Угловые верх	2x28	5.0	35.0	75.0	35.0						
	3.Нижние 1ряд	6x28	15.0	5.0	25.0	5.0	35.0	5.0	45.0	5.0	55.0	5.0
			65.0	5.0								
	5.Верхние 1ряд	6x28	15.0	35.0	25.0	35.0	35.0	35.0	45.0	35.0	55.0	35.0
			65.0	35.0								
	7.Лев.бок 1ряд	1x28	5.0	20.0								
	9.Пр.бок1ряд	1x28	75.0	20.0								
	Поперечная арматура											
	Вертикальная: количество срезов =4; диаметр наружный =10, внутренний =10; шаг =0.1											
	Горизонтальная: диаметр =10; шаг=0.1											

Единицы измерения: диаметр - мм; координаты - см; шаг - м

АРМАТУРА (Режим: Проверка заданной арматуры)

Сеч	Сим	Продольная								Поперечная			
		AU1	AU2	AU3	AU4	AS1	AS2	AS3	AS4	%	Asw1	Asw2	Tp.kp	Tp.дп
1	C	Сечение проходит. Коэффициент запаса 5.050.												
2	C	Сечение проходит. Коэффициент запаса 5.525.												
3	C	Сечение проходит. Коэффициент запаса 5.625.												
4	C	Сечение проходит. Коэффициент запаса 5.400.												
5	C	Сечение проходит. Коэффициент запаса 5.000.												

В таблице заданного армирования:

8. Расчет по огнестойкости

Суть подбора арматуры по огнестойкости, заключается в определении максимальных напряжений с заданным армированием, а затем составление необходимых изополей напряжений, соответствующих определённым типам армирования.

Допустимые напряжения определяются по СП 468.1325800.

8.1 Расчет вертикальных конструкций по огнестойкости

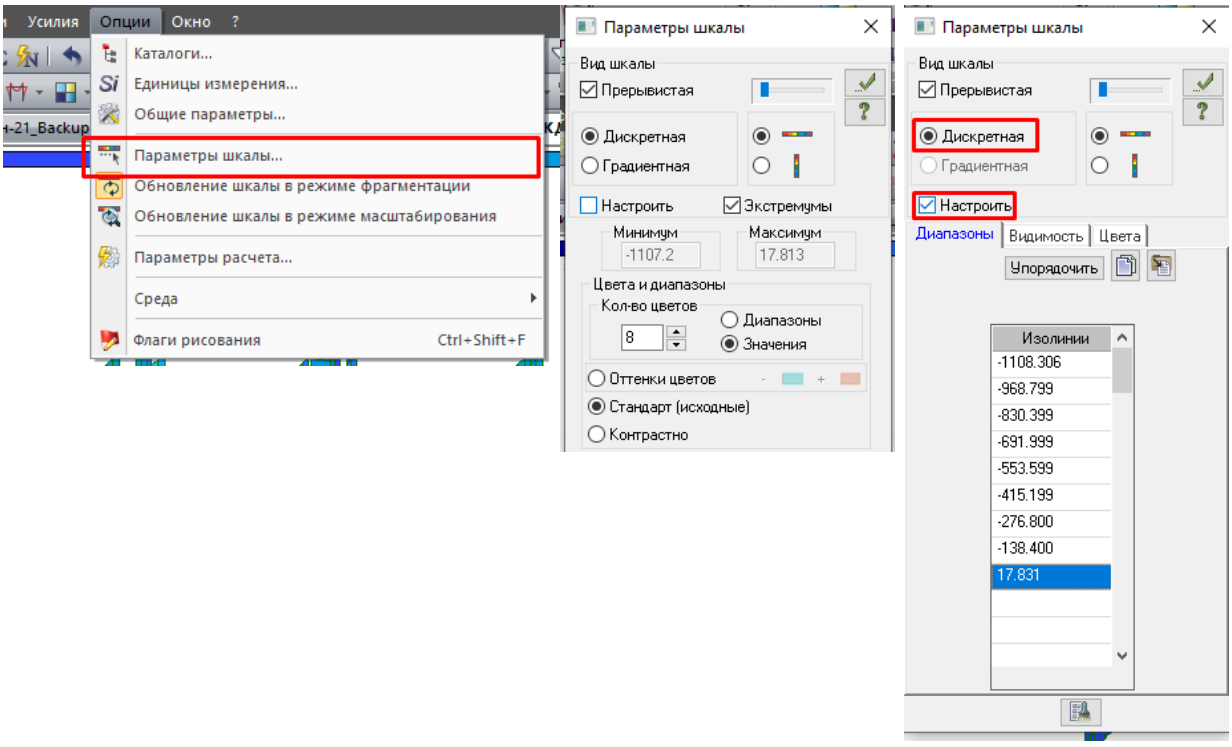
В приложении статика определяем допустимое сжимающее усилие в одном метре стены/пилона при заданном армировании. Зная толщину вертикального элемента, определяем допустимое сжимающее напряжение при заданном армировании. Пример:

*При армировании Ф16 шаг 100, защитном слое 40мм до грани, высотой 4.2м, толщиной 260мм из бетона В40, один метр стены может воспринять 160т на огнестойкость R-120. Значит напряжение 160т/0.26м*1м=615т/м² - соответствует армированию Ф16ш100 для стен высотой 4.2м, толщиной 260, из бетона В40.*

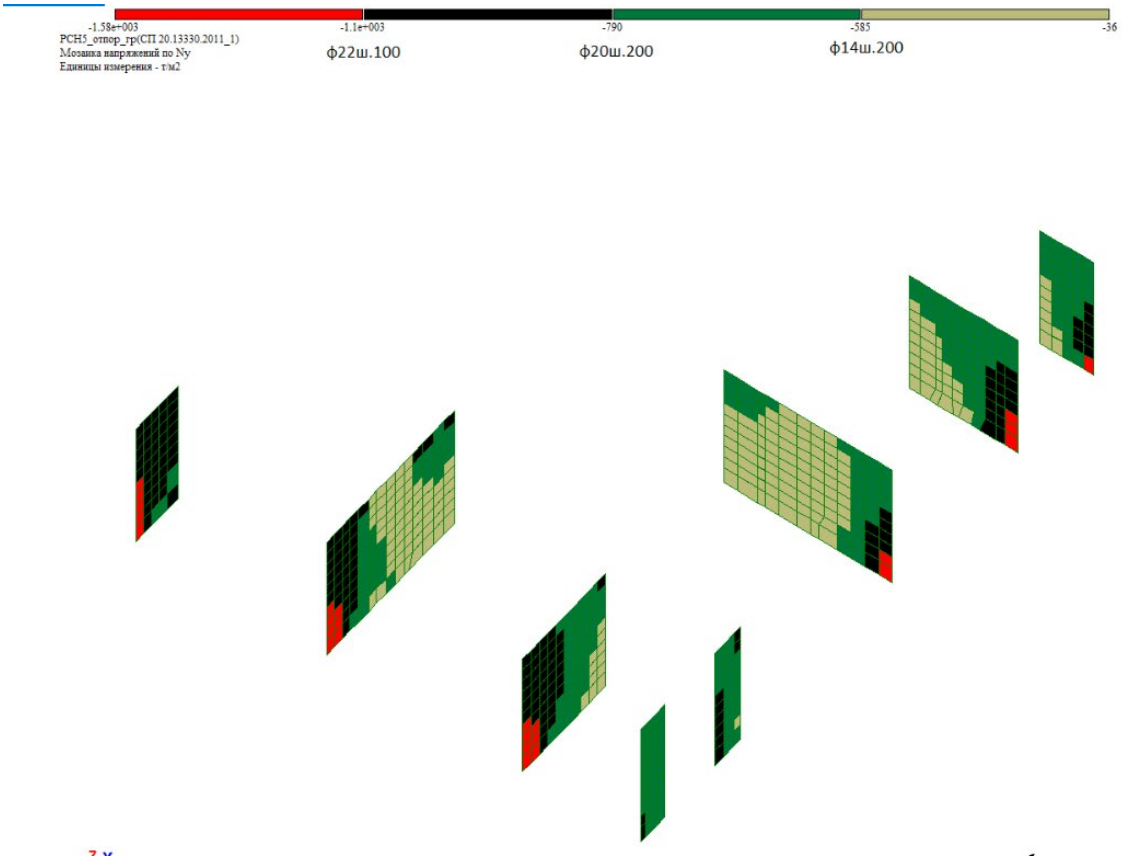
Далее по аналогии собираем для данного типа стен - соответствие напряжений - типу армирования.

Ф16ш200 - 420т/м², Ф12ш200 - 385т/м², Ф22ш100 - 920т/м²

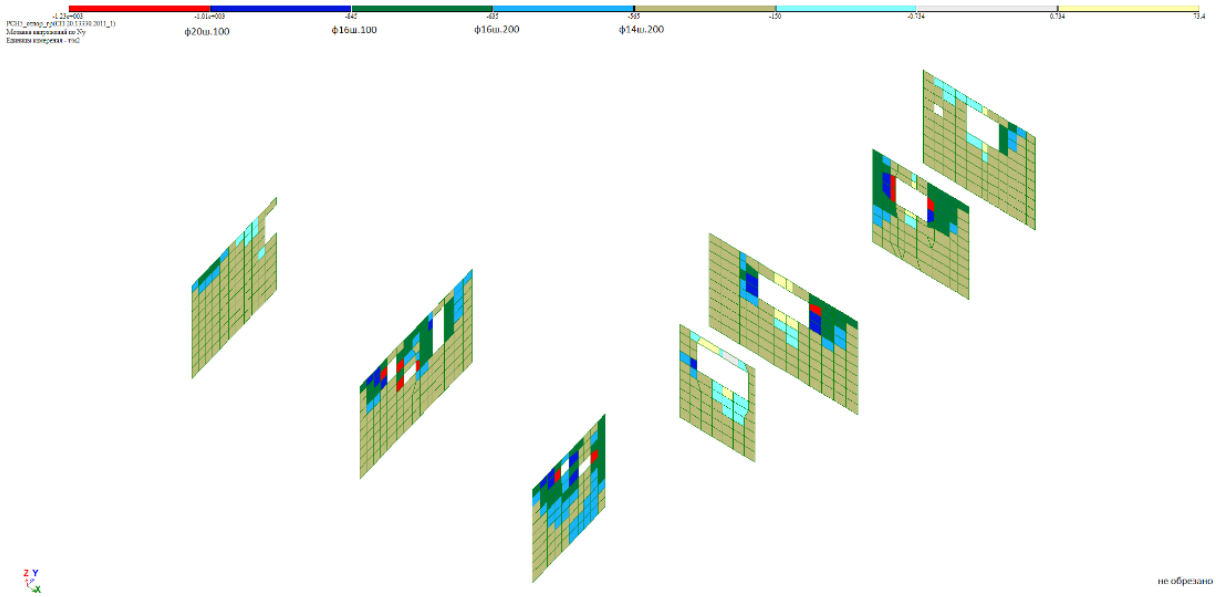
Далее фрагментируем в ЛИРА-САПР данный тип стен, выбираем РСН12 и настраиваем шкалу Ny согласно определённым напряжениям.



Довольно часто из-за момента в плоскости стены, наблюдается распределение сжимающих усилий, как на приведенном ниже скриншоте. В подобных случаях определяющий армирование элемент находится в середине высоты пилона/стены, так как разрушение из-за огневого воздействия происходит через потерю устойчивости в центре сечения.

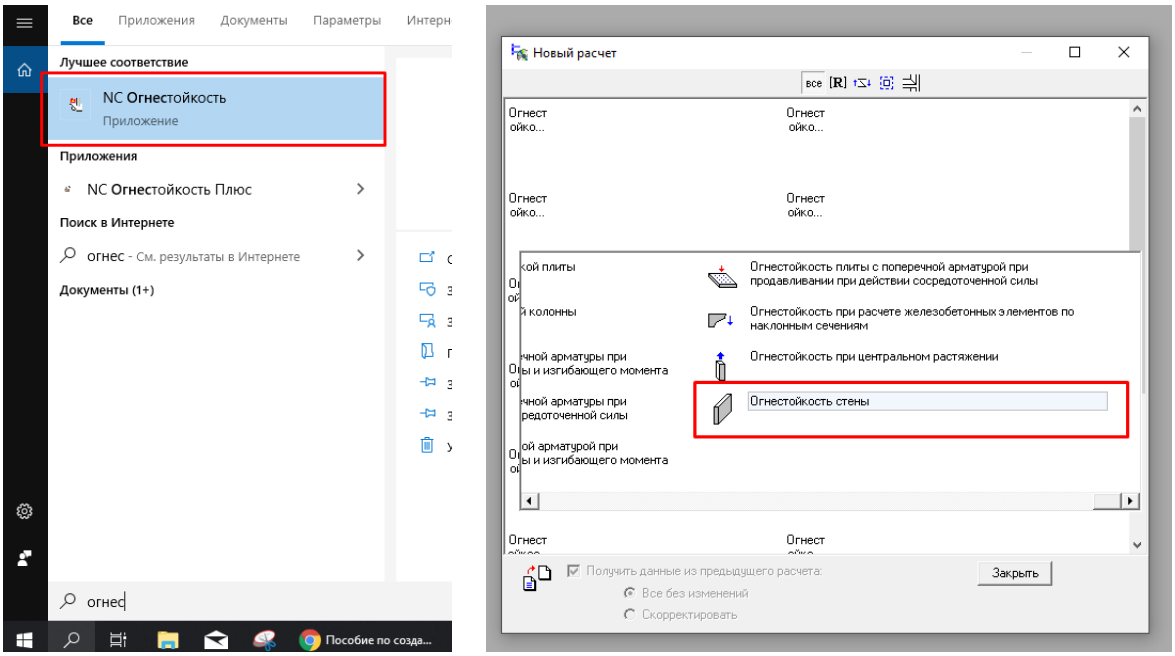


В конструкциях с проемами локальные всплески напряжений в прилегающих к проему КЭ - допустимо игнорировать.

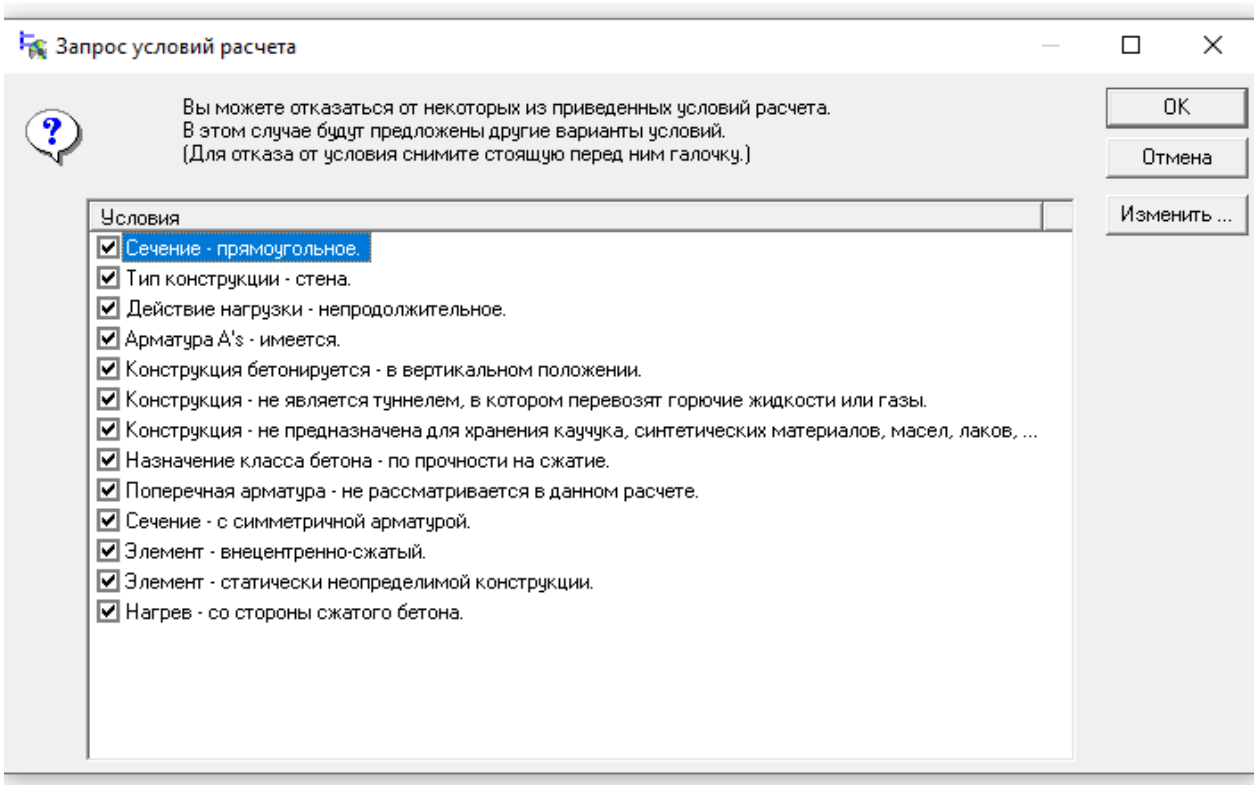


8.1.1 Определение несущей способности стен (пластинчатых элементов)

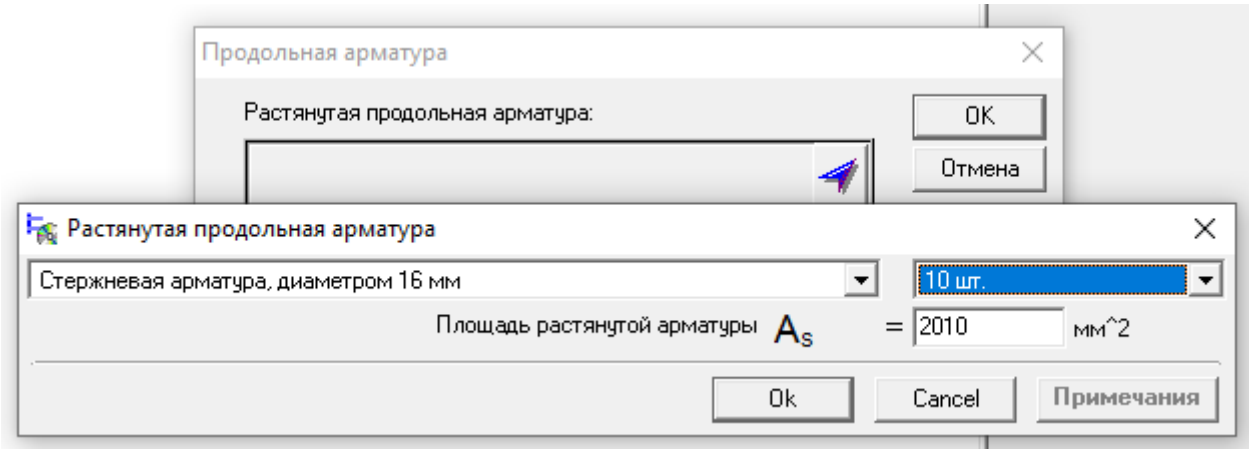
Запускаем NormCad – огнестойкость. Выбираем огнестойкость стен



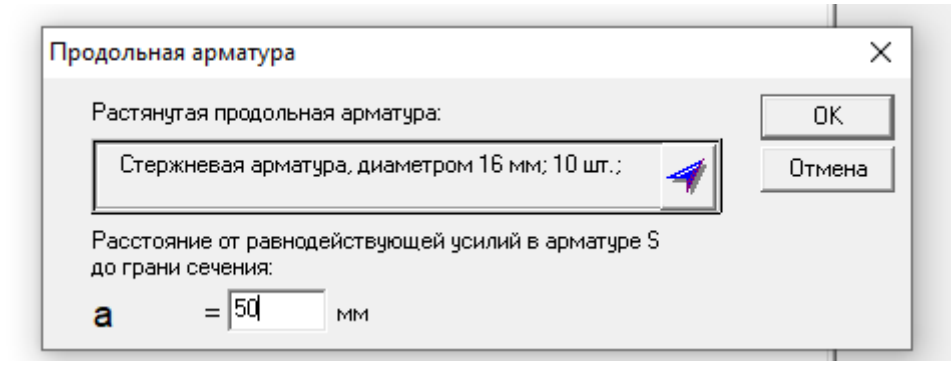
Стартовые условия



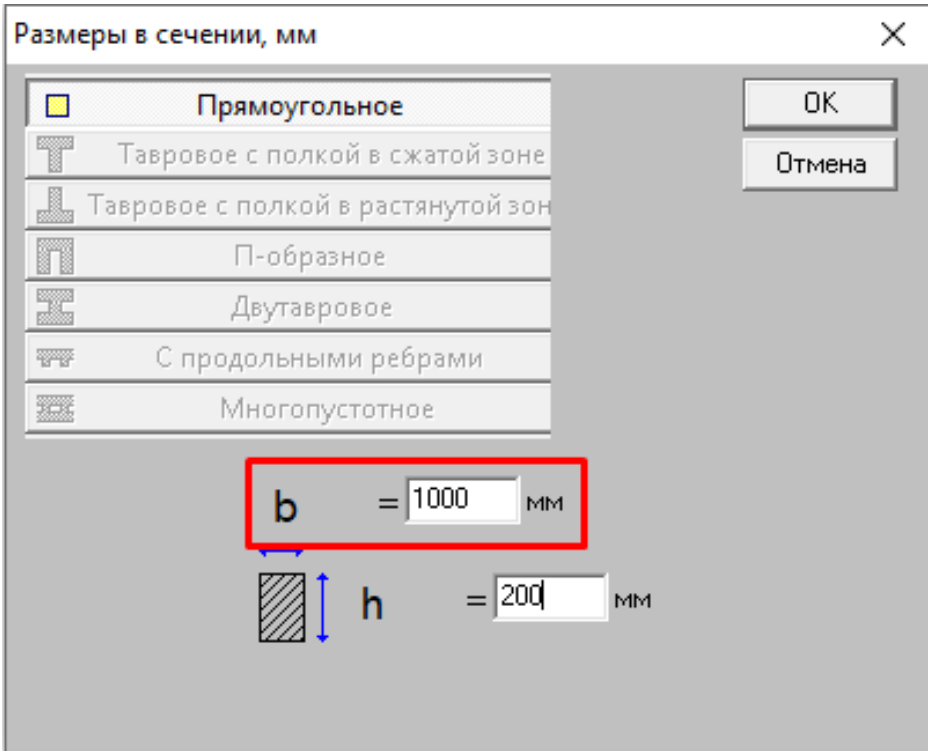
Указываем количество и диаметр стержней, по одной грани погонного метра стены. В примере это d16s100



Защитный слой от центра стержня до грани стены

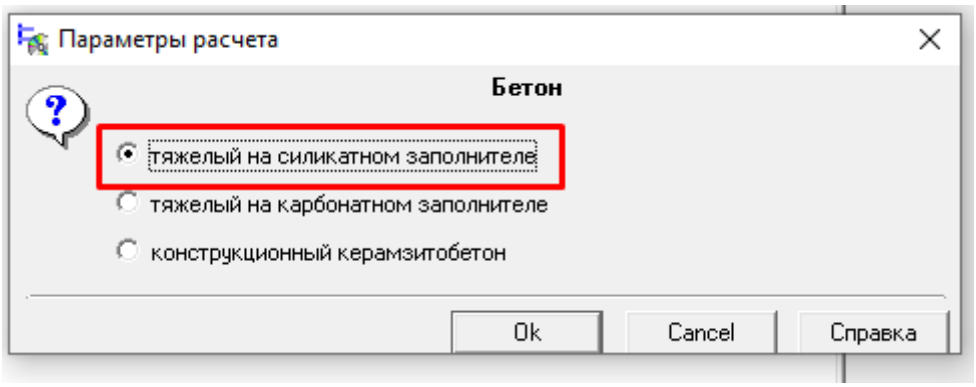


Геометрические размеры. Важно b - это длинная сторона элемента.

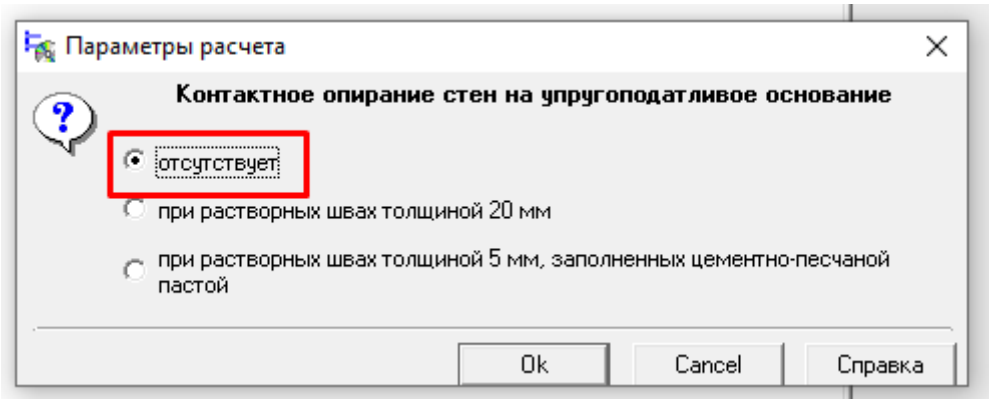


Заполнение окон класса бетона, арматуры и длительность воздействия огня в пояснении не нуждаются.

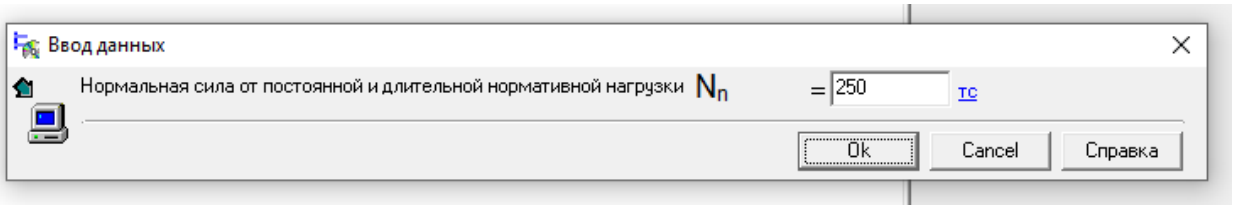
Указываем тяжелый на силикатном заполнителе.



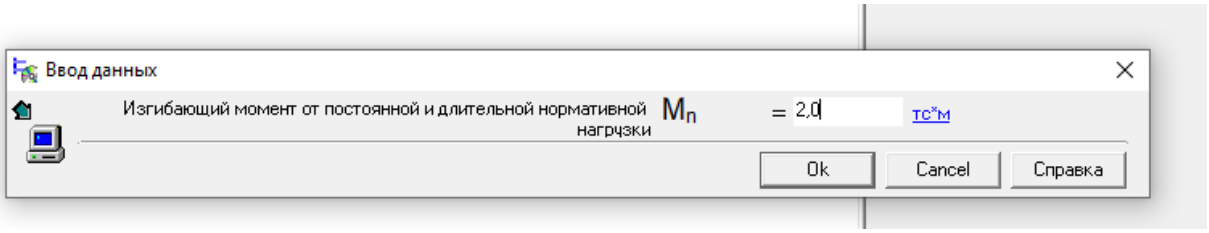
При расчете монолитной стены



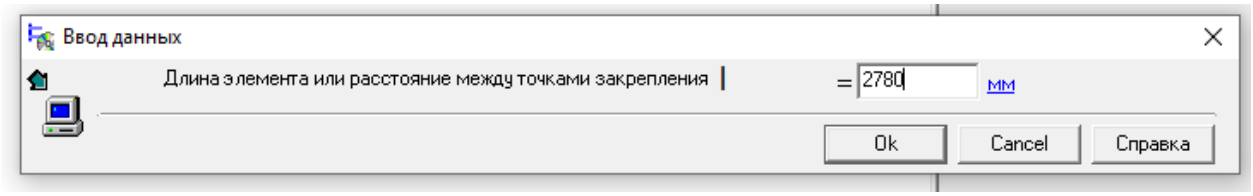
Указываем предполагаемую силу



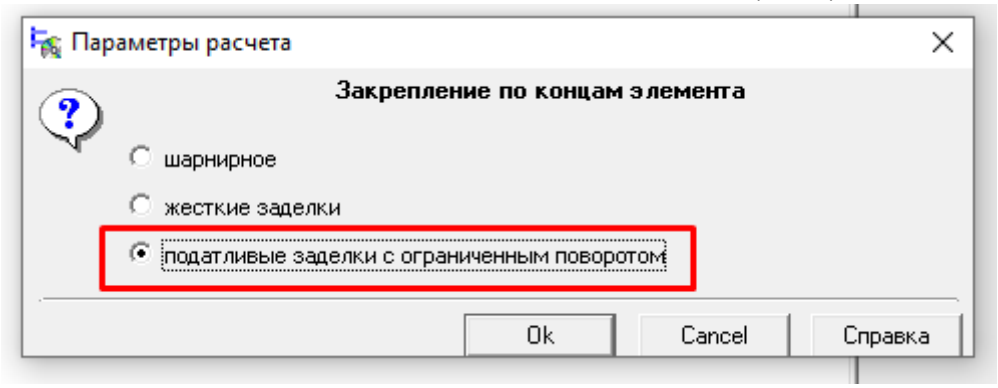
И момент 2тм, для внутренних стен. Для краевых стен уточнять момент по расч. схеме.



Высота стены от бетона до бетона



Обязательно указываем частичную податливость перекрытия (L_0=0.8)



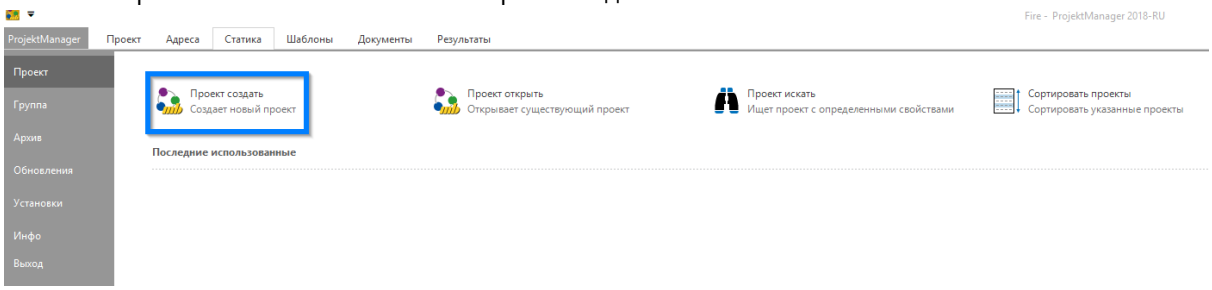
В результатах расчета уточняем, что "условие выполнено"

N e = 2353596 · 81,35252 = 191470965,66192 Н мм = 19,5246 тс м ⩽ R_{bn} b_t x (h_{ot}-0,5 x)+R_{sct} A'_s (h_o-a') = 22 · 1000 · 94,7389 · (110-0,5 · 94,7389)+315 · 2010 · (150-50) = 193853087,09469 Н мм = 19,76751 тс м (98,77117**% от предельного значения**) - условие выполнено (формула (8.24); п. 8.15).

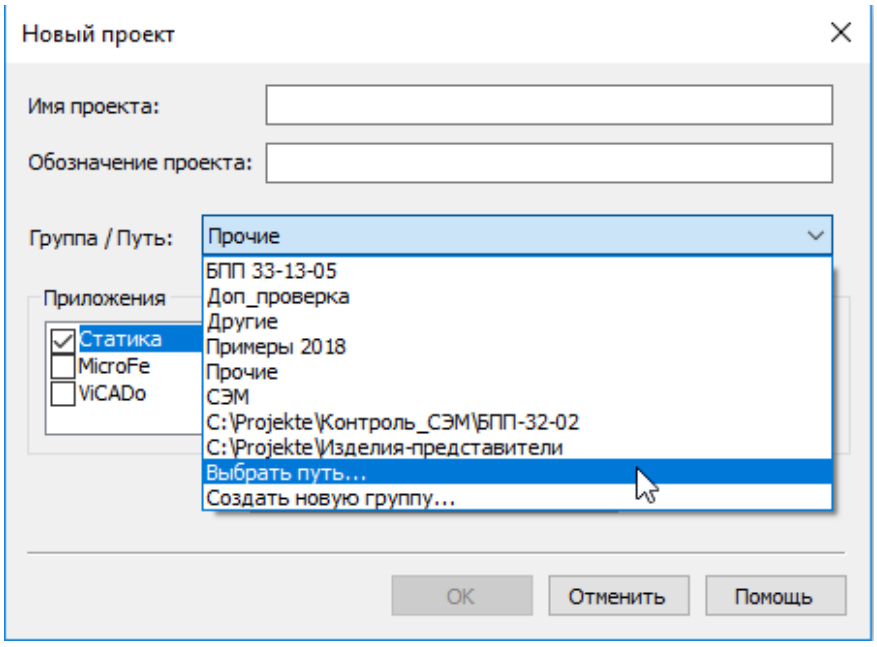
8.1.2 Определение несущей способности пилонов/колонн

Расчет стержневых элементов, а также простенков 1 этажа (где они могут подвергаться воздействию огня со всех сторон) необходимо выполнять в программе Статика

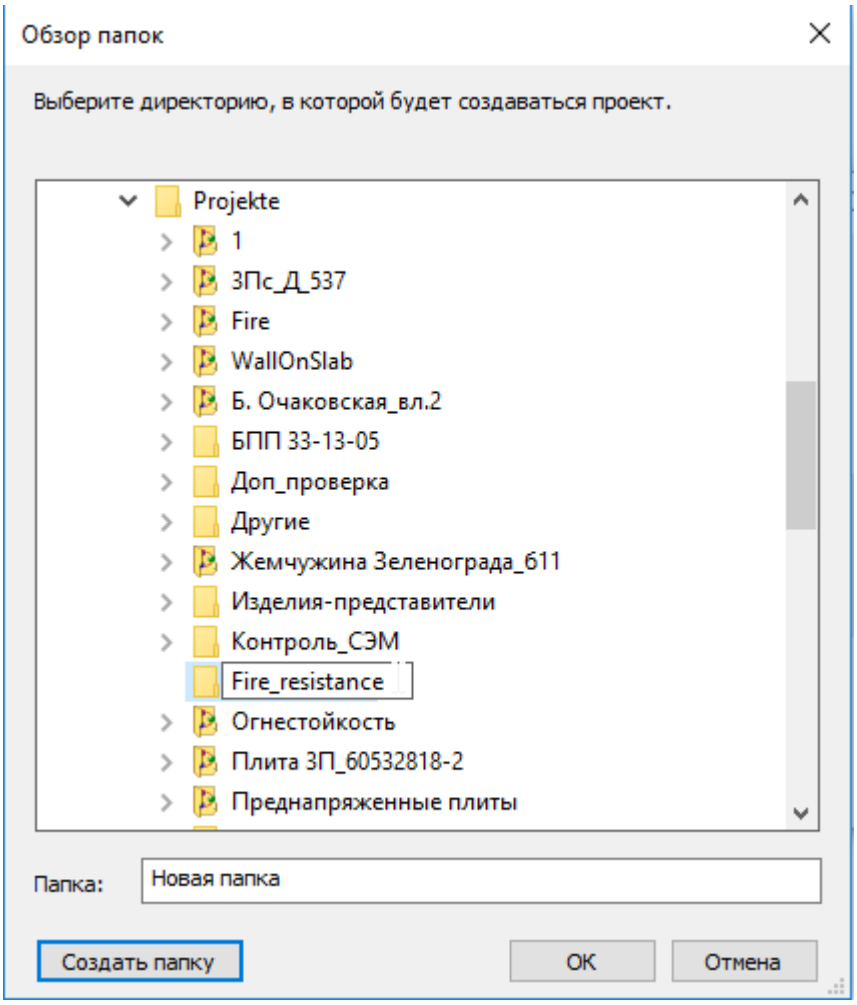
1. Запускаем приложение ProjektManager
2. В открывшемся окне нажимаем на “Проект создать”

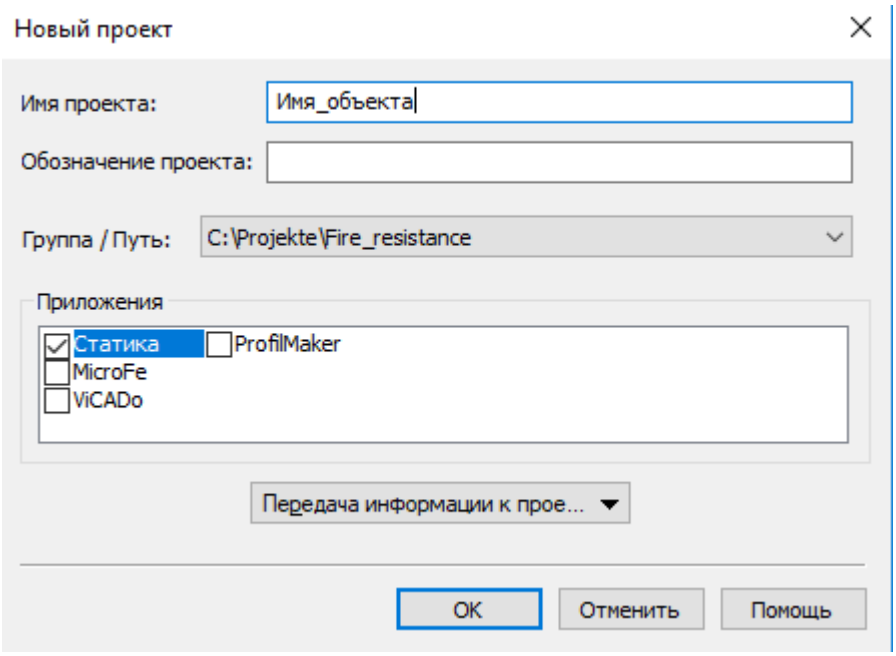


3. В окне “Новый проект” прописываем “Имя проекта”, “Обозначение проекта” - необязательно. В ниспадающем меню выбираем/создаем Группу и путь к ней. Рассмотрим вариант с созданием группы. В одну группу могут включаться несколько проектов, каждый проект может содержать несколько файлов Статики, каждая со своим набором позиций.

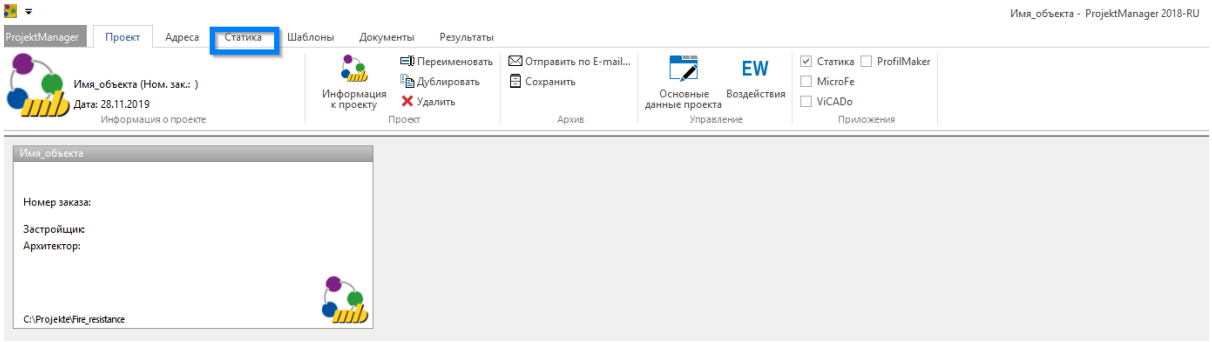


4. Все расчетные файлы статики хранятся в папке “Projekte” на диске C: создаем свою папку в папке “Projekte”. Убеждаемся, что задано имя проекта и жмем на “OK”.

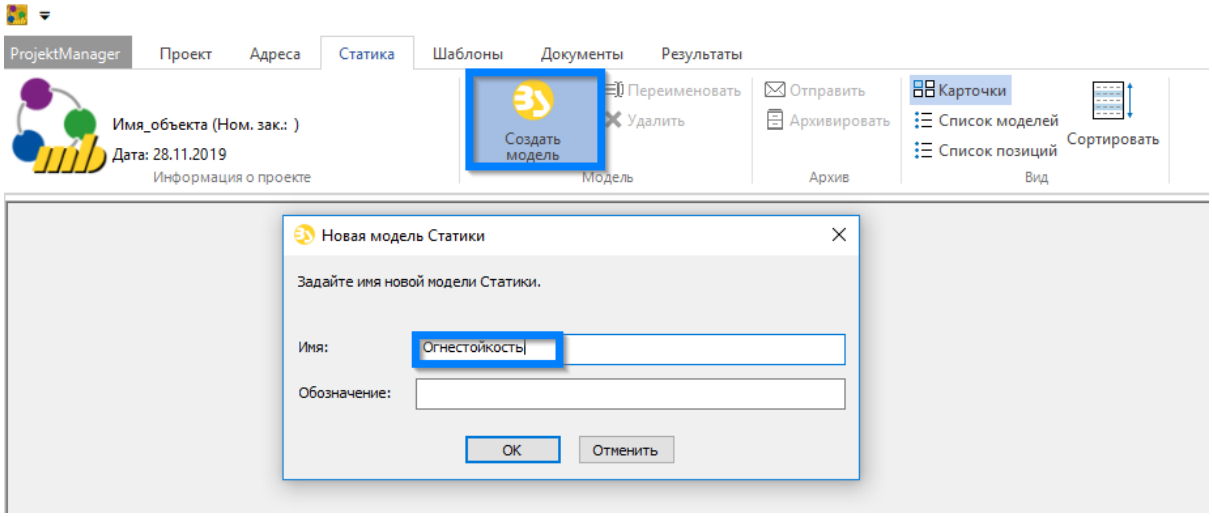




5. Открывается окно проекта. Переходим на вкладку “Статика”.

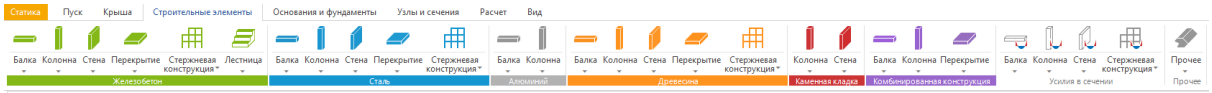


6. Нажимаем на “Создать модель” в появившемся окне даем имя новой модели.



7. Откроется рабочая область.

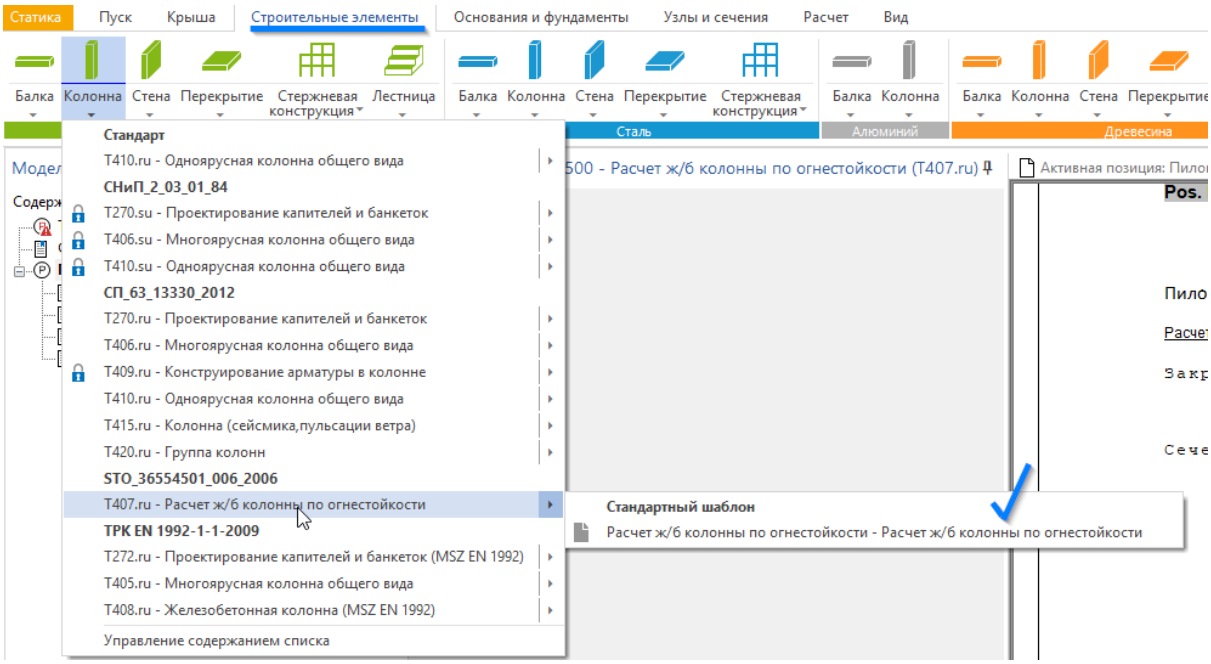
   Верхняя часть области содержит вкладки с инструментами, включая три вкладки с расчетными позициями, разбитыми на группы в зависимости от материала рассчитываемой конструкции и подгруппы с уже конкретными конструктивными элементами.



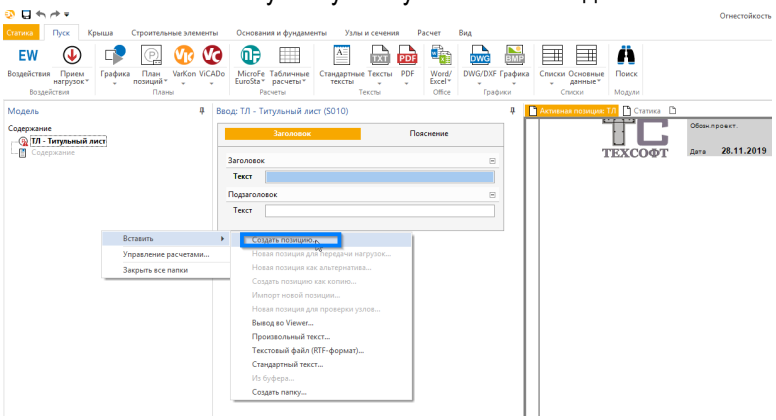
В пространстве рабочей области содержатся такие панели как (перечислю основные):

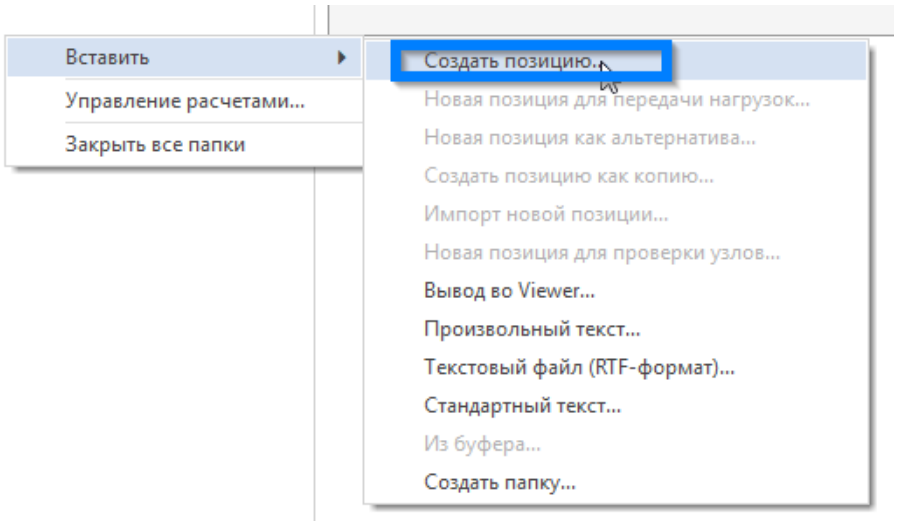
- Модель, которая изначально содержит титульный лист и содержание (если планируется создавать отчет). Здесь же доступно контекстное меню при нажатии правой кнопки мыши, с возможностью создавать, копировать, перемещать, скрывать позиции, производить расчет и т.д.
- Панель ввода, где задаются исходные данные для расчета.
- Текстовая помощь (под панелью ввода) дает развернутые пояснения о вводимых исходных данных.
- Графическая помощь (слева от текстовой помощи) дает наглядные (или схематичные) подсказки о том, как выглядит сечение и о расположении арматуры в сечении, с какой стороны ведется нагрев и т.д.
- Панель результатов и генерации отчета (большое пространство справа):
  собственно, здесь генерируется отчет с результатами расчета и с возможностью формирования файла pdf. Отчет можно сформировать как для отдельной позиции, так и для всех рассчитанных позиций с титульным листом и содержанием. Есть возможность скрыть позиции (без их удаления) и не включать их в отчет.

8. Создать расчетную позицию можно несколькими способами:
   - выбрать шаблон позиции “Расчет ж/б колонны по огнестойкости” из вкладки “Строительные элементы”

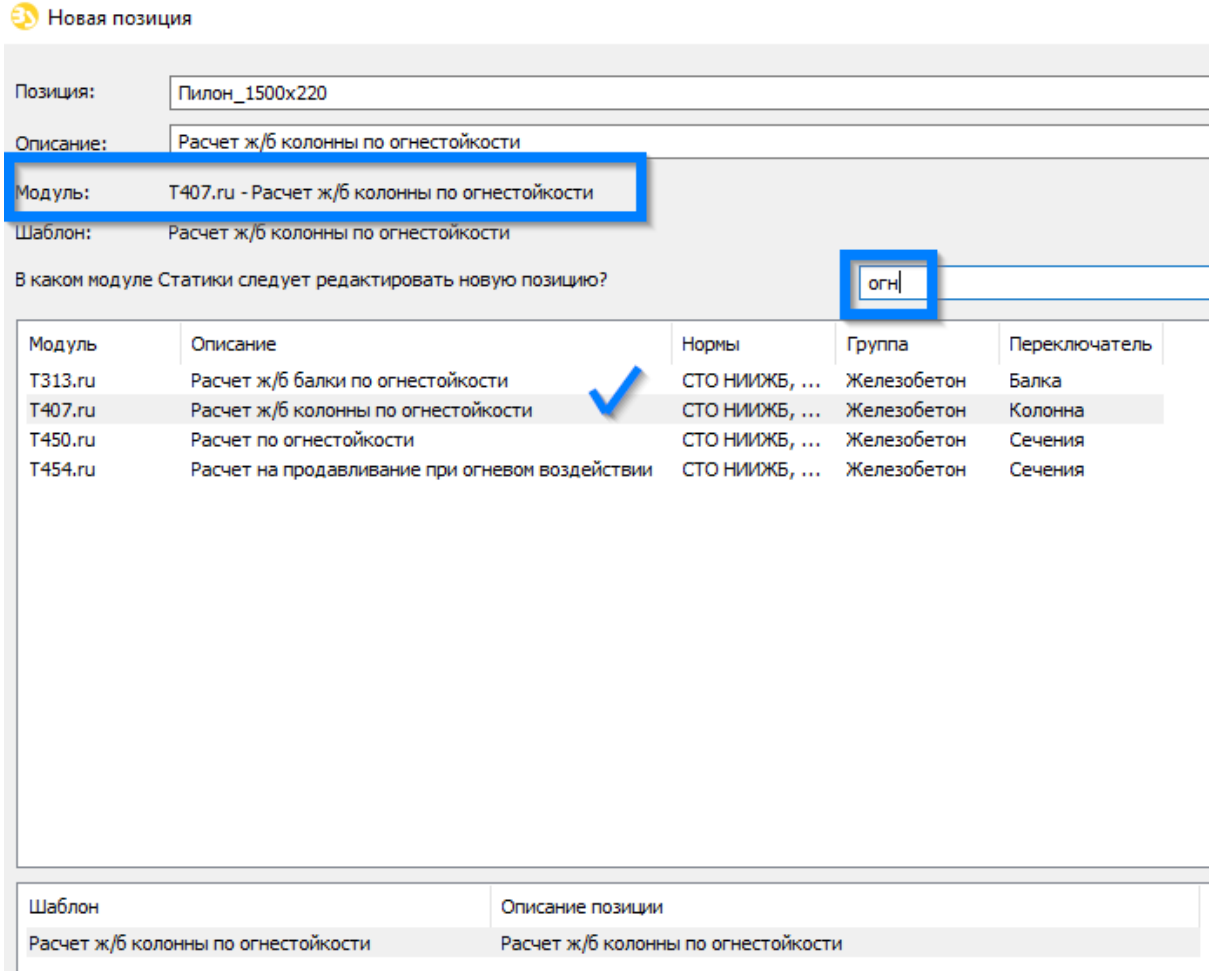


- Щелкнув правой кнопкой мыши по пустому месту на панели “Модель”

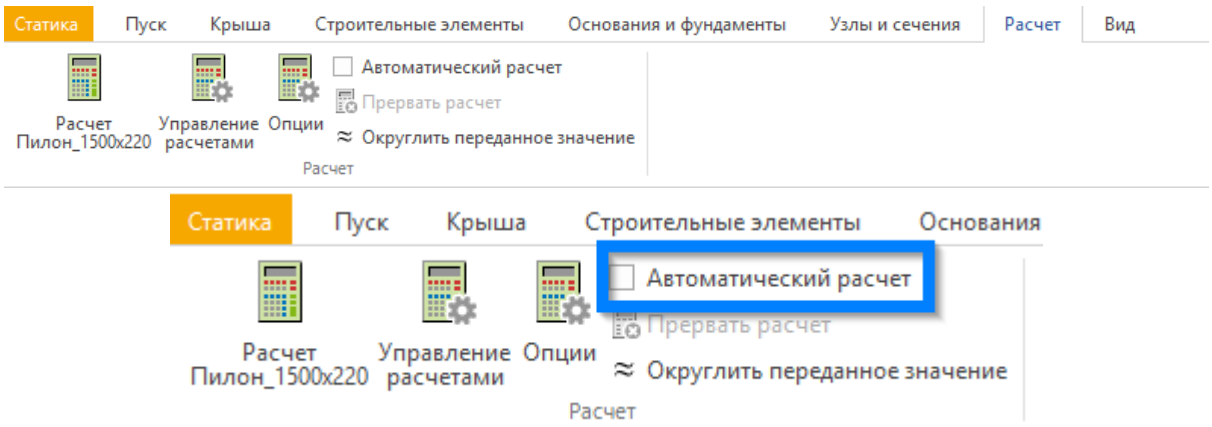




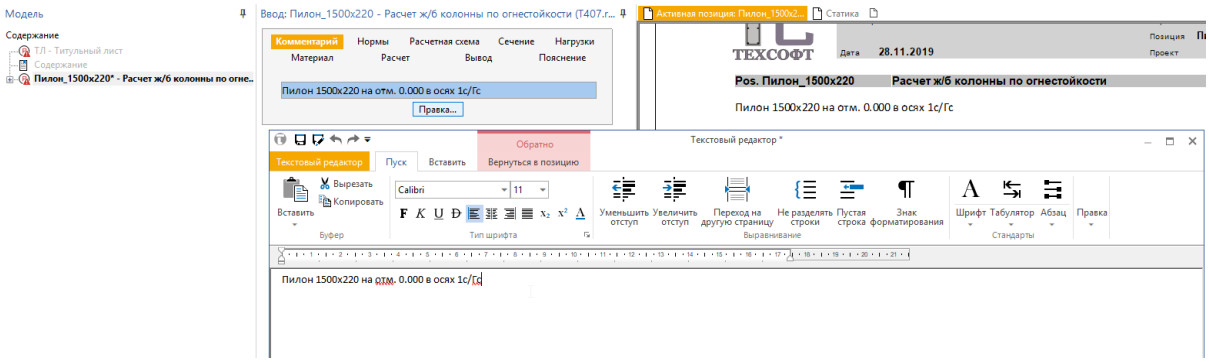
9. Создаем позицию. В появившемся окне ”Новая позиция” в поле “поиск программ” вводим “огн” (этого достаточно, чтобы появились позиции для расчета на огнестойкость). Из списка позиций выбираем подходящий (в данном случае “Расчет ж/б колонны по огнестойкости”). Даем позиции название (“Пилон_1500х220” в рассматриваемом примере).



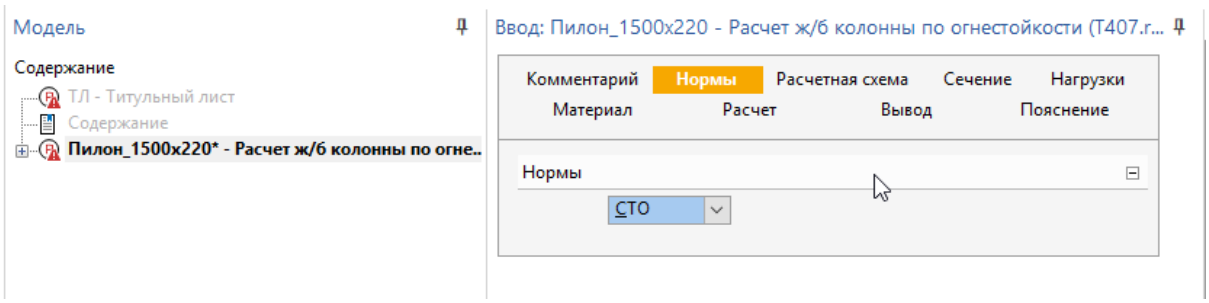
10. Создается шаблон для расчета ж/б колонны по огнестойкости. Далее задаем исходные данные для расчета в окне ввода.
11. Перед тем, как приступить, рекомендуется снять галочку с опции “Автоматический расчет” на вкладке “Расчет”. В противном случае после каждого изменения в вводе данных, будет производится перерасчет позиции.



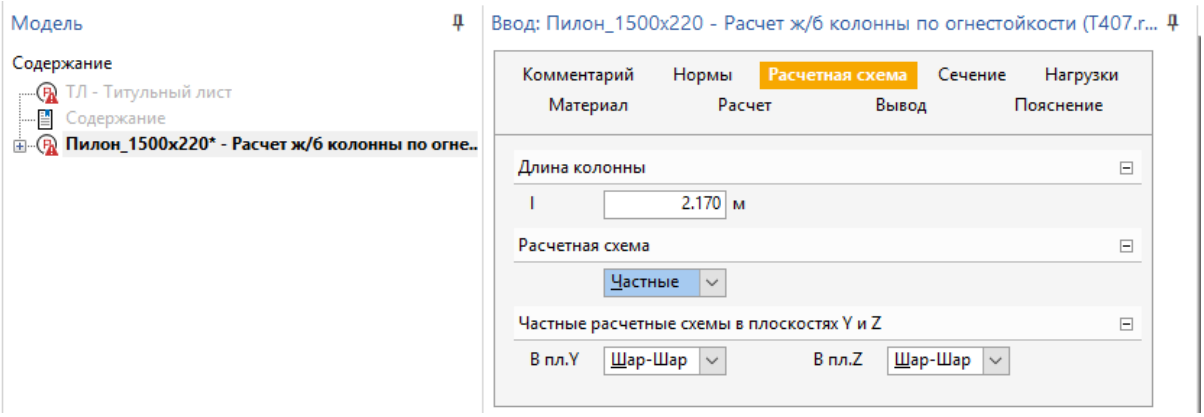
12. Начинаем с комментария, где прописываем сечение пилона/колонны, координаты размещения в плане, отметку, любую дополнительную информацию при необходимости.



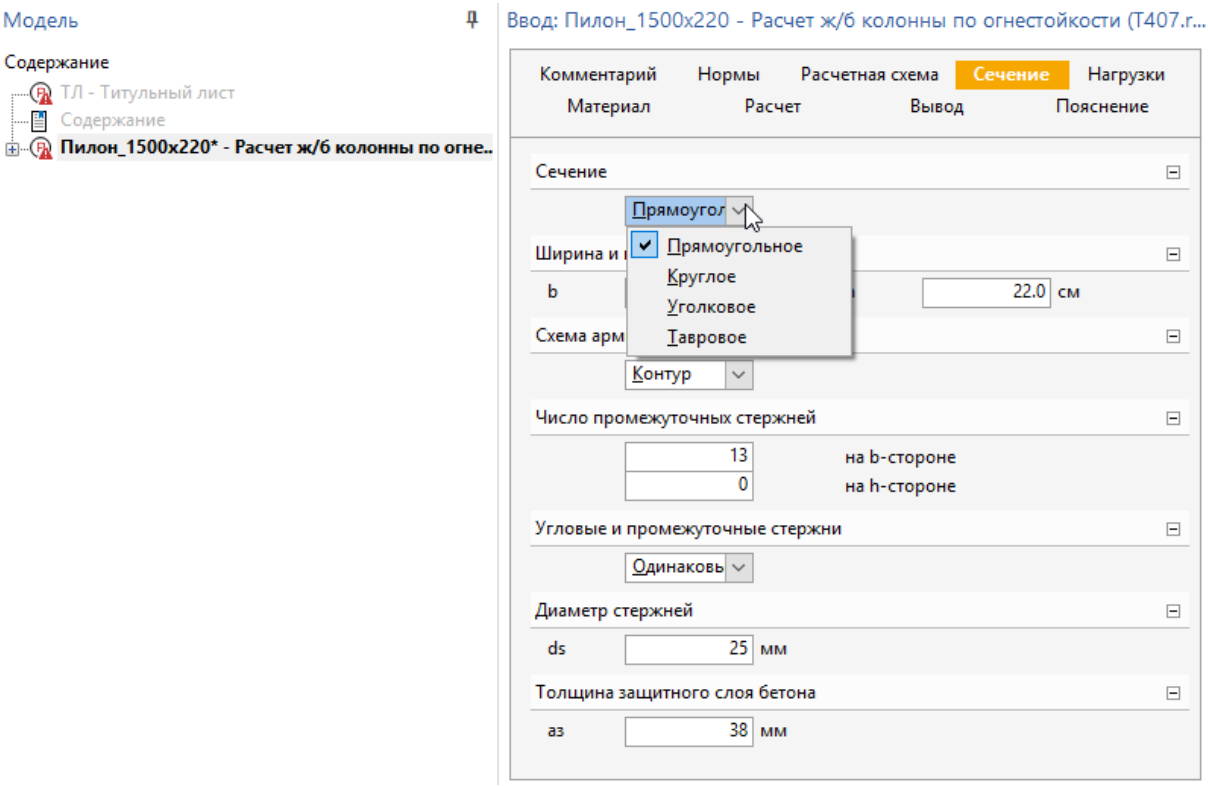
13. На вкладке нормы выбираем СТО.



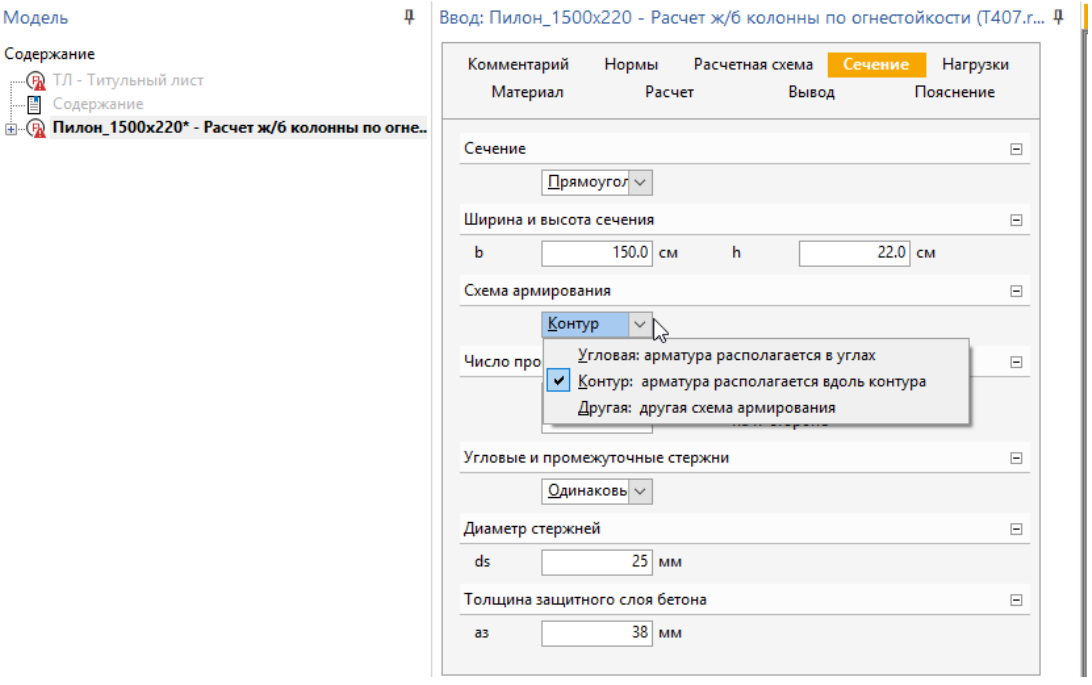
14. Переходим на вкладку “Расчетная схема”.
    - В поле “Длина колонны” задаем расчетную длину колонны (т.е. высота колонны в свету, умноженная на коэффициент согласно граничным условиям). В данном случае понижающий коэффициент равен 0,8 для колонн с несмещающими заделками на двух концах с податливым ограниченным поворотом. (п. 8.21 СП 468.1325800 или п.8.1.17д СП 63.13330).
    - В поле “Расчетная схема” оставляем “частные”.
    - В поле “Частные расчетные схемы в плоскости Y и Z” для двух направлений (X и Z) задаем “Шар-Шар”. Это дает возможность приложить на концах усилия, полученные из расчетной модели, и получить эпюры распределения усилий по высоте колонны/пилона, соответствующие схеме распределения усилий в расчетной модели.



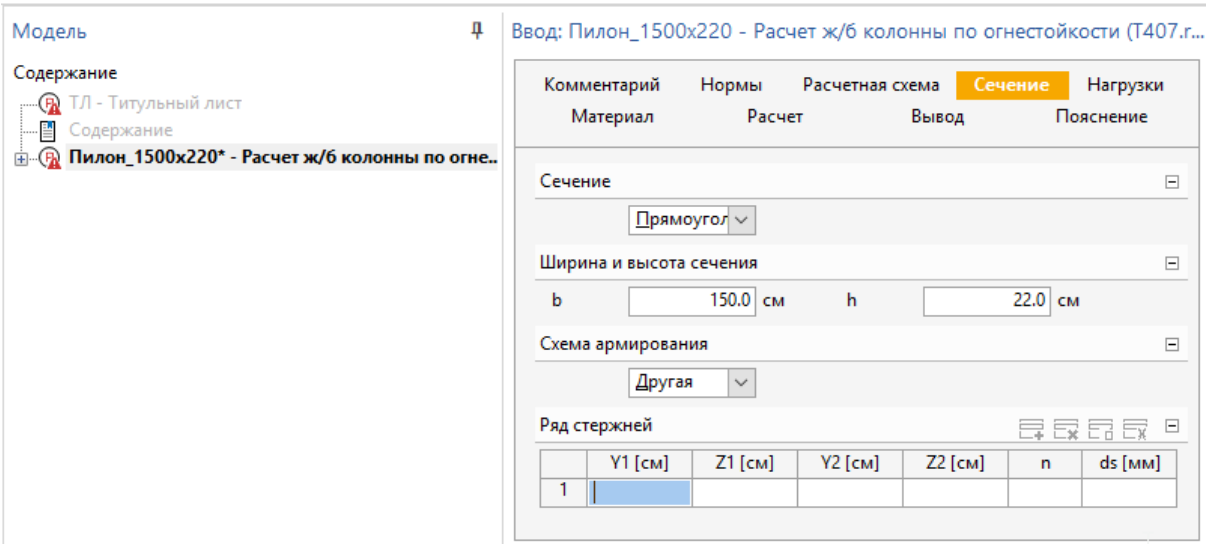
15. На вкладке “Сечение” задаются геометрические характеристики сечения рассматриваемого пилона. Выбирается форма сечения, его размеры, схема армирования, количество и диаметры арматуры, а также защитный слой (т.е. расстояние от поверхности бетона до грани арматуры).



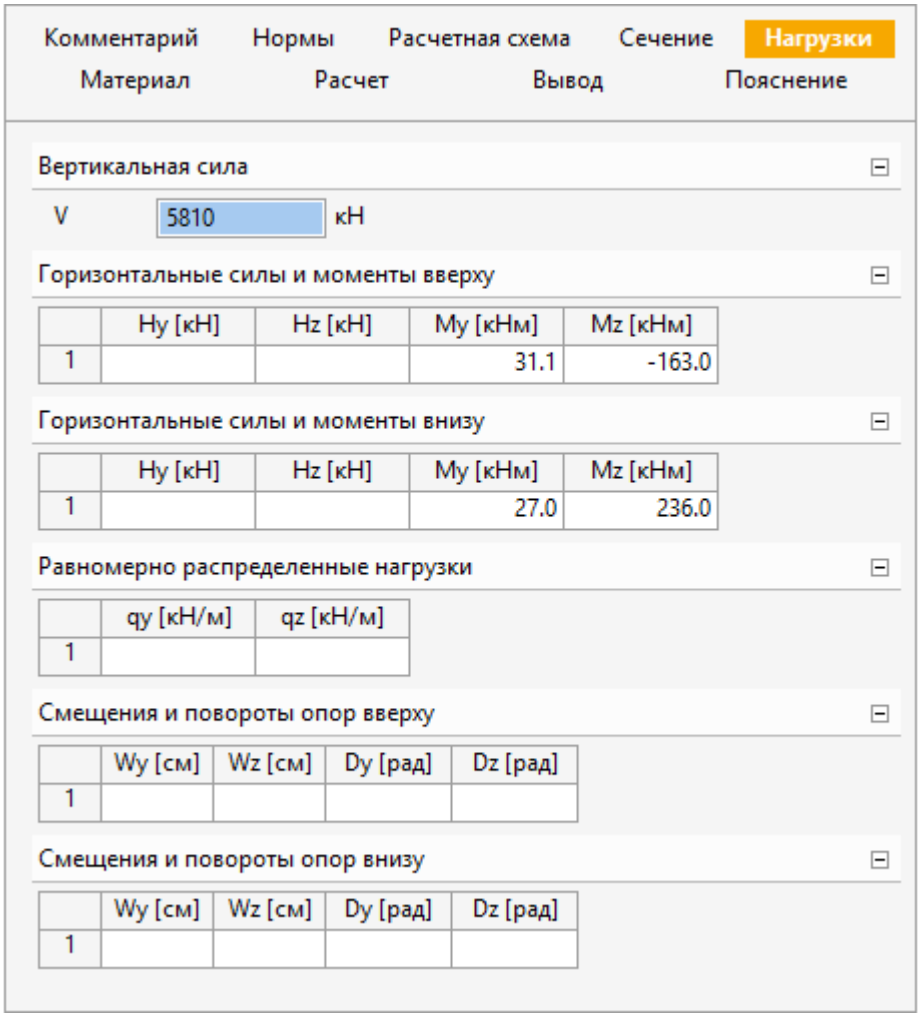
- При равном шаге и диаметре арматуры в пилоне можно выбрать “Контур” в качестве схемы армирования.



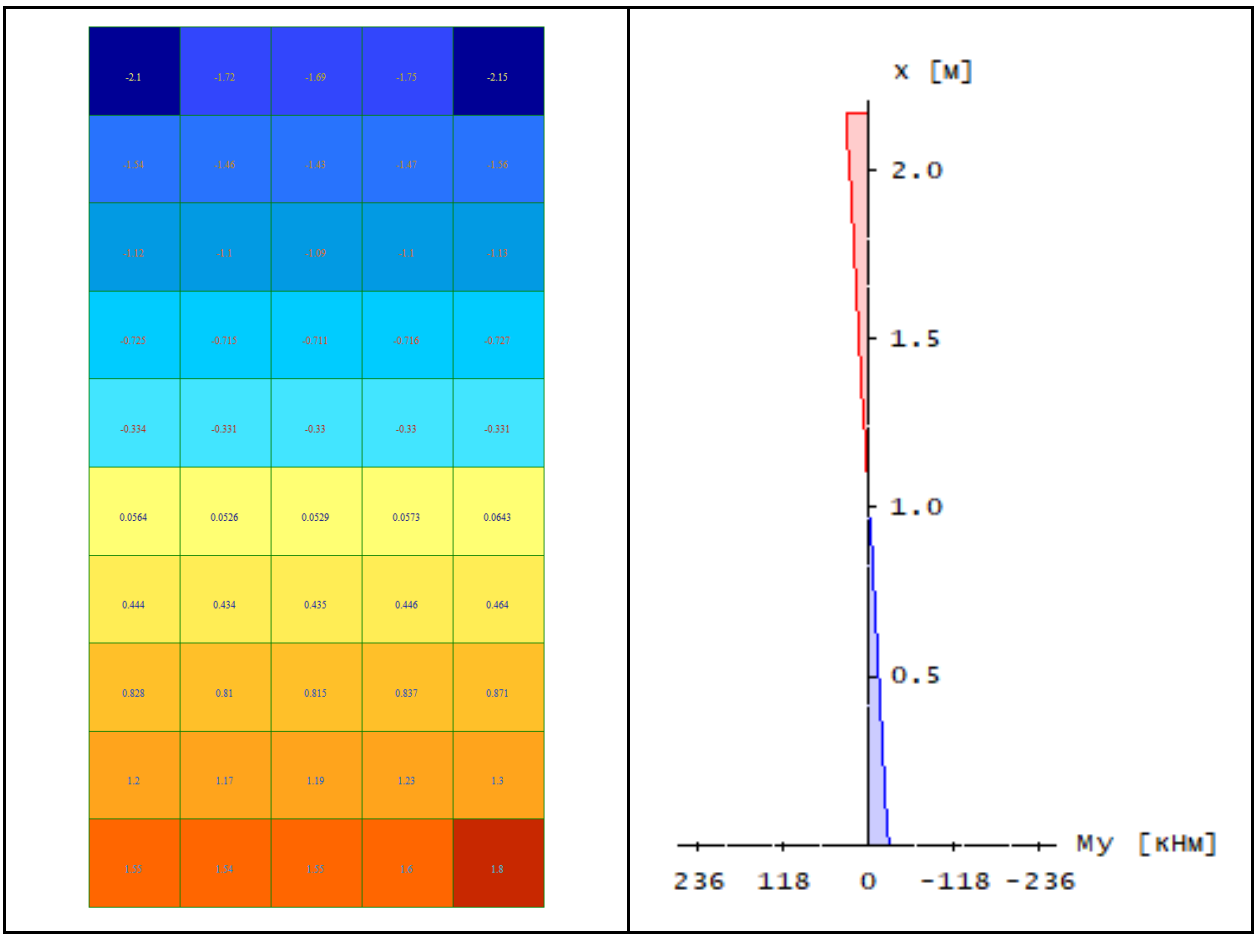
- При необходимости более точного задания размещения арматуры (при наличии разных диаметров, шагов арматуры) выбирается “Другая” схема армирования, где размещение стержней можно вводить по координатам.



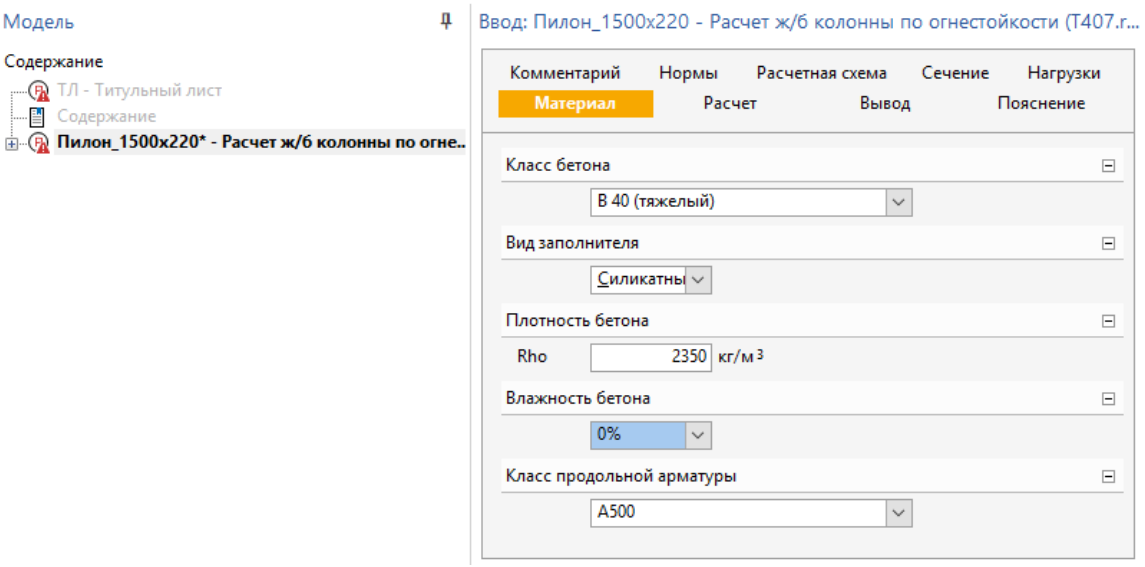
16. Вкладка “Нагрузки”. Размерность дана в кН, кНм. Вертикальная сила задается с положительным знаком при сжатии. Направления моментов соответствуют действию моментов вокруг соответствующих осей (т.е. My это момент вокруг оси Y).



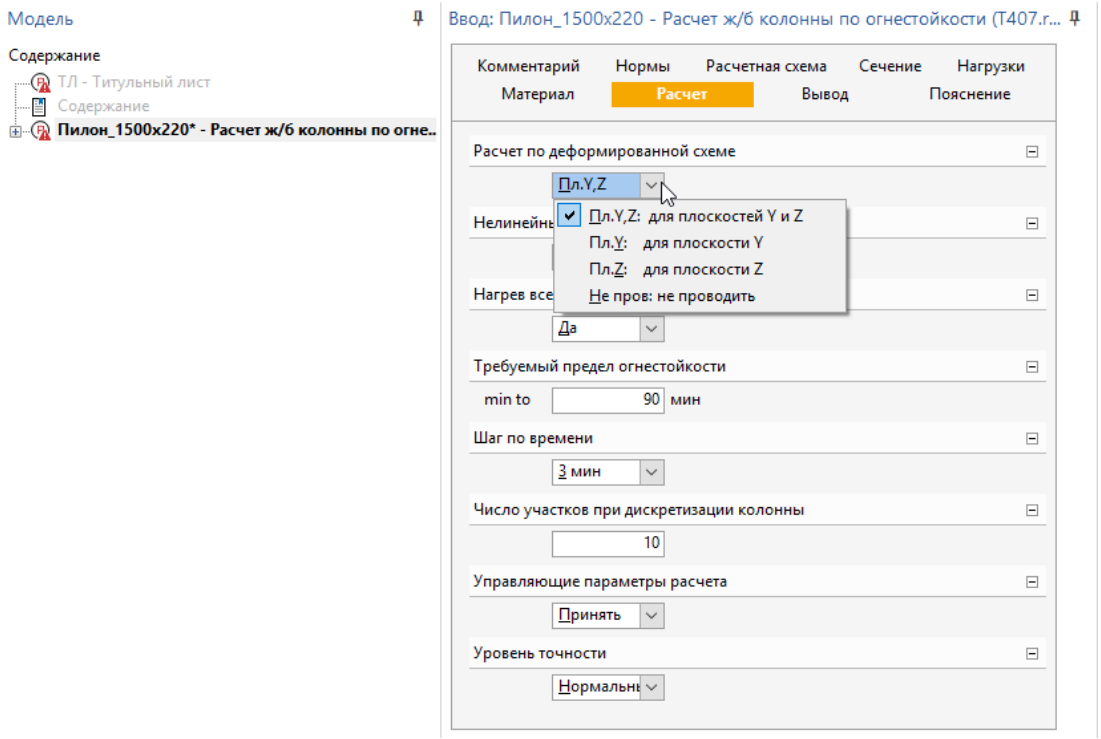
- После задания моментов нужно убедиться, что эпюра, построенная в Статике, соответствует распределению усилий в модели. Т.е. если в модели эпюра моментов по высоте меняет знак, то эпюра моментов в Статике также должна менять знак.

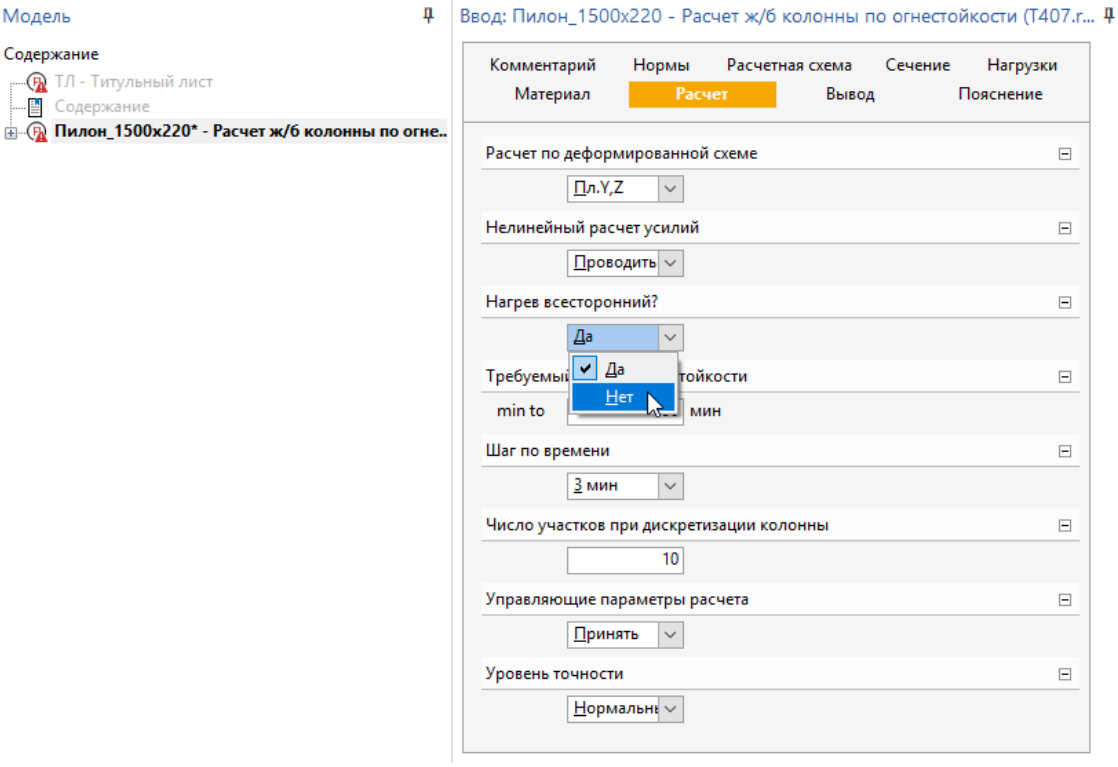


17. На вкладке “материал” задаются характеристики материалов бетона и арматуры.

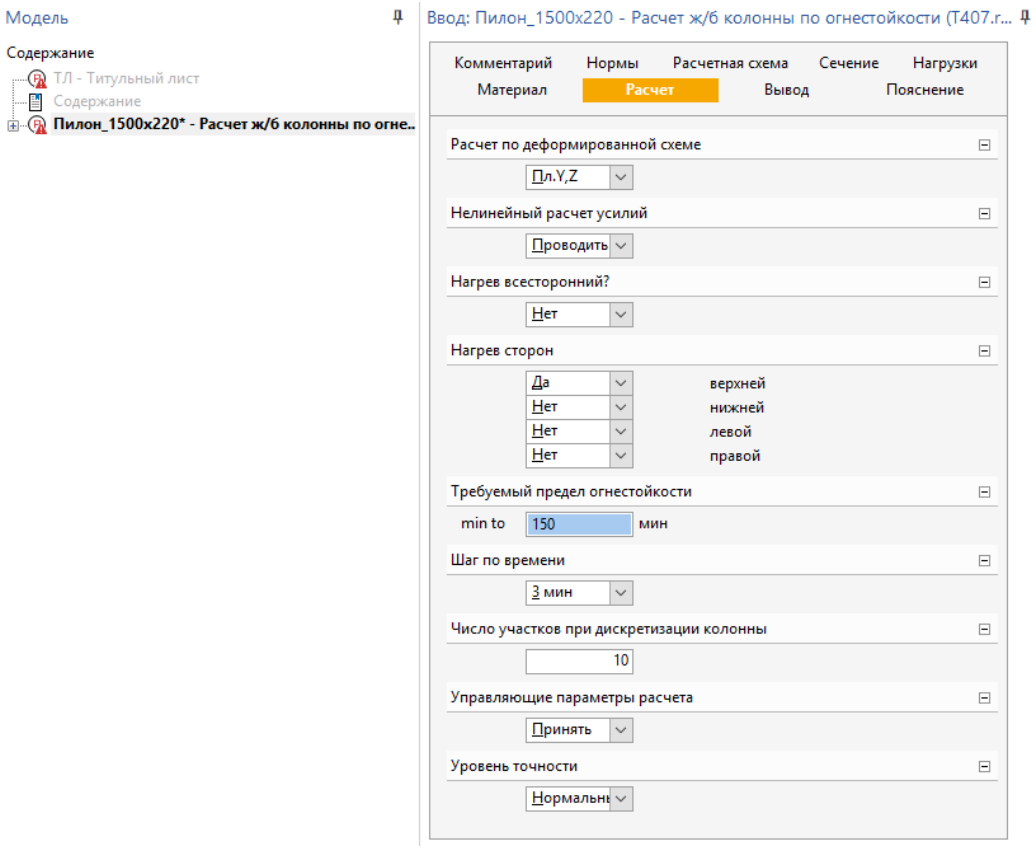


18. Переходим на вкладку “Расчет”.
    - В поле “Расчет по деформированной схеме” выбираем оба направления Y и Z.
    - В поле “Нагрев” выбираем стороны, подверженные огневому воздействию. Необходимо рассмотреть несколько вариантов нагрева: с одной, с двух, трех и четырех сторон. При нагреве с одной и трех сторон необходимо выбрать вариант, который дает худший результат (т.к. нагрев с одной/трех сторон вызывает дополнительный эксцентриситет от температурного нагрева).

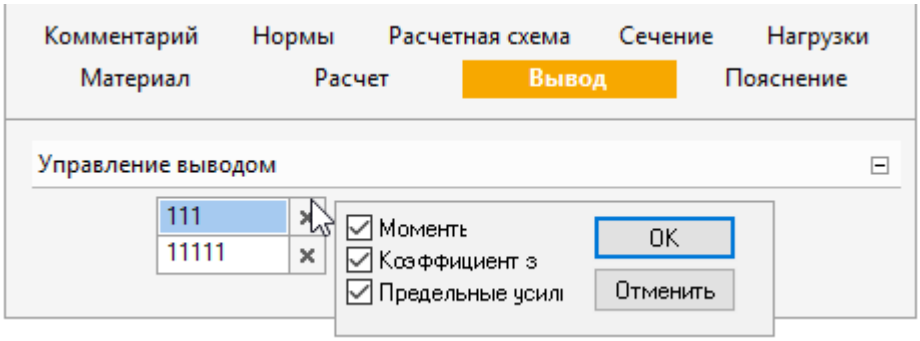


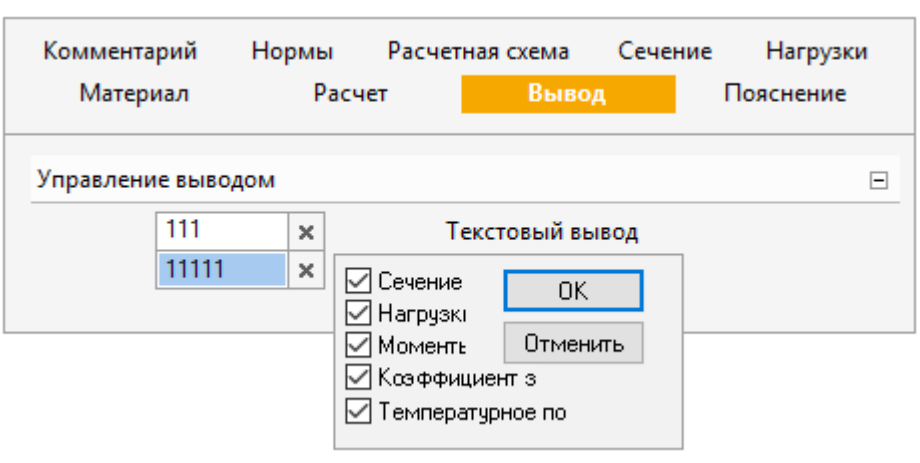


- Далее задается требуемая продолжительность огневого воздействия (в нашем примере 150 мин.). Остальные данные можно оставить по умолчанию.

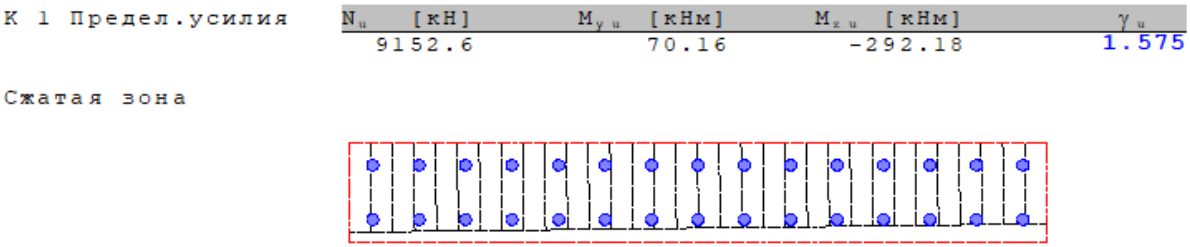


19. На вкладке вывод при необходимости можно исключить некоторые пункты из отчета.



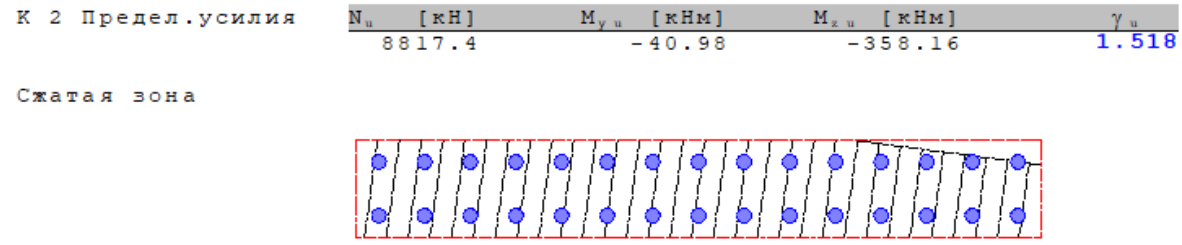


20. По результатам расчета, при нагреве с одной стороны, коэффициент запаса несущей способности составил 1,575.

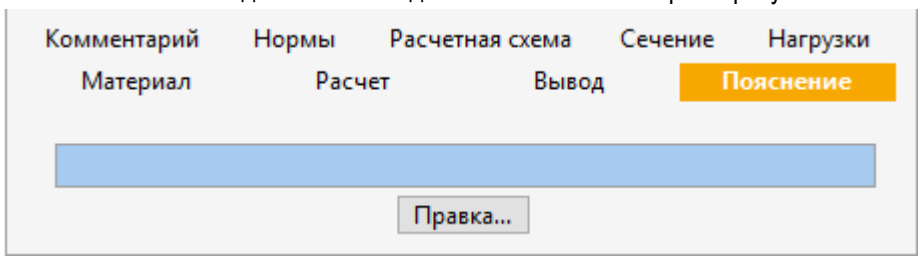


Но в случае всестороннего нагрева несущая способность пилона уже не обеспечена и необходимо принять меры по обеспечению несущей способности (увеличение площади арматуры, увеличение поперечного сечения пилона, повышение класса бетона).

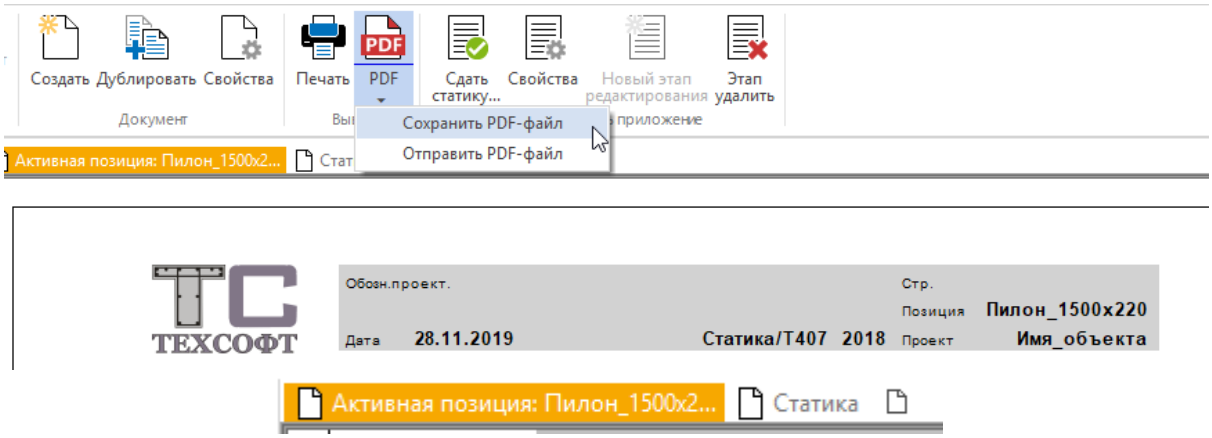
Несущая способность пилона при огневом воздействии длительностью 150 мин. и всестороннем нагреве обеспечивается при замене диаметра арматуры на d32.



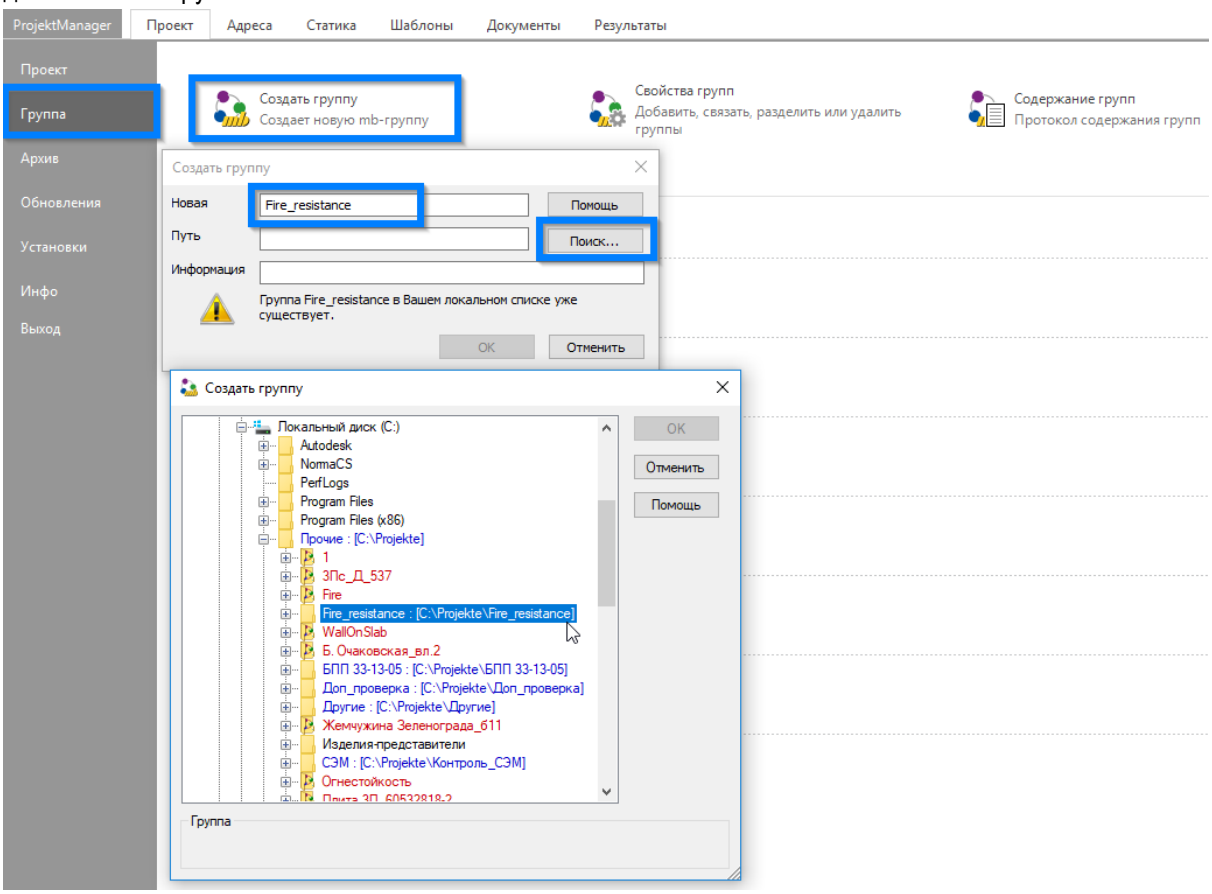
21. На вкладке “Пояснение” можно добавить выводы или иные комментарии к результатам.



22. Результаты расчета можно сохранить в PDF. Можно создать pdf версию отдельных позиций или составить отчет с титульным листом, содержанием и включить несколько позиций.



23. Чтобы увидеть свою группу с файлами в ProjektManager нужно перейти в пункт “Группа” в правой части окна на серой панели и нажать “Создать группу” в основном окне, указать путь к созданной папке и дать название группе.



8.2 Расчет горизонтальных конструкций по огнестойкости

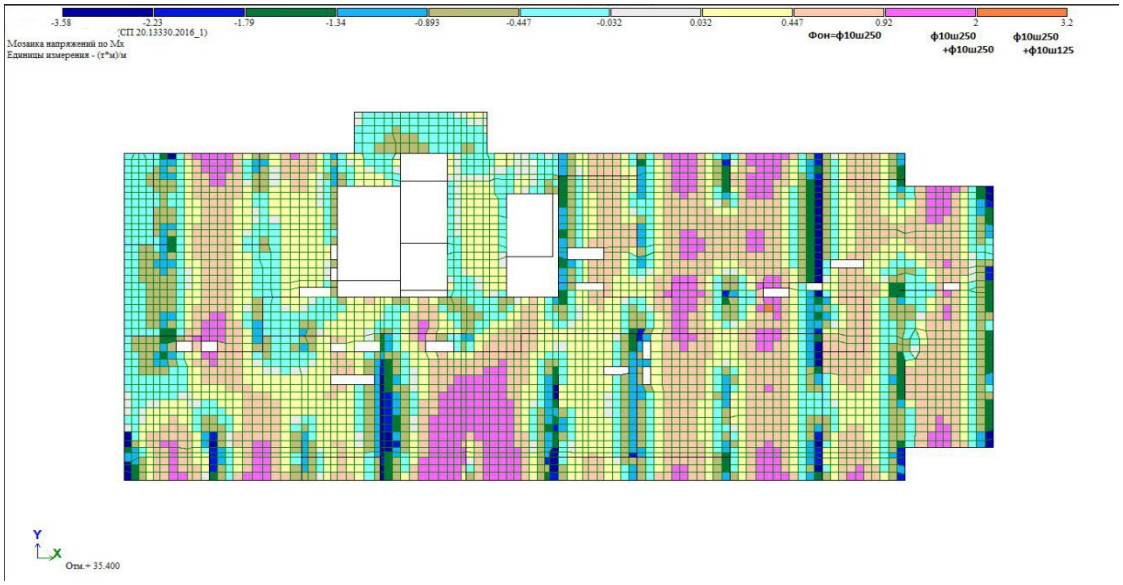
По аналогии с расчетом вертикальных конструкций, определяем максимальный изгибающий момент с заданным армированием. Используем только момент пролете, так как он может подвергаться воздействию открытого огня, а участок на опоре защищен ц.п. стяжкой и не подвергается воздействию открытого огня.

При армировании Ф10 шаг 250, защитном слое 30мм до грани, бетона В30, на огнестойкость R-90 перекрытие в состоянии воспринять 0.92тм

Далее по аналогии собираем для данного типа стен - соответствие напряжений - типу армирования.

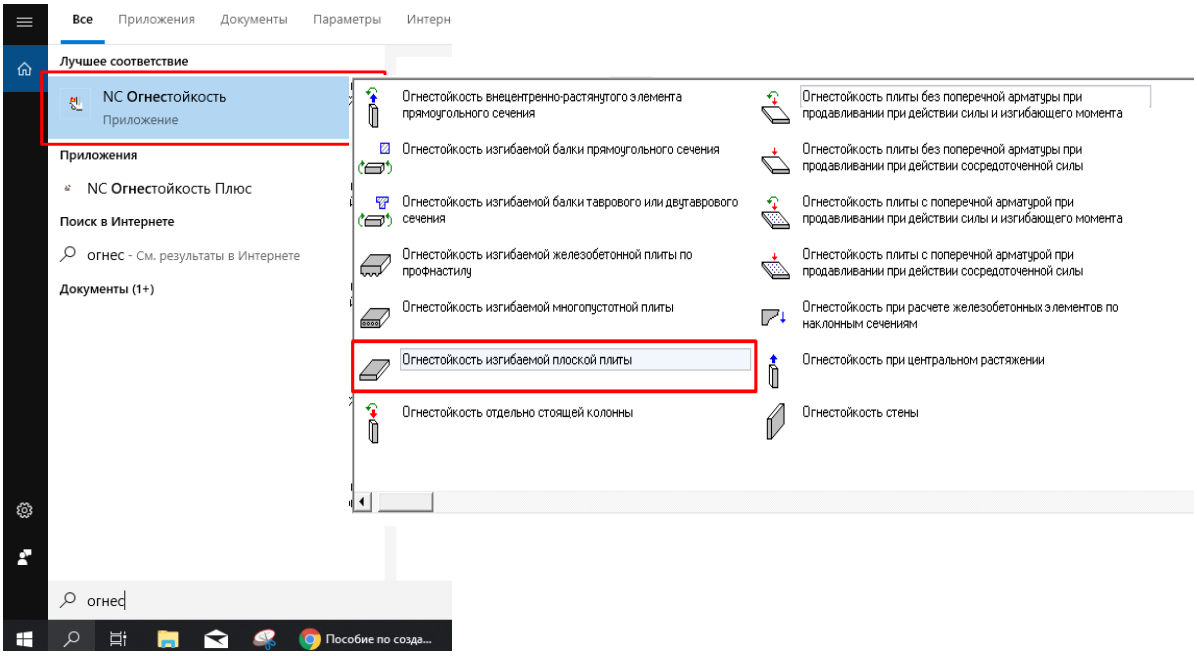
Ф16ш200 - 420т/м², Ф12ш200 - 385т/м², Ф22ш100 - 920т/м²

Далее фрагментируем в ЛИРА-САПР перекрытие, выбираем РСН12 и настраиваем шкалу My или Mx согласно определённым напряжениями

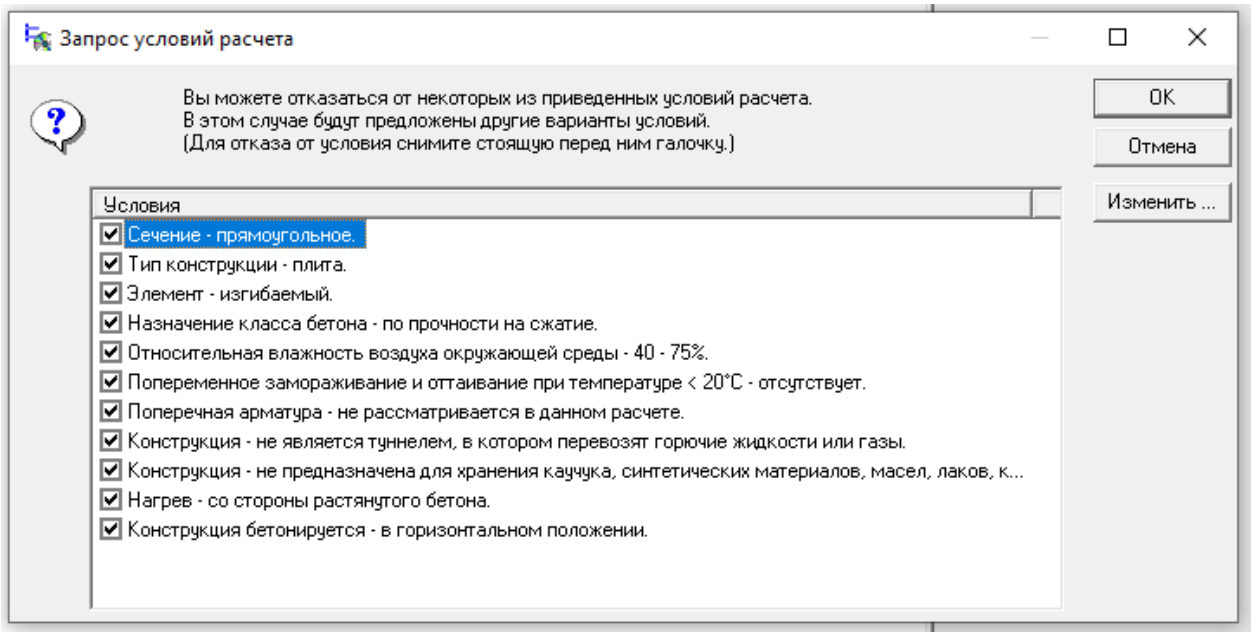


8.2.1 Определение несущей способности перекрытия

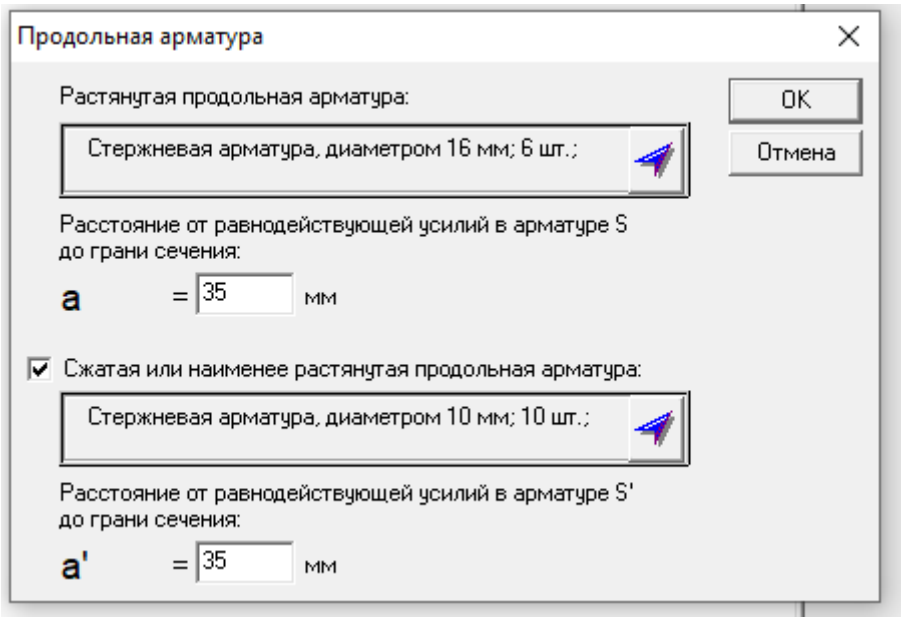
запускаем NormCad - огнестойкость Выбираем огнестойкость изгибаемой плоской плиты



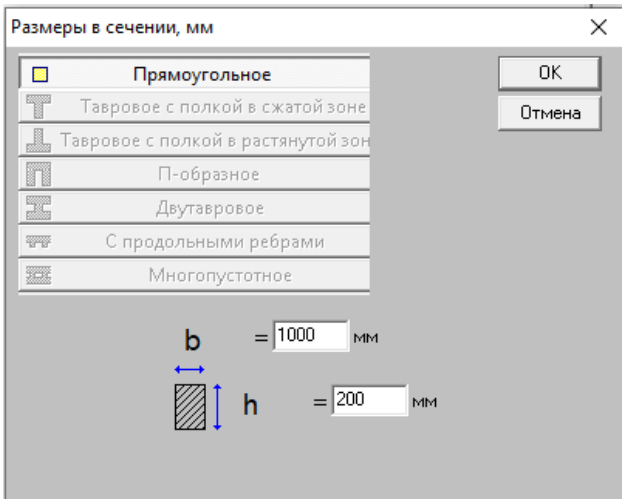
Стартовые условия



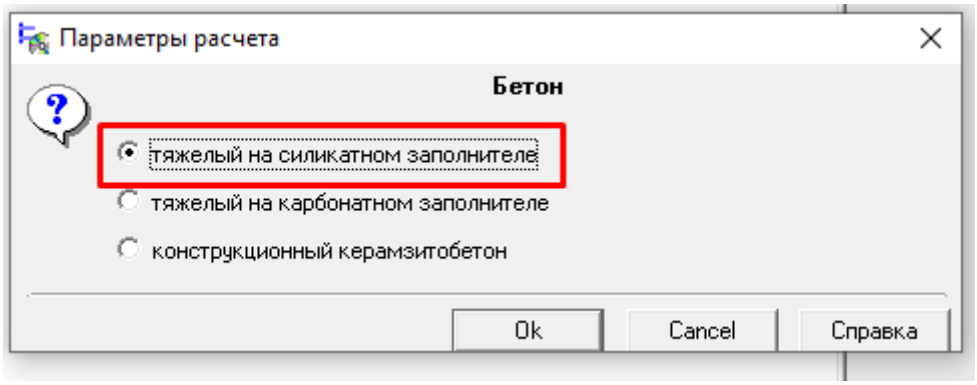
Указываем и растянутую и сжатую арматуру



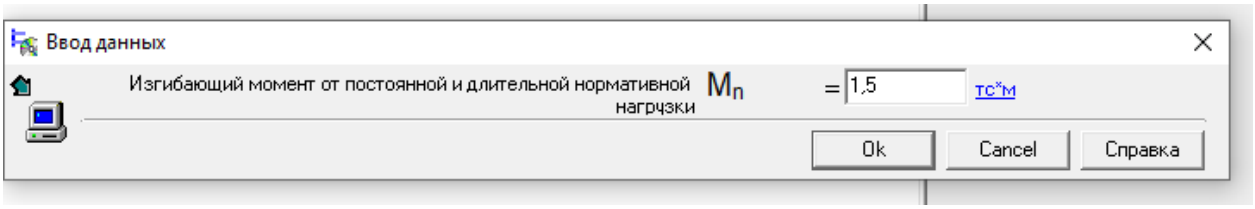
h - это высота сечения, b=1м так как картинка моментов в лире тм/м



Заполнение окон класса бетона, арматуры и длительность воздействия огня в пояснении не нуждаются.



Указываем момент, на который считаем



В результатах расчета уточняем, что условие выполнено.

Предельное значение изгибающего момента:
$M = R_{bn}\, b\, x\, (h_o - 0{,}5\, x) + R_{sc}\, A'_s\, (h_o - a') =$
$= 22 \cdot 1000 \cdot 3{,}68324 \cdot (165 - 0{,}5 \cdot 3{,}68324) + 400 \cdot 790 \cdot (165 - 35) = 54300932{,}37413$ Н мм = 5,54 тс м (формула (8.9); п. 8.3).

$M_n = 14709975{,}00978$ Н мм = 1,5 тс м $\leqslant M = 54300930$ Н мм = 5,53715 тс м (27,08973**% от предельного значения**) - условие выполнено .