

С.В. Шокот

СПРАВОЧНИК КОНСТРУКТОРА

с примерами и разъяснениями

РАСЧЕТ И КОНСТРУИРОВАНИЕ МОНОЛИТНЫХ
ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ НЕСУЩИХ СИСТЕМ

ЖИЛЫЕ И АДМИНИСТРАТИВНЫЕ ЗДАНИЯ

в сейсмических районах

и районах без вечномёрзлых грунтов

ЧАСТЬ 14

РАСЧЕТ КОНСТРУКЦИЙ

НА ПРОГРЕССИРУЮЩЕЕ ОБРУШЕНИЕ

ISBN 978-5-6054301-6-2

© С.В. Шокот, 2026

Москва

Издатель С.В. Шокот

2026

УДК 624.012

ББК 38.53

Ш 78

Шокот Святослав Вячеславович.

Ш 78

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

ISBN 978-5-6054300-0-1

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

ISBN 978-5-6054301-6-2 (ч.14)

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

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

Справочное электронное издание

© С.В. Шокот, 2026



Издание публикуется в авторской редакции

Техническая обработка и подготовка материалов С.В. Шокода

Для создания электронного издания использовано:

Microsoft Word 2010, ПО Adobe Acrobat

Дата размещения первой редакции на сайте: 18.05.2025.

Издатель С.В. Шокот.

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

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

ISBN 978-5-6054300-0-1

Дата выпуска первой редакции: 18.05.2025.

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

ISBN 978-5-6054300-1-8 (ч.1)

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

ISBN 978-5-6054300-2-5 (ч.2)

Ч.3.: Сбор и приложение нагрузок. Р_{су} и Р_{сн}. учет этапности возведения. –2026 – Текст : электронный.

ISBN 978-5-6054300-3-2 (ч.3)

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

ISBN 978-5-6054300-4-9 (ч.4)

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

ISBN 978-5-6054300-5-6 (ч.5)

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

ISBN 978-5-6054300-6-3 (ч.6)

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

ISBN 978-5-6054300-7-0 (ч.7)

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

ISBN 978-5-6054300-8-7 (ч.8)

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

ISBN 978-5-6054300-9-4 (ч.9)

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

ISBN 978-5-6054301-0-0 (ч.10)

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

ISBN 978-5-6054301-1-7 (ч.11)

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

ISBN 978-5-6054301-2-4 (ч.12)

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

ISBN 978-5-6054301-3-1 (ч.13)

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

ISBN 978-5-6054301-6-2 (ч.14)

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

ISBN 978-5-6054301-7-9 (ч.15)



Содержание

	Стр.
Термины и определения	6
1. Суть и необходимость расчета на прогрессирующее обрушение	7
2. Сценарии прогрессирующего обрушения	9
2.1. Нормативные сценарии локального разрушения конструкций	9
2.2. Расчет на падение одного перекрытия на другое	10
2.3. Нормативные сценарии при нарушении работы грунта	11
2.4. Экстраполяция результатов	12
2.5. Пример определения зон по экстраполяции	13
3. Конструктивные мероприятия согласно СП	15
4. Методики расчета. Коэффициенты динамичности.	16
5. Предельные состояния	21
6. Характеристики материалов	22
7. Нагрузки. РСН.	27
7.1. Случай с разрушением вертикальной конструкции	27
7.2. Случай расчета при карсте	29
7.3. Случай с падением перекрытия	30
8. Рассчитываемые элементы	31
9. Расчет в линейной постановке	36
10. Расчет с учетом физической нелинейности	43
10.1. Порядок и варианты расчета	43
10.2. Результаты расчета	73
10.2.1. Случай без разрушенных элементов	73
10.2.2. Случай с разрушенными элементами	76
11. Некоторые особенности расчета вертикальных конструкций	79
12. Методика упрощенного анализа	81
Библиография	106

Термины и определения:

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

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

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

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

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

1. Суть и необходимость расчета на прогрессирующее разрушение

Суть расчета на прогрессирующее разрушение заключается в том, что отдельная конструкция здания при получении повреждения разрушается и те усилия, которые она воспринимала должны перераспределиться на соседние участки.

При этом разрушение конструкции предполагается мгновенным, т.е. действует менее чем за 0,01 секунды.



При взрыве газа вышележащие конструкции не обрушились. Здание устойчиво к прогрессирующему обрушению. Люди на вышележащих этажах живы.



При взрыве газа вышележащие конструкции обрушились. Здание НЕ устойчиво к прогрессирующему обрушению. Возможны жертвы на тех этажах, где не было взрыва.

Законодательная база очень запутанно написана по вопросу прогрессирующего обрушения, поэтому в таблице ниже приведена краткая справка о том, когда необходимо рассчитывать здания на прогрессирующее обрушение.

Справочная таблица №1. Расчет на прогрессирующее разрушение

Документы по старшинству	КС-3	КС-2 с массовым нахождением людей	КС-2 без массового нахождения людей
Требования ФЗ 384(требования должны выполняться вне зависимости от остальных документов)	Статья 16. ФЗ 384 п.5. обязывает рассчитывать на прогрессирующее. Остальные документы можно не рассматривать.	Требований нет	Требований нет
Задание на проектирование (ЗНП)		Расчет ведется, если есть в ЗНП или указана необходимость соответствия ГОСТ 27751-2014)	Расчет ведется, если есть в ЗНП
ГОСТ 27751-2014 (часть пунктов применяется на добровольной основе)		Расчет на прогрессирующее обрушение проводится на основании п. 5.2.6. , но применяется на добровольной основе.	Требований нет
Итого	Расчет ведется	Расчет ведется, если есть в ЗНП или указана необходимость соответствия ГОСТ 27751-2014.	Расчет ведется, если есть в ЗНП

2. Сценарии прогрессирующего обрушения

2.1. Нормативные сценарии локального разрушения конструкций

Согласно п.4.5.1. СП 385 предусмотрены следующие сценарии разрушения:

- пересекающихся стен на участках от места их пересечения (в частности, от угла здания) до ближайшего проема в каждой стене или до следующего вертикального стыка со стеной другого направления длиной не более 6 м;
- отдельно стоящей стены от края до ближайшего проема или одного участка стены (простенка) между двумя проемами или на участке длиной не более 6 м;
- колонны (пилона), ядра жесткости или колонны (пилона) с примыкающими участками стен, расположенных на участке общей длиной не более 6 м;
- ригеля, одной конструкции или элемента составной несущей конструкции покрытия;
- элемента конструкции, раскрепляющего несущий элемент.

Частой ошибкой и заблуждением является, то что рассчитываются и дополнительно армируются только условно «наиболее нагруженные участки». Рассчитав «наиболее нагруженные участки» необходимо экстраполировать результаты на другие конструкции.

2.2. Расчет на падение одного перекрытия на другое

Согласно п.4.5.1.а СП 385 предусмотрен сценарии:

Каждое перекрытие высотного здания должно быть рассчитано на восприятие веса обрушившегося участка перекрытия вышележащего этажа (постоянная и длительная нагрузки с коэффициентом динамичности $K_d = 1,5$) на площади 80 м^2 для зданий высотой до 200 м и 100 м^2 для зданий выше 200 м .

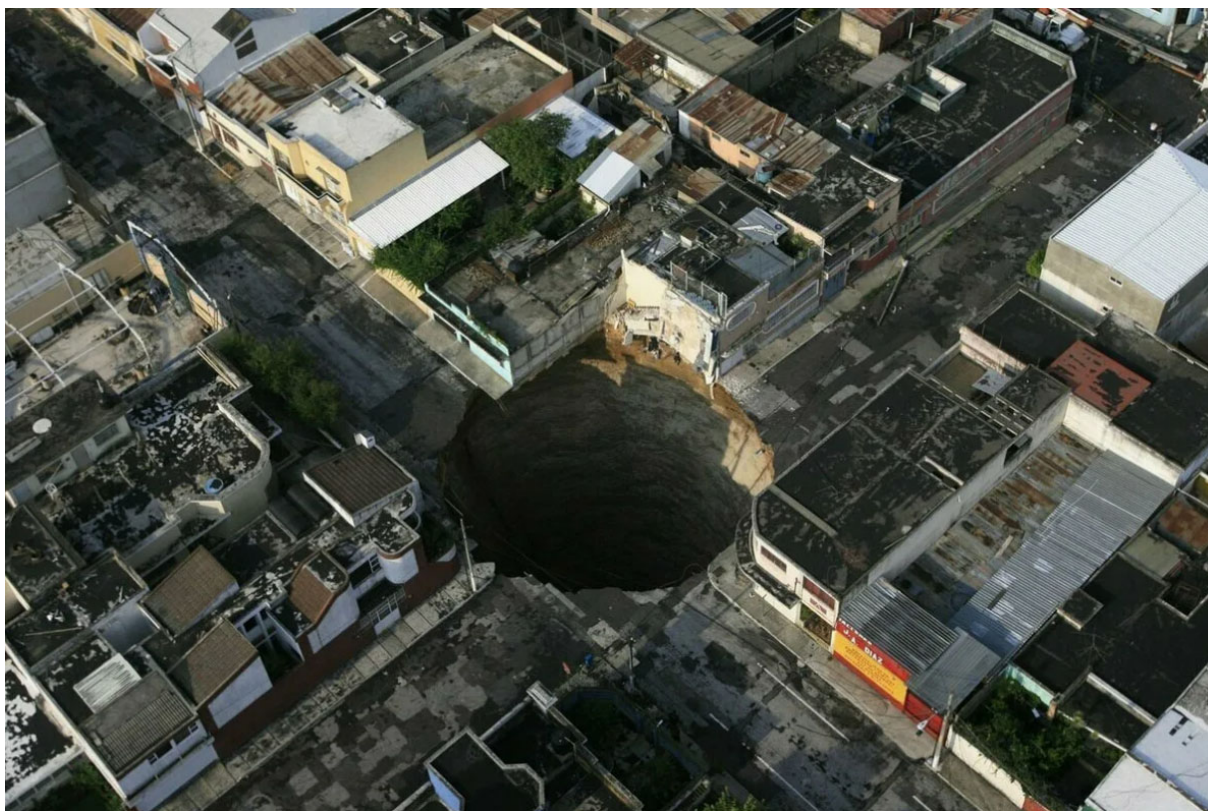
2.3. Нормативные сценарии при нарушении работы грунта

По результатам инженерно-геологических изысканий определяются факторы риска поведения грунта и прописываются конкретные параметры для расчета конструкций. Конструктору-расчетчику это выдают в качестве исходных данных.

Частой аварийной ситуацией аналогичной удалению конструкции является ситуация при наличии пород подверженных карсту. Карст – это процесс, при котором образуется полость под землей вследствие вымывания частиц грунта. В момент, когда полость становится довольно большой, происходит провал и образуется карстовая воронка.

В Москве, например, диаметр карстовой воронки по материалам некоторых ИГИ варьируется от 1 до 6м. В некоторых странах, например, встречаются довольно большие воронки.

Автор утверждает (его личное мнение), что при землетрясении 10 баллов и более, такие города как Москва могут провалиться в такие пустоты из-за своей массы. Исследования толщи и пустот грунта сейчас крайне ничтожны.



Карстовая воронка диаметром около 30м

2.4. Экстраполяция результатов

Согласно п. 4.5. СП 385.1325800.:

«Локальное разрушение может назначаться в любом месте здания или сооружения и не должно приводить к прогрессирующему обрушению».

Т.е. согласно нормам здание должно быть рассчитано !несколько тысяч! раз и проверена каждая ситуация. Конечно, на практике никто так не делает. Это очень трудозатратно и в условиях реального проектирования просто невозможно. В связи с этим используют экстраполяцию результатов. При этом результаты, полученные при удалении одной конструкции переносят (экстраполируют) на другие аналогичные (похожие) конструкции. Таким образом расчетных ситуаций становится в разы меньше.

Пример экстраполяции результатов продемонстрирован далее.

2.5. Пример определения зон по экстраполяции

Пример определения «условно аналогичных» зон разрушения при которых результаты расчета будут очень похожи приведены на рисунке далее. При этом необходимо понимать следующее:

1. Из-за неравномерных осадок/перекосов схемы требуемое армирование условно аналогичных зон может отличаться. Поэтому экстраполяцию(перенос результатов) на аналогичные зоны должен осуществляться по принципу: «Увеличить армирование во столько же раз как и на аналогичном участке, на котором выполнен расчет».

2. Количество зон для стен ядра жесткости можно придумать в соответствии с нормами еще больше, чем указано на рисунке. Однако в такой точности нет необходимости.

3. Сценарии 6 и 8, 7 и 9 НЕ аналогичны, поскольку у них разные габариты смежных несущих конструкций, а следовательно будут разные условия по продольному и поперечному армированию (продавливанию).

4. Минимальные зоны для расчета на прогрессирующее обрушение по высоте здания обычно следующие:

– при наличии карстовых воронок: сваи/ зоны удаления грунта(коэффициента постели) под вертикальными конструкциями:

– самый нижний этаж;

– первый этаж, на котором отсутствуют стены подвала, воспринимающие давление грунта;

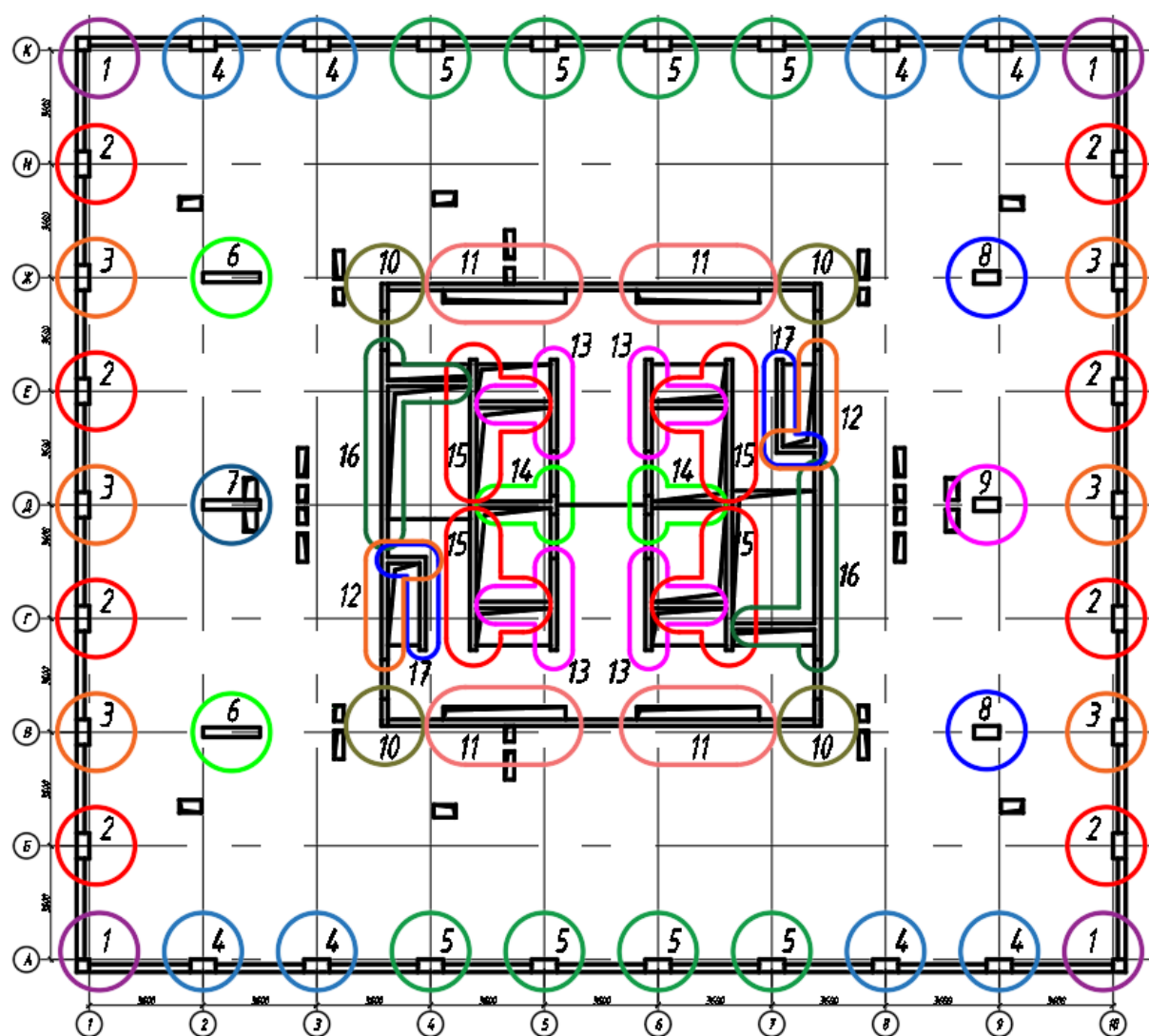
– этаж, на котором армирование стен становится фоновым;

– этаж, на котором армирование колонн больше не снижает диаметр и количество стержней армирования;

– последний этаж.

Т.е. для расчета здания из примера справочника необходимо рассчитать примерно 100 случаев.

Однако, следует учитывать, что это перечень определяется самим расчетчиком. Во многих случаях, конечно, можно руководствоваться опытом расчетов на зданиях с аналогичными конструкциями, чтобы сразу увеличивать «во столько-то раз».



Сценарии удаления вертикальных конструкций

3. Конструктивные мероприятия согласно СП

Согласно п.9.2.8 СП 385 предусматривают дополнительные конструктивные мероприятия для монолитных железобетонных зданий и сооружений:

- обеспечение восприятия вертикальными связями между низом колонн (пилонов, стен) и перекрытиями (балками, ригелями) растягивающих усилий, определенных в результате расчетов, но не менее 10 кН (1 тс) на м² грузовой площади этой колонны (пилон, стены);

- покрытие и перекрытия следует связывать с колоннами (пилонами, стенами, балками, ригелями) расчетными связями;

От автора: разработчики вообще сами понимают, что они пишут? Что это за связи? Где чертежи и схемы? Чем не устраивает армирование, которое уже заложено в пилон или же как его учесть? Очередная благодарность им! В реальности этот пункт игнорируется.

- минимальную площадь сечения горизонтальной арматуры (суммарной для нижней и верхней арматуры) в монолитных железобетонных перекрытиях и покрытиях как в продольном, так и в поперечном направлении следует принимать не менее 0,25% площади сечения бетона. При этом необходимо обеспечить непрерывность указанной арматуры и стыковку (в том числе при возможном изменении расчетной схемы работы перекрытия или покрытия в результате локального разрушения) в соответствии с требованиями действующих нормативных документов;

Толщина плиты перекрытия, мм	Расчетная высота h_0 , см	Минимальный процент Армирования $\mu_{s,min}$	Требуемая площадь армирования <u>у двух граней</u> , см ² на 1 пог. м ($b = 100\text{ см}$) $A_s = \mu_{s,min} b h_0 / 100$
160	13	0,25	3,25
180	15	0,25	3,75
200	16	0,25	4
220	18	0,25	4,5
250	21	0,25	5,25
280	24	0,25	6
300	26	0,25	6,5
350	31	0,25	7,75
400	35	0,25	8,75
450	40	0,25	10
500	45	0,25	11,25
550	50	0,25	12,5
600	55	0,25	13,75
700	65	0,25	16,25
800	75	0,25	18,75
900	85	0,25	21,25
1000	95	0,25	23,75

- использовать установку косвенной арматуры в элементах и замкнутые поперечные хомуты в узловых сопряжениях и стыках сборных конструкций, в которых возникает сложное напряженное состояние.

От автора: разработчики вообще видели узлы монолитных конструкций в высотках? Там бетон еле пролазит и без косвенного армирования! Где схемы в СП? Как считать? Сколько ставить? Снова пункт с посылом в пустоту, и все его игнорируют.

4. Методики расчета. Коэффициенты динамичности.

Справочная таблица 2. Перечень методик.

№ п/п	Устаревшие	Наиболее часто используемые	Перспективные
Методики	Метод предельного равновесия.	Компьютерный метод <u>статический</u>	Компьютерный метод <u>динамический</u>
Описание. Плюсы и минусы	Метод приближенный, однако дает наиболее экономичное решение. С компьютерным методом сходимости практически никогда не будет, поскольку компьютерный метод будет учитывать концентраторы напряжения и в концентраторах показывать разрушение. Динамический эффект (коэффициент динамичности) учитывается вручную.	Расчет ведется как в линейной, так и в нелинейной постановке. Динамический эффект (коэффициент динамичности) учитывается вручную.	Расчет ведется в линейной постановке в модуле «Динамика во времени» . Учет физической нелинейности в большинстве случаев невозможен. На решение одной задачи (при удалении одной конструкции) даже в линейной постановке требуется минимум в 10 раз больше времени, чем в статическом методе. Динамический эффект учитывается автоматически.

Коэффициент динамичности.

Коэффициент динамичности зависит от:

– Времени разрушения вертикальной конструкции. Время разрушения вертикальной конструкции на 2026 не нормировано. Поэтому во всех случаях расчета на прогрессирующее обрушение принимается мгновенное разрушение конструкции (за близкое к 0 время).

– Пластичности самой системы. Чем больше система пластична, тем больше она снижает динамичность.

Минимальный коэффициент динамичности равен 1. Такой коэффициент получается, если конструкцию разрушать очень медленно за довольно большой промежуток времени (не менее 10...20 секунд).

Максимальный коэффициент динамичности равен 2, если система абсолютно упругая и если удаление конструкции произошло мгновенно.

Упругая система это, например, полностью стальная конструкция, недопускающая пластические деформации. Естественно, железобетонная конструкция такой упругой системой являться не

может и в реальности коэффициент будет меньше. Однако, безусловно, если брать коэффициент 2, то расчет железобетонных конструкций будет идти в запас.

Реальный коэффициент динамичности. Для реальных конструкций, которые имеют великое множество зон армирования, расположение несущих конструкций с различными шагами, хаотичное расположение проемов и прочие «искажения» получить единый коэффициент динамичности и рассчитать его по одной формуле не представляется возможным. Требуется пространственный расчет.

Автор, например, в своих пространственных расчетах в динамике с учетом физической и геометрической нелинейности никогда не получал для железобетона коэффициент больше, чем 1,6. Возможно, этим коэффициентом и стоит ограничиться.

Расчет и определение реального коэффициента динамичности в нелинейной постановке и в динамике во времени для реального проектирования на 2026 год не представляется возможным в силу большой трудоемкости и длительности данного расчета.

Практика проектирования.

В ранних редакциях СП 385 был нормирован коэффициент динамичности равный 2. Но после учета данного коэффициента здание стало превращаться в бункер. Вместо расхода 100кг/куб. м стал получаться расход 250 кг/куб. Естественно, это многим не понравилось и в последних редакциях СП 385 коэффициент динамичности равный 2 убрали, определение данного коэффициента сделали на усмотрение проектировщика.

И теперь в нормах вообще стала одна большая неопределенность: коэффициент динамичности не нормирован, а считать в динамической постановке это полный абсурд для массового проектирования.

По итогу практически каждый проектировщик на 2026 год принимает коэффициент динамичности равный 1. Экспертиза принимает расчет с 1, поскольку 1 не противоречит нормам.

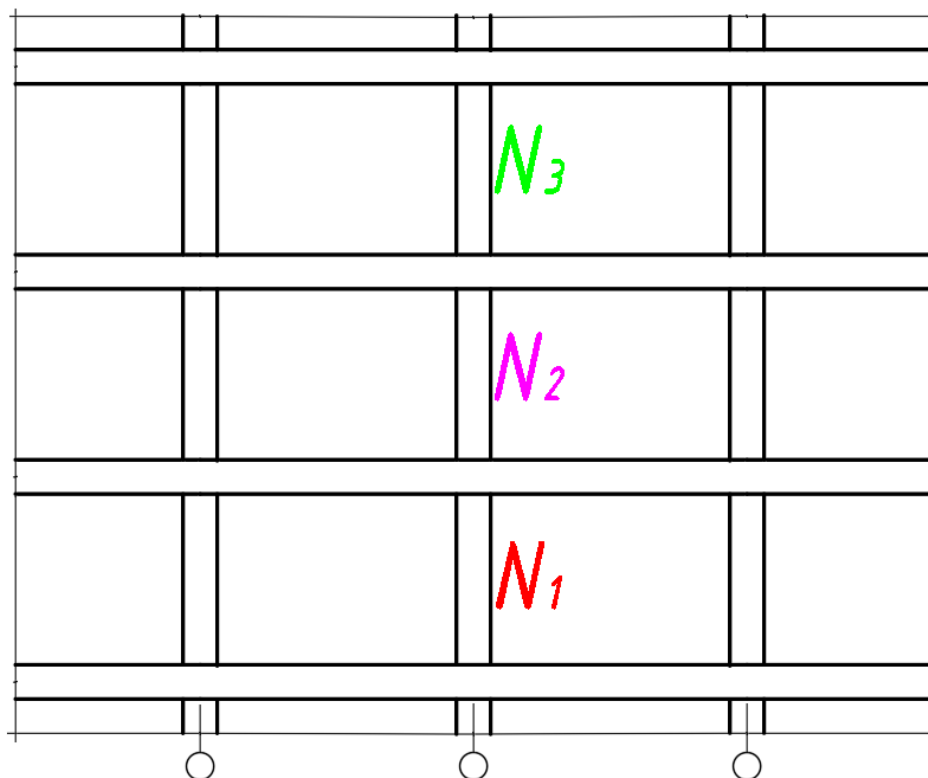
Здесь хочется объявить большую благодарность нормотворцам. Только благодаря им проектирование перерастает еще в большую неопределенность. Простому инженеру отстоять коэффициент динамичности больше чем 1 перед недалекими заказчиками стало практически невозможным. Тенденция к технологическому прорыву зашкаливает.

Реализация коэффициента динамичности в расчете (как прикладывать нагрузку?).

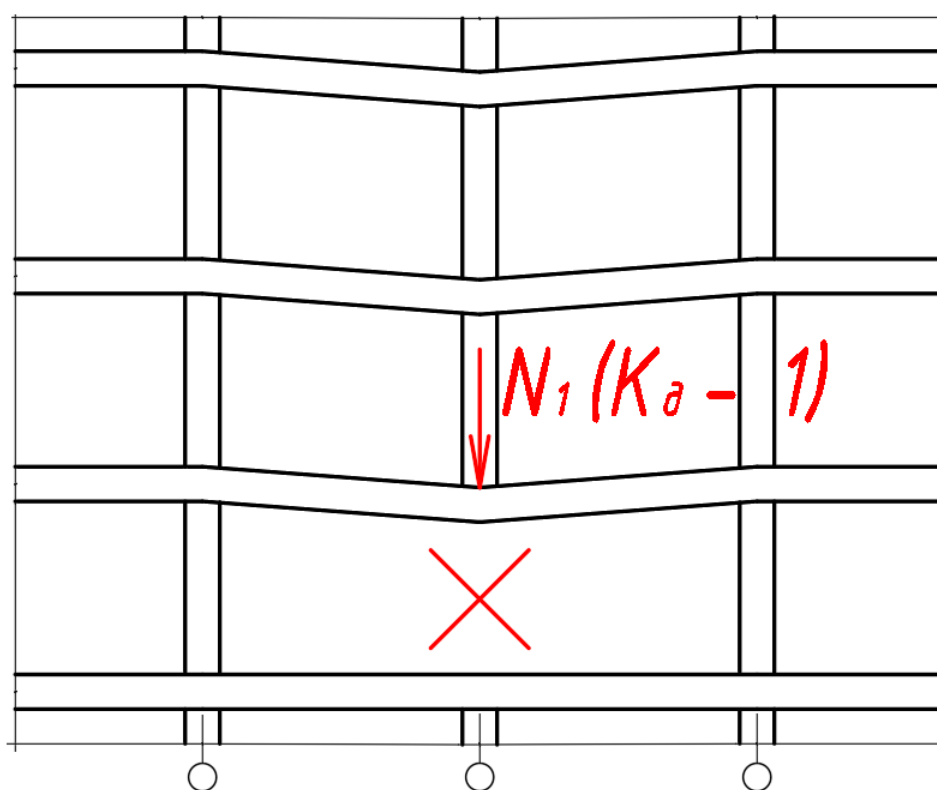
Алгоритм следующий:

1. Производится расчет усилий без удаления элемента на выбранный РСН.
2. Усилие (в колонне и сваях нормальное усилие N , под фундаментной плитой давление p) в том элементе, который планируют удалить записывают.
3. Создают новую расчетную схему, в которой удаляют элемент, а его усилие передают на примыкающий. При этом усилие умножают на $(K_d - 1)$.
4. Рассчитывают усилия и подбирают армирование в элементах схемы.

Разрушение вертикального элемента (колонна/пилон/стена)

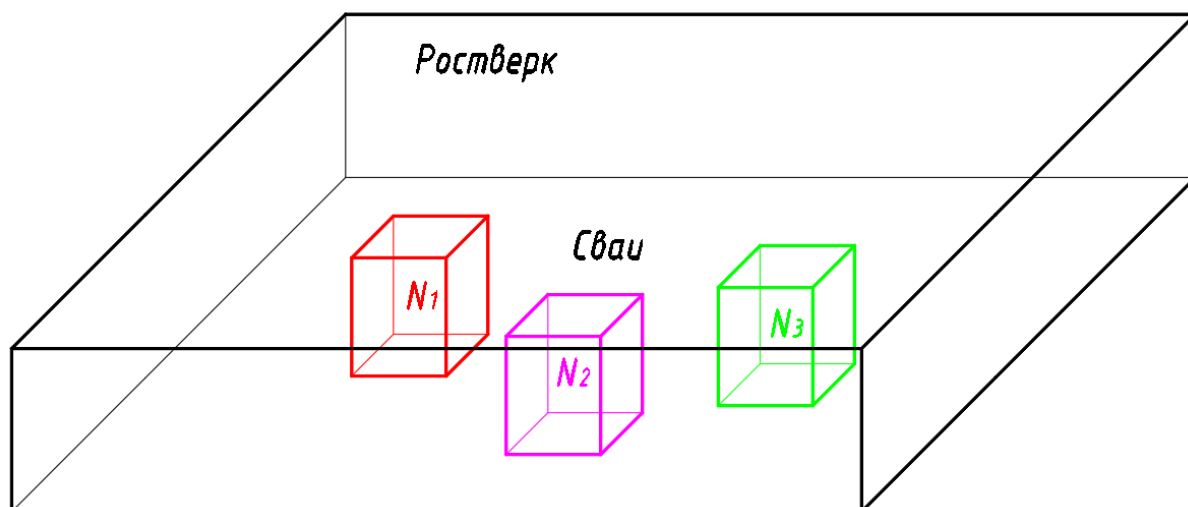


Расчет без удаления элемента на выбранный РСН.

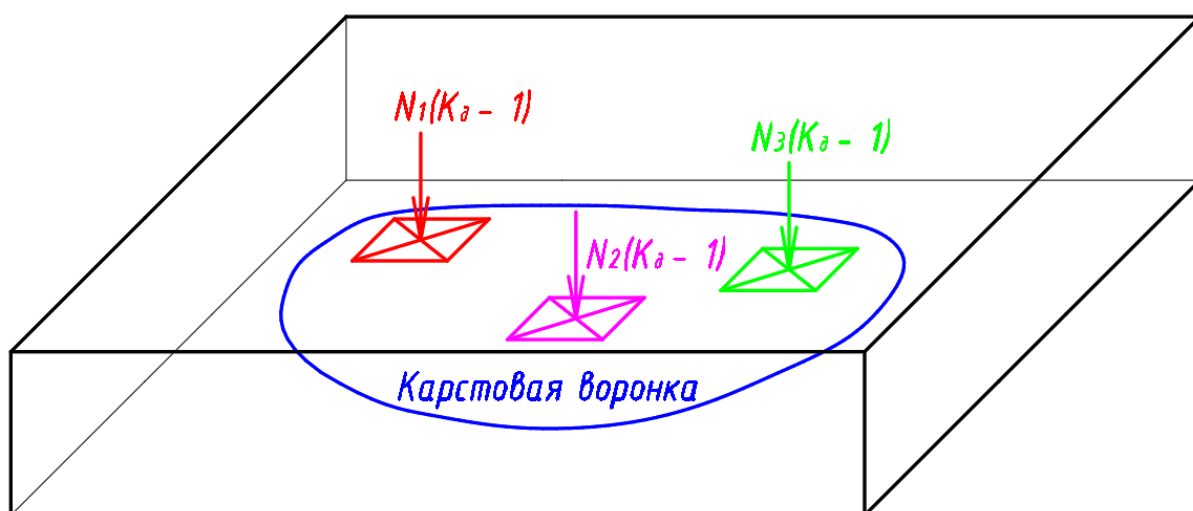


Расчет с удалением элемента.

Образование карстовой воронки с провалом сваи

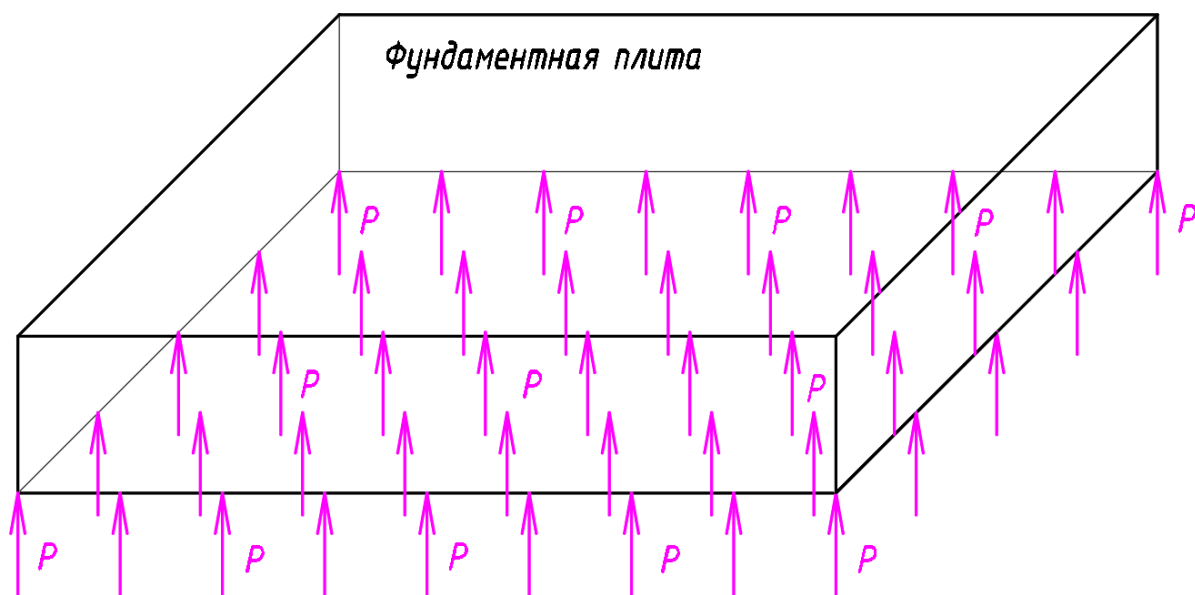


Расчет без карстовой воронки на выбранный РСН.

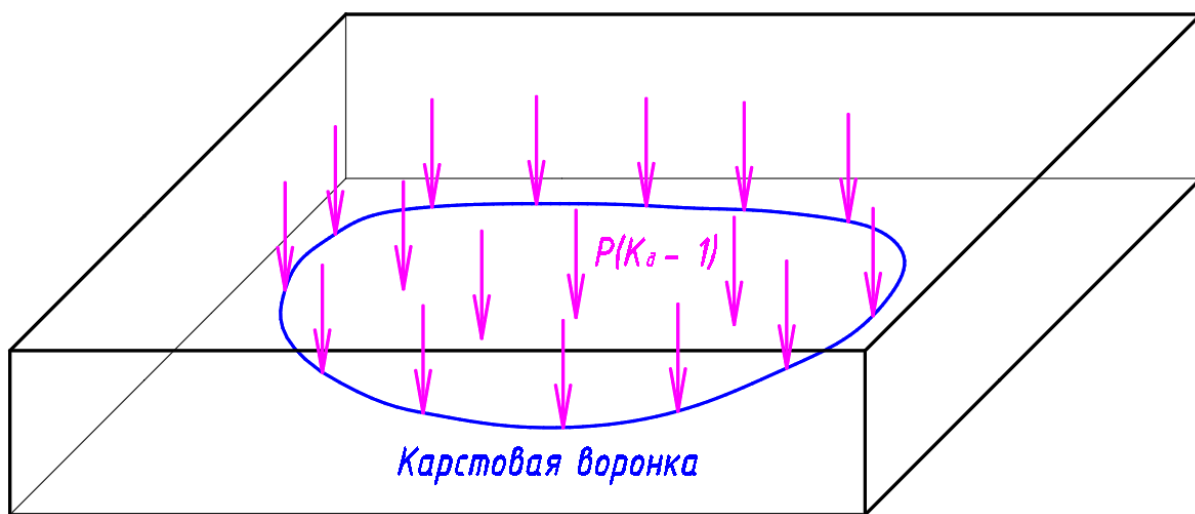


Расчет с карстовой воронкой.

Образование карстовой воронки под фундаментной плитой



Расчет без карстовой воронки на выбранный РСН.



Расчет с карстовой воронкой.

5. Предельные состояния

Справочная таблица 3. Выполняемые проверки.

1 проверка	2 проверка
Прогиб (п.5.4 СП 385) Предельно допустимый прогиб: $L/30$ для арматуры А240, А300, А400, А500 $L/50$ для арматуры А600, А800, А1000. L – длина пролета.	Прочность. Производятся стандартные проверки по прочности согласно СП 63. Трещиностойкость <u>не учитывается</u>, т.е. ширина раскрытия трещин для обычных гражданских зданий может быть любой.

6. Характеристики материалов

Бетон

Согласно разделу 5. СП 385. Прочностные характеристики принимаются **равными нормативным значениям** с учетом домножения на коэффициенты:

- 1) коэффициент динамической прочности

Справочная таблица 4. Коэффициент динамической прочности φ_b

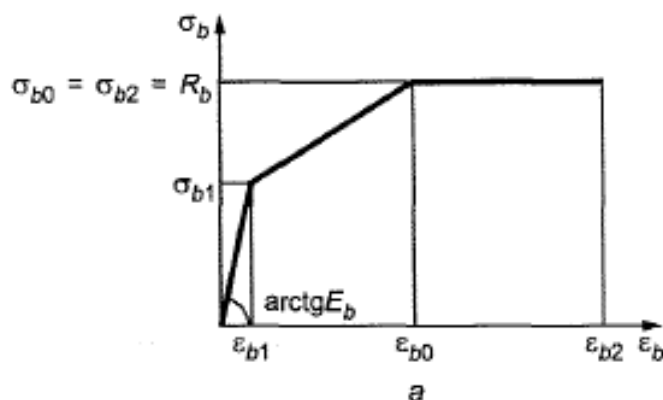
$K_d = 1$ $\varphi_b = 1$	В динамическом расчете $K_d > 1$
	$\varphi_b = 1,15$ к прочности если разрушение хрупкое (от автора: такое разрушение характерно для колонн/пилонов с малым изгибающим моментом). $\varphi_b = 1$ к прочности если разрушение пластичное От автора: если нет понимания характера разрушения, то принимаем $\varphi_b = 1$.

- 2) Дополнительный коэффициент, учитывающий нарастание прочности бетона во времени:
 $\beta_b = 1,15$

Предельные деформации ε_{b2} принимаются:

- Для бетонов класса В60 и ниже принимается равным **0,0035**.
- Для бетонов классов выше, чем В60 по СП63 и СП 311 без корректировки.

Для физически нелинейных расчетов



Трехлинейная диаграмма по СП 63.13330

Справочная таблица 5. Коэффициенты γ_{b1}

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

Справочная таблица 6. Коэффициенты γ_{b3}

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

Справочная таблица 7. Коэффициенты надежности по бетону γ_b и γ_{bt}

Коэффициент надежности	
$\gamma_b = 1,3$	$\gamma_{bt} = 1,5$

Справочная таблица 8. Характерные точки диаграммы деформирования бетона

Кратковременное модифицированное для расчета на прогрессирующее обрушение	
Деформация	Напряжение
Для бетонов класса В60 и ниже: $\epsilon_{b2} = 0,0035$ В70: $\epsilon_{b2} = 0,0033$ В100: $\epsilon_{b2} = 0,0028$ Промежуточные значения по интерполяции	$\sigma_{b2} = \gamma_{b1}\gamma_{b3}R_b\varphi_b\beta_b\gamma_b$
$\epsilon_{b0} = 0,002$	$\sigma_{b0} = \gamma_{b1}\gamma_{b3}R_b\varphi_b\beta_b\gamma_b$
$\epsilon_{b01} = \frac{\sigma_{b1}}{E_b}$	$\sigma_{b1} = 0,6\gamma_{b1}\gamma_{b3}R_b\varphi_b\beta_b\gamma_b$
0	0
$\epsilon_{bt01} = \frac{\sigma_{bt1}}{E_b}$	$\sigma_{bt1} = 0,6\gamma_{b1}R_{bt}\varphi_b\beta_b\gamma_{bt}$
$\epsilon_{bt0} = 0,0001$	$\sigma_{bt0} = \gamma_{b1}\gamma_{b3}R_{bt}\varphi_b\beta_b\gamma_{bt}$
$\epsilon_{bt2} = 0,0015$	$\sigma_{bt2} = \gamma_{b1}R_{bt}\varphi_b\beta_b\gamma_{bt}$

Арматура

Согласно разделу 5. СП 385. Прочностные характеристики принимаются **равными нормативным значениям** с учетом домножения на коэффициенты:

- 1) коэффициент динамической прочности φ_s

Справочная таблица 9. Коэффициент динамической прочности φ_s

$K_d = 1$	В динамическом расчете $K_d > 1$
$\varphi_s = 1$	$\varphi_s = 1,15$

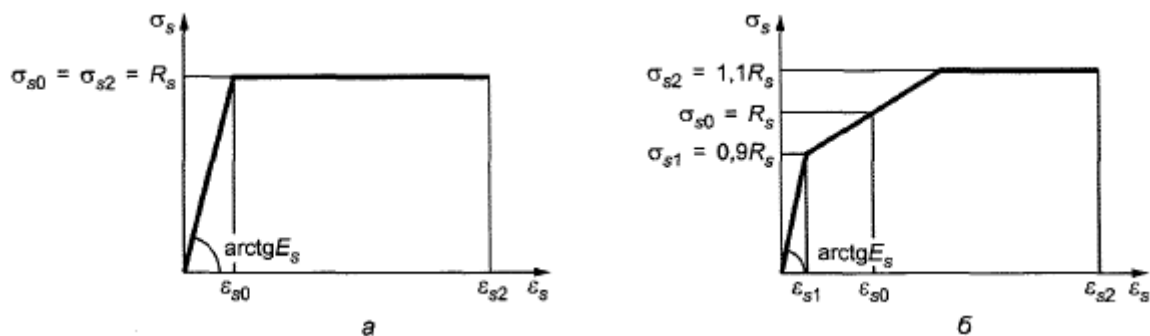
- 2) Дополнительный коэффициент, учитывающий работу арматуры за пределом текучести:
 $\beta_s = 1,15$

Предельные деформации ε_{s2} принимаются:

- Для классов А240, А300, А400, А500 принимается равным **0,032**.
- Для классов А600–А1000 принимается равным **0,02**.

В программе для автоматического подбора армирования в линейной постановке необходимо создать дополнительные материалы и прописать для них свойства.

Для физически нелинейных расчетов



Диаграммы по СП 63.13330

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

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

Справочная таблица 10. Характерные точки диаграммы деформирования арматуры классов А240, А300, А400, А500 для расчета на прогрессирующее обрушение

Деформация	Напряжение
$\varepsilon_{s2} = 0,032$	$R_{sc}\varphi_s\beta_s\gamma_s$, но не более 440МПа Коэффициент надежности по арматуре $\gamma_s = 1,15$
$\varepsilon_{s0} = \frac{R_{sc}}{E_s}$	$R_{sc}\varphi_s\beta_s\gamma_s$, но не более 440МПа Коэффициент надежности по арматуре $\gamma_s = 1,15$
0	0
$\varepsilon_{s0} = \frac{R_s}{E_s}$	$R_s\varphi_s\beta_s\gamma_s$ Коэффициент надежности по арматуре $\gamma_s = 1,15$
$\varepsilon_{s2} = 0,032$	$R_s\varphi_s\beta_s\gamma_s$ Коэффициент надежности по арматуре $\gamma_s = 1,15$

Изменение параметров для расчета в линейной постановке.

Бетон	Арматура																																
СП 63.13330.2012/2018 Название Лестницы и лестничные площадки Класс бетона В40 + - Вид бетона тяжелый Заполнитель силикатный заполнитель Марка легкого бетона по средней плотности 2000 Относительная влажность воздуха, % 65 Диаграмма напряжение-деформация 3-х линейная диаграмма состояния сжатого I ☐ Использовать рекомендации пункта 6.1.23 Коэффициенты условий работы γ_{b2} 1 γ_{b3} 1 γ_{b5} 1 Учет сейсмического воздействия m_{btr} 1 m_{tr} 1 Расчет с особыми/аварийными сочетаниями γ_{ad} 1 ϕ_b 1 ϵ_{b2} 0.0035 Случайные эксцентриситеты (стержень) По высоте сечения EY 0 см По ширине сечения EZ 0 см	СП 63.13330.2012/2018 Название Армирование Арматура I типа Продольная вдоль X A500 d=10...40 Продольная вдоль Y A500 d=10...40 Поперечная арматура A500 d=10...40 + - <table border="1"> <tr> <td>Поперечная</td> <td>A500 d=10...40 d=6....</td> </tr> <tr> <td>Es</td> <td>200000.00</td> </tr> <tr> <td>Rsn</td> <td>500.00</td> </tr> <tr> <td>Rs</td> <td>435.00</td> </tr> <tr> <td>Rsw</td> <td>300.00</td> </tr> <tr> <td>Rsc</td> <td>435.00</td> </tr> </table> ϕ_{max} 20 1 Учет сейсмического воздействия m_{str} 1 m_{sctr} 1 m_{tr} 1 Расчет с особыми/аварийными сочетаниями γ_{ad} 1 ϕ_s 1.15 ϵ_{s2} 0.033	Поперечная	A500 d=10...40 d=6....	Es	200000.00	Rsn	500.00	Rs	435.00	Rsw	300.00	Rsc	435.00																				
Поперечная	A500 d=10...40 d=6....																																
Es	200000.00																																
Rsn	500.00																																
Rs	435.00																																
Rsw	300.00																																
Rsc	435.00																																
Окно для ввода параметров: <table border="1"> <tr> <td></td> <td>B40-11 (МПа)</td> </tr> <tr> <td>Rbn</td> <td>32.89</td> </tr> <tr> <td>Rbtn</td> <td>2.42</td> </tr> <tr> <td>Rb</td> <td>32.89</td> </tr> <tr> <td>Rbt</td> <td>2.42</td> </tr> <tr> <td>Eps_b0 (*1000)</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Eps_b2 (*1000)</td> <td>3.5</td> </tr> <tr> <td>Eps_b1red (*1000)</td> <td>2.40</td> </tr> <tr> <td>Eps_bt0 (*1000)</td> <td>0.1</td> </tr> <tr> <td>Eps_bt2 (*1000)</td> <td>0.15</td> </tr> </table>		B40-11 (МПа)	Rbn	32.89	Rbtn	2.42	Rb	32.89	Rbt	2.42	Eps_b0 (*1000)	2	Eps_b2 (*1000)	3.5	Eps_b1red (*1000)	2.40	Eps_bt0 (*1000)	0.1	Eps_bt2 (*1000)	0.15	Окно для ввода параметров: <table border="1"> <tr> <td>Поперечная</td> <td>A500-11 (МПа)</td> </tr> <tr> <td>Es</td> <td>200000.00</td> </tr> <tr> <td>Rsn</td> <td>575.00</td> </tr> <tr> <td>Rs</td> <td>575.00</td> </tr> <tr> <td>Rsw</td> <td>400.00</td> </tr> <tr> <td>Rsc</td> <td>440.00</td> </tr> </table>	Поперечная	A500-11 (МПа)	Es	200000.00	Rsn	575.00	Rs	575.00	Rsw	400.00	Rsc	440.00
	B40-11 (МПа)																																
Rbn	32.89																																
Rbtn	2.42																																
Rb	32.89																																
Rbt	2.42																																
Eps_b0 (*1000)	2																																
Eps_b2 (*1000)	3.5																																
Eps_b1red (*1000)	2.40																																
Eps_bt0 (*1000)	0.1																																
Eps_bt2 (*1000)	0.15																																
Поперечная	A500-11 (МПа)																																
Es	200000.00																																
Rsn	575.00																																
Rs	575.00																																
Rsw	400.00																																
Rsc	440.00																																
Расчет перевести на 3-х линейную диаграмму. Умножаем на следующие коэффициенты: $R_{bn} (\gamma_b \phi_b \beta_b)$ $\gamma_b = 1$ $R_{btn} (\gamma_b \phi_b \beta_b)$ $\gamma_b = 1$ $R_b (\gamma_b \phi_b \beta_b)$ $\gamma_b = 1,3$ $R_{bt} (\gamma_b \phi_b \beta_b)$ $\gamma_b = 1,5$ $\epsilon_{b0} = 2$ (как кратковременное) $\epsilon_{b2} = 3.5$ ϵ_{b1red} не используется, поскольку диаграмма трехлинейная $\epsilon_{bt0} = 0,1$ $\epsilon_{bt2} = 0,15$ ϵ_{bt1red} не используется, поскольку диаграмма трехлинейная $\phi_{bcr} = 0$ (ползучести нет)	$R_{sn} (\gamma_s \phi_s \beta_s)$ $\gamma_s = 1$ $R_s (\gamma_s \phi_s \beta_s)$ $\gamma_s = 1,15$ $R_{sw} (\gamma_s \phi_s \beta_s)$ $\gamma_s = 1,15$ $R_{sc} (\gamma_s \phi_s \beta_s)$ $\gamma_s = 1,15$ R_{sc} принимают не более 440МПа (см. СП 88 табл. 10.5)																																

7. Нагрузки. РСН.

7.1. Случай с разрушением вертикальной конструкции

Суть задания нагрузок для расчета на прогрессирующее разрушение заключается в приведении расчетных нагрузок, ранее заданных в программе, к **нормативным длительным**.

РСУ не имеет смысла использовать, поскольку отсутствуют ветровые нагрузки. При отсутствии ветровых нагрузок отсутствует большое количество комбинаций нагрузок и все сводится к нескольким РСН.

Для расчета всех конструкций кроме их расчета при карсте (как считать на карст показано далее) используется коэффициент надежности по ответственности $\gamma_n = 1$ (п.6.3. СП 385.).

Расчетные сочетания нагрузок

Номер таблицы РСН: Имя таблицы РСН:

СП 20.13330.2011/2016_3

☐ Динамика по модулю ☐ Определяющие РСН

Коэф. надежности по ответственности:
 для I-го РС
 для II-го РС
 для аварийных сочетаний

В расчетной схеме заданы:
☒ расчетные нагрузки
☐ нормативные нагрузки

☐ Не учитывать сейсмику для II-го РС
☒ Не учитывать особое нагруж. для II-го РС

N загруз.	Наименование	Вид	Знакоперем.	Взаимоискл.	Коэф. надежн.	Доля длителн.	1.РСН1	2.РСН2
1	Собственный вес железобет	Постоянное (P)	+		1.1	1.0	0.909	0.909
2	Пол	Постоянное (P)	+		1.3	1.0	0.77	0.77
3	Кровля	Постоянное (P)	+		1.28	1.0	0.781	0.781
4	Перегородки	Постоянное (P)	+		1.25	1.0	0.8	0.8
5	Отделка	Постоянное (P)	+		1.3	1.0	0.77	0.77
6	Фасад	Постоянное (P)	+		1.2	1.0	0.833	0.833
7	Полезная (основная площадь)	Кратк. доминир. 1 (Pt1)	+		1.3	0.35	0.27	0.27
8	Полезная (коридоры)	Кратк. доминир. 1 (Pt1)	+		1.2	0.35	0.292	0.292
9	Полезная (кровля)	Кратк. доминир. 1 (Pt1)	+		1.3	0.35	0.27	0.
10	Полезная (кладовые)	Кратк. доминир. 1 (Pt1)	+		1.2	1.0	0.833	0.833
11	Оборудование	Длит. доминир. 1 (Pl1)	+		1.2	1.0	0.833	0.833
12	Давление грунта(грунт)	Постоянное (P)	+		1.15	1.0	0.87	0.87
13	Двление грунта(техника)	Кратк. доминир. 1 (Pt1)	+		1.2	0.35	0.833	0.833
14	Давление грунта(пожарная)	Особое (Ps)	+		1.2	0.0	0.	0.
15	Давление воды	Постоянное (P)	+		1.0	1.0	1.	1.
16	Снег вариант 1	Кратк. доминир. 1 (Pt1)	+		1.4	0.5	0.	0.357
17	Снег вариант 2	Кратк. доминир. 1 (Pt1)	+		1.4	0.5	0.	0.
18	Средняя составляющая вет	Неактивное (H/a)	+		0.0	0.0	0.	0.
19	Средняя составляющая вет	Неактивное (H/a)	+		0.0	0.0	0.	0.
20	Средняя составляющая вет	Неактивное (H/a)	+		0.0	0.0	0.	0.

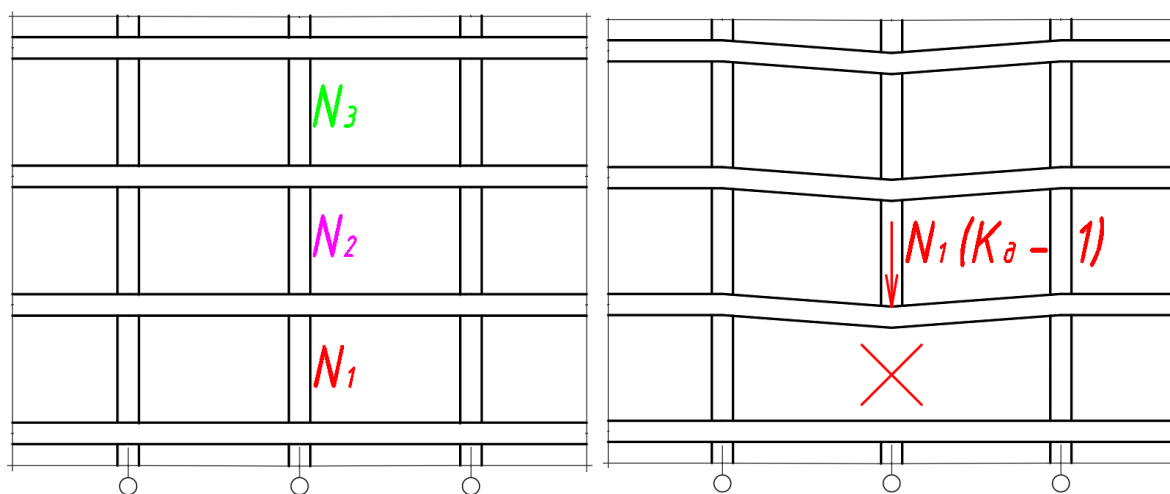
Основное сочетание
 Особое сочетание

$$p^d + \psi_{11} \cdot p_{11}^d + \sum_{i=2}^{n1} \psi_{1i} \cdot p_{1i}^d + \psi_{t1} \cdot p_{t1}^d + \psi_{t2} \cdot p_{t2}^d + \sum_{j=3}^{n2} \psi_{tj} \cdot p_{tj}^d$$

Если в расчете используется догрузка системы динамическим эффектом, то:

- в **отдельной расчетной схеме (где нет разрушенных/удаленных элементов)** просчитывается реакция в удаляемом элементе **N** от нормативных длительных нагрузок по тем же РСН, что и для расчета на прогрессирующее обрушение;
- полученную реакцию **N** умножаем на **(K_д - 1)**;

- в схеме, для расчета на прогрессирующее обрушение (где будет удален элемент), создаем новое загружение, где прикладываем реакцию $N(K_d - 1)$ по рисунку ниже.
- в таблице РСН для загружения с приложенной реакцией $N(K_d - 1)$ прописываем коэффициент надежности равный 1, долю длительности 0, коэффициент к загружению 1.



7.2. Случай расчета при карсте

В отличие от расчета по СП 385, при расчете на карст СП 499 обязывает учитывать и ветровые нагрузки.

Все кратковременные нагрузки принимаются с коэффициентом 0,5.

Также используется коэффициент надежности по ответственности для уровня ответственности КС-3 $\gamma_n = 1,1$ и для уровня ответственности КС-2 $\gamma_n = 1$. (СП 499 п.5.2.4).

РСЧ предпочтительней использовать, однако время расчета существенно увеличивается. При расчете с учетом физической и геометрической нелинейности использование РСЧ невозможно, поэтому необходимо формировать РСН.

Расчетные сочетания нагрузок

Номер таблицы РСН: Иная таблица РСН:

СП 20.13330.2011/2016

Коеф. надежности по ответственности: для I-го РС 1.1, для II-го РС 1, для аварийных сочетаний 1

В расчетной схеме заданы: ☒ расчетные нагрузки, ☐ нормативные нагрузки

☐ Динамика по модулю ☐ Не учитывать сейсмику для II-го РС

☐ Определяющие РСН ☐ Не учитывать особое загруз. для II-го РС

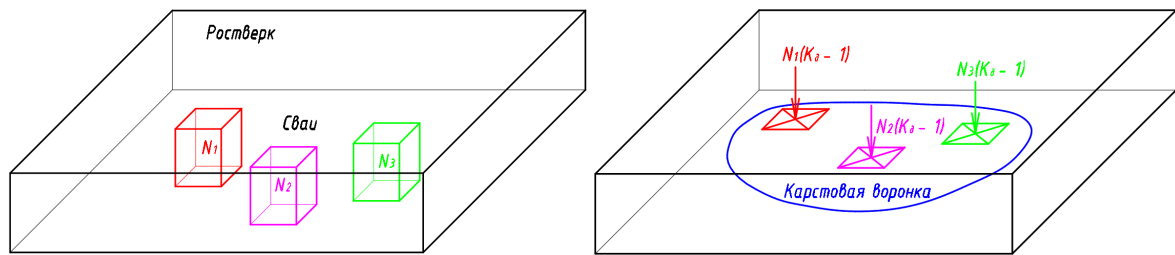
N загруз.	Наименование	Вид	Знакоперем.	Взаимоискл.	Коеф. надежн.	Доля длительн.	1.РСН1	2.РСН2	3.РСН3	4.РСН4	5.РСН5
1	Собственный вес железобетона	Постоянное (P)	+		1.1	1.0	0.909	0.909	0.909	0.909	0.909
2	Пол	Постоянное (P)	+		1.3	1.0	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77
3	Кровля	Постоянное (P)	+		1.28	1.0	0.781	0.781	0.781	0.781	0.781
4	Перегородки	Постоянное (P)	+		1.25	1.0	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
5	Отделка	Постоянное (P)	+		1.3	1.0	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77
6	Фасад	Постоянное (P)	+		1.2	1.0	0.833	0.833	0.833	0.833	0.833
7	Полезная (основная площадь)	Кратк. доминир.1 (Pt1)	+		1.3	0.35	0.385	0.385	0.385	0.385	0.385
8	Полезная (коридоры)	Кратк. доминир.1 (Pt1)	+		1.2	0.35	0.417	0.417	0.417	0.417	0.417
9	Полезная (кровля)	Кратк. доминир.1 (Pt1)	+		1.3	0.35	0.	0.	0.	0.	0.
10	Полезная (кладовые)	Кратк. доминир.1 (Pt1)	+		1.2	1.0	0.833	0.833	0.833	0.833	0.833
11	Оборудование	Длит. доминир.1 (Pl1)	+		1.2	1.0	0.833	0.833	0.833	0.833	0.833
12	Давление грунта(грунт)	Постоянное (P)	+		1.15	1.0	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87
13	Давление грунта(техника)	Кратк. доминир.1 (Pt1)	+		1.2	0.35	0.417	0.417	0.417	0.417	0.417
14	Давление грунта(пожарная машина)	Особое (Ps)	+		1.2	0.0	0.	0.	0.	0.	0.
15	Давление воды	Постоянное (P)	+		1.0	1.0	1.	1.	1.	1.	1.
16	Снег вариант 1	Кратк. доминир.1 (Pt1)	+		1.4	0.5	0.357	0.357	0.357	0.357	0.357
17	Снег вариант 2	Кратк. доминир.1 (Pt1)	+		1.4	0.5	0.	0.	0.	0.	0.
18	Средняя составляющая ветра X+	Неактивное (H/a)	+		0.0	0.0	0.714	0.	0.	0.	0.
19	Средняя составляющая ветра X-	Неактивное (H/a)	+		0.0	0.0	0.	0.714	0.	0.	0.
20	Средняя составляющая ветра Y+	Неактивное (H/a)	+		0.0	0.0	0.	0.	0.714	0.	0.
21	Средняя составляющая ветра Y-	Неактивное (H/a)	+		0.0	0.0	0.	0.	0.	0.714	0.

Основное сочетание:
$$P^d + \psi_{11} P_{11}^d + \sum_{i=2}^n \psi_{1i} P_{1i}^d + \psi_{11} P_{11}^d + \psi_{12} P_{12}^d + \sum_{j=3}^n \psi_{1j} P_{1j}^d$$

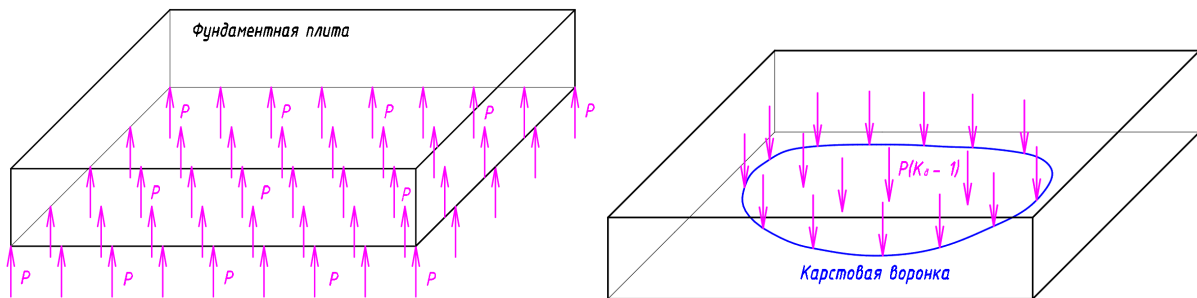
Особое сочетание:

Если в расчете используется догрузка системы динамическим эффектом, то:

- в отдельной расчетной схеме (где нет разрушенных/удаленных элементов) просчитывается реакции в удаляемых сваях $N_1, N_2 \dots N_n$ или от давления под подошвой фундаментной плиты p от нормативных длительных нагрузок по тем же РСН, что и для расчета на прогрессирующее обрушение;
- полученные реакции $N_1, N_2 \dots N_n$ или p умножаем на $(K_d - 1)$;
- в схеме, для расчета на прогрессирующее обрушение (где будет удален элемент), создаем новое загрузение, где прикладываем реакцию $N_1(K_d - 1), N_2(K_d - 1) \dots N_n(K_d - 1)$ или $p(K_d - 1)$ по рисунку ниже.
- в таблице РСН для загрузения с приложенной реакцией прописываем коэффициент надежности равный 1, долю длительности 0, коэффициент к загрузению 1.



Карстовая воронка под ростверком



Карстовая воронка под фундаментной плитой

7.3. Случай с падением перекрытия

В случае с падением перекрытия необходимо догрузить перекрытие собственным весом от вышележащего перекрытия и нагрузкой аналогичной вышележащему перекрытию. Всю данную нагрузку необходимо домножить на $K_d = 1,5$.

Прикладывать необходимо в тех же загрузениях, что уже созданы.

Перекрытие, которое считается упавшим необходимо удалить/демонтировать из схемы.

8. Рассчитываемые элементы

При разрушении вертикальной конструкции рассчитываются смежные элементы.

Примеры определения зон, которые необходимо рассчитать при разрушении вертикальной конструкции приведены далее на рисунках.

Условные обозначения:

X – место разрушения

K – колонна (продольное + поперечное)

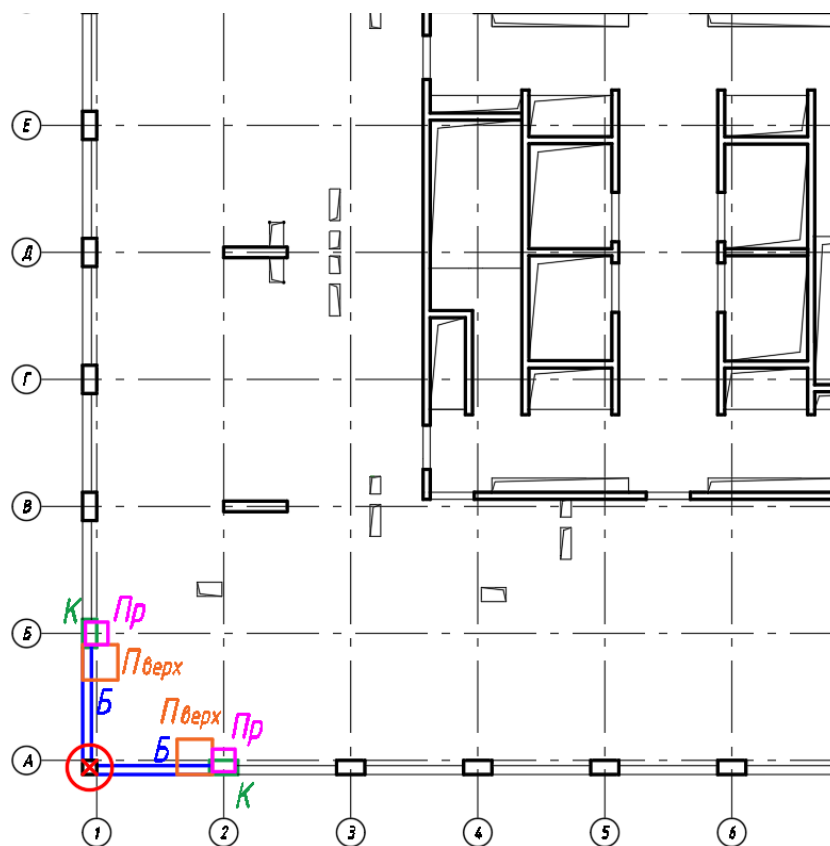
Ст – стена (продольное + поперечное)

Б – балка (продольное + поперечное)

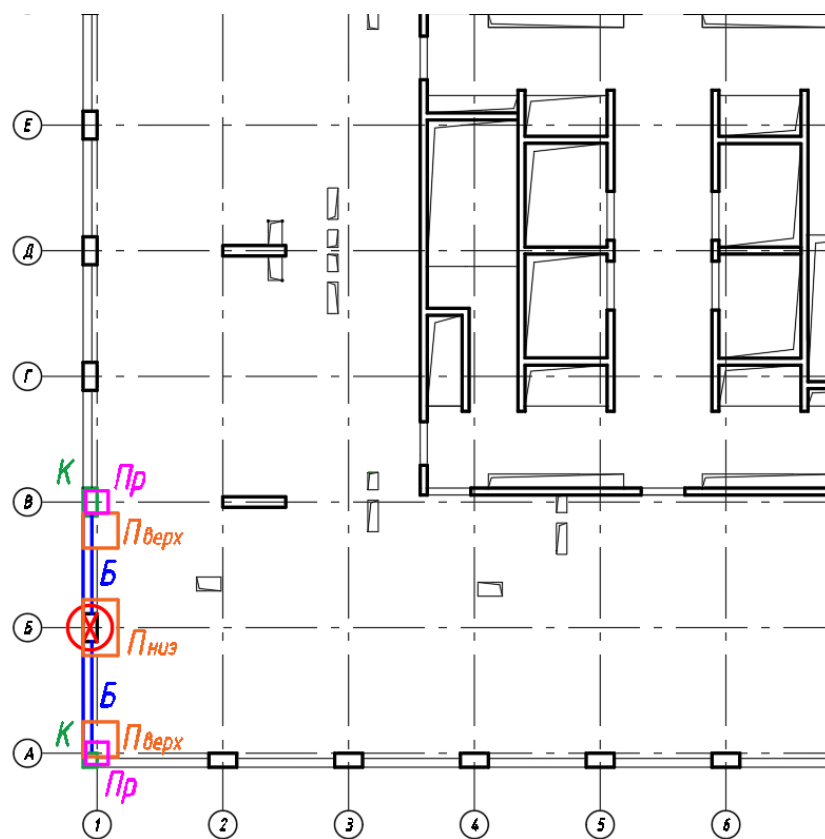
П низ – нижнее продольное армирование в плите

П верх – верхнее продольное армирование в плите

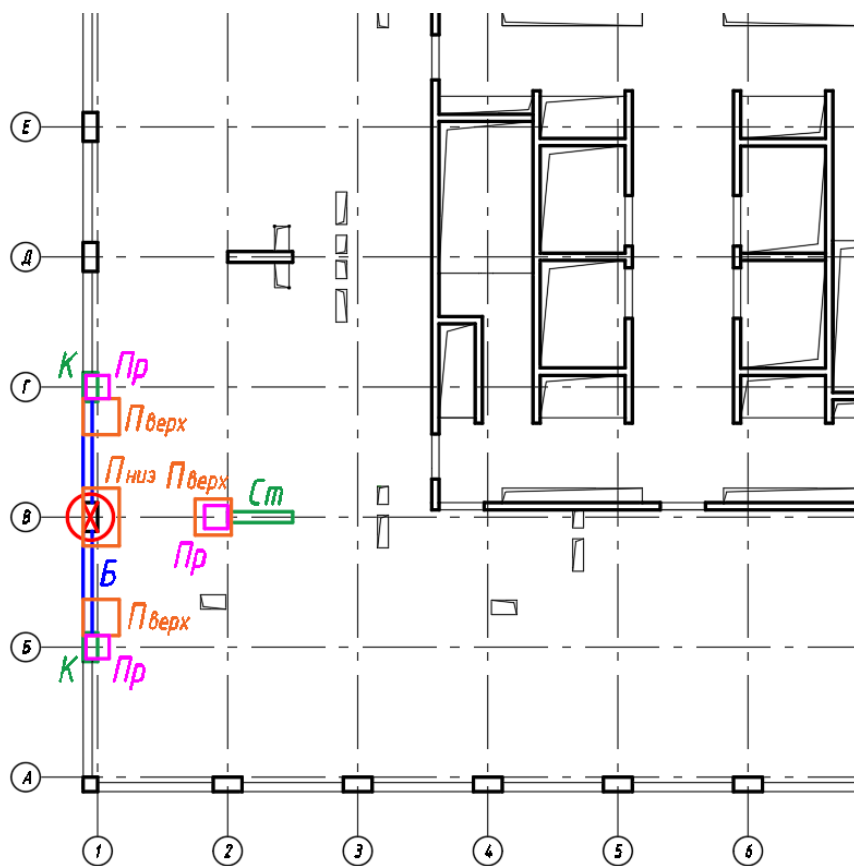
Пр – продавливание плиты



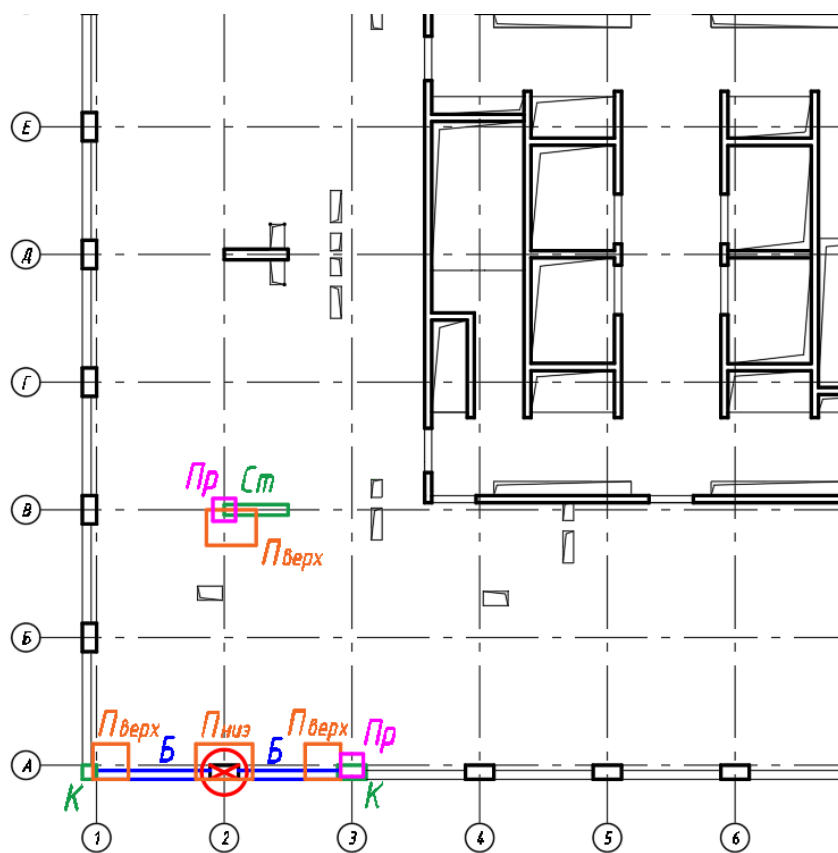
Сценарий №1



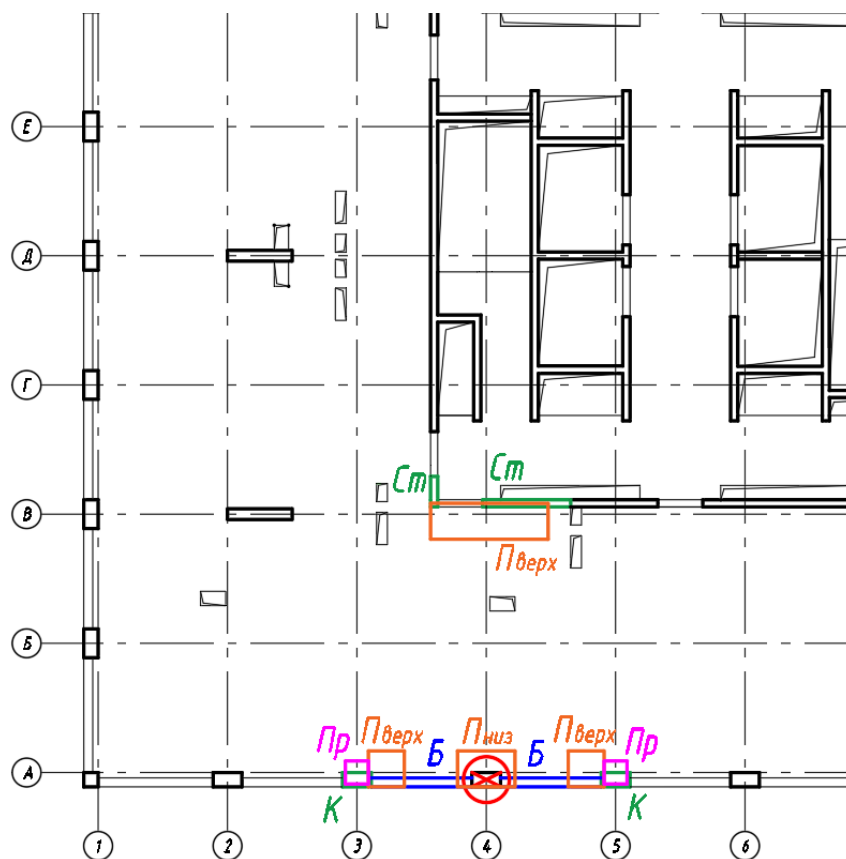
Сценарий №2



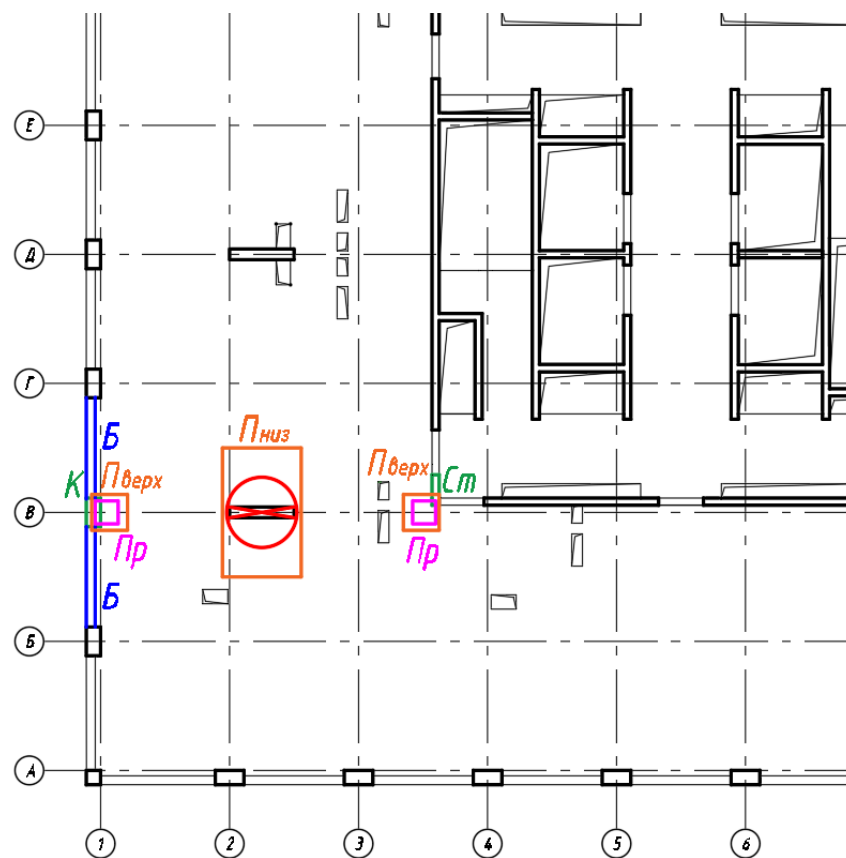
Сценарий №3



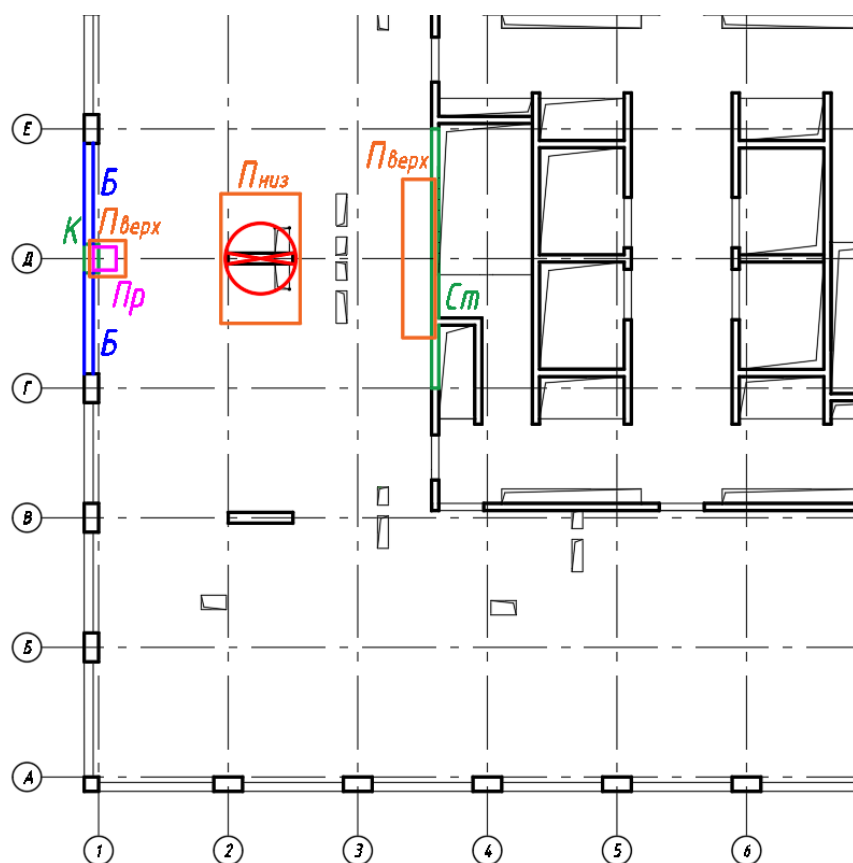
Сценарий №4



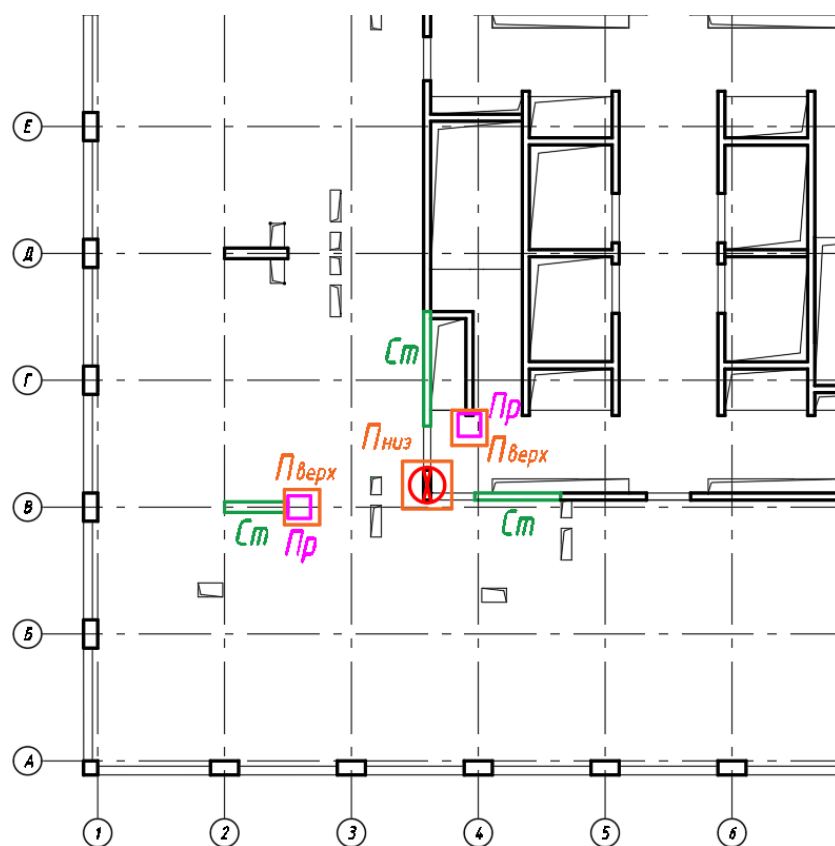
Сценарий №5



Сценарий №6



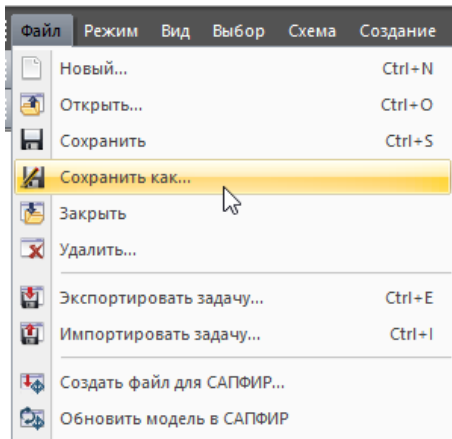
Сценарий №7



Сценарий №8

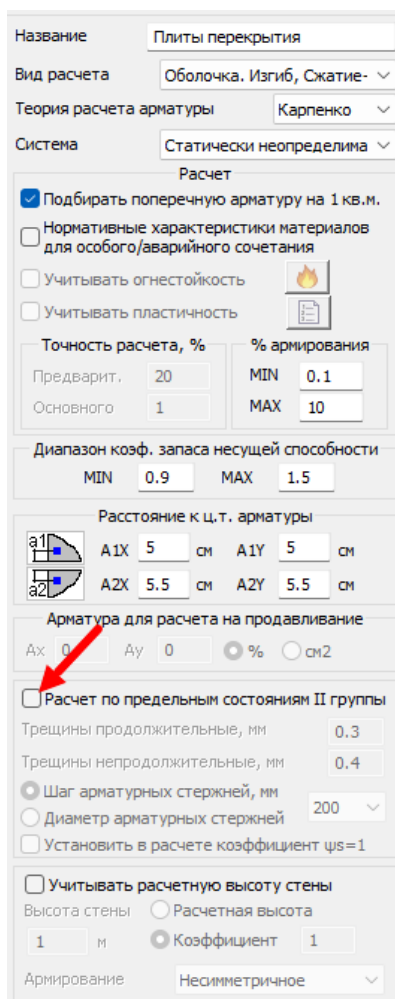
9. Расчет в линейной постановке

1. Необходимо скопировать расчетную схему нормальной эксплуатации в отдельный файл (lir).

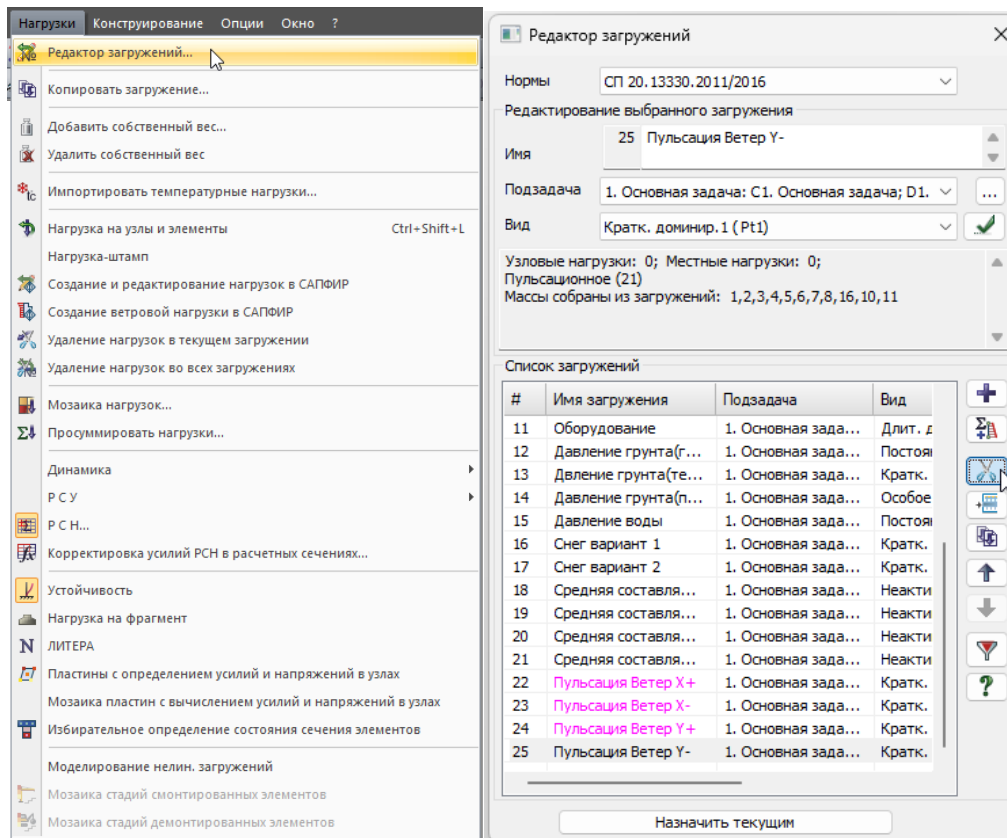


2. Изменить свойства бетона и арматуры (см. выше раздел «Характеристики материалов»)

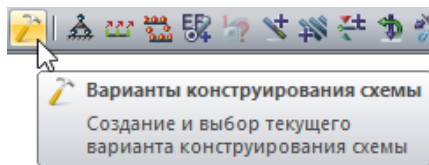
3. Отключить расчет трещиностойкости во всех элементах (снять галочку), поскольку при расчете на прогрессирующее обрушение он не нужен.



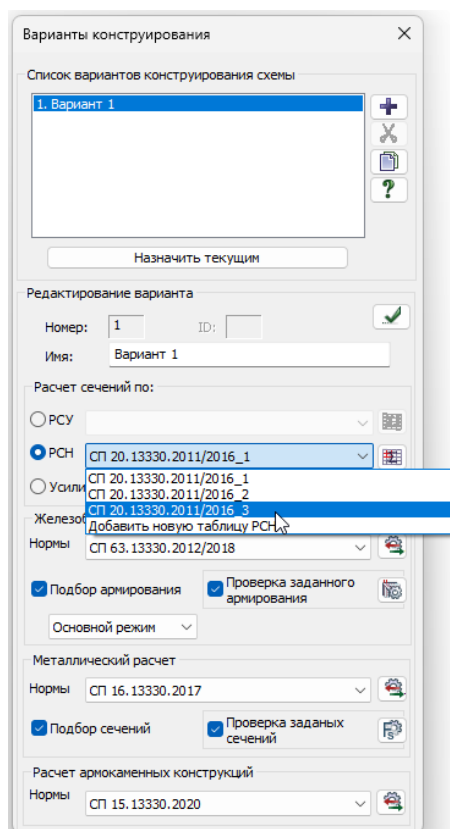
4. Добавить новую таблицу РСН (см. выше раздел «Нагрузки. РСН»).
5. Можно удалить все ветровые загрузки для сокращения времени расчета.



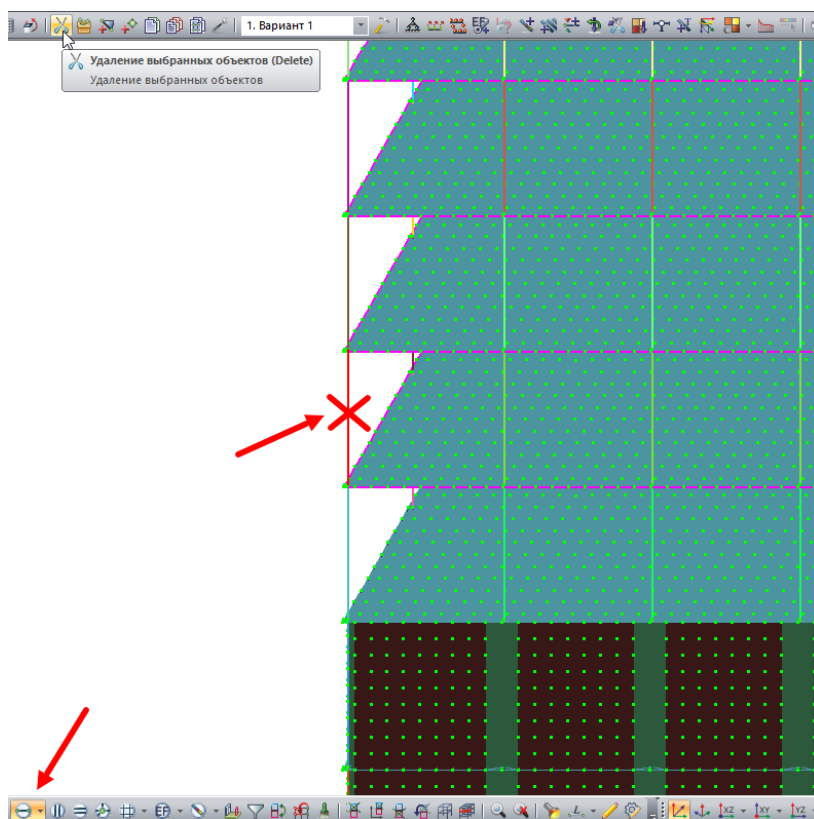
6. Изменить параметры конструирования.



Выбираем вариант конструирования по РСН по созданной для прогрессирующего обрушения таблице РСН.



7. Выделить и удалить элемент в том месте, где будем вести расчет.



Редактор загрузений

Нормы: СП 20.13330.2011/2016

Редактирование выбранного загрузки

Имя: 18 Кд

Подзадача: 1. Основная задача: C1. Основная задача: D1

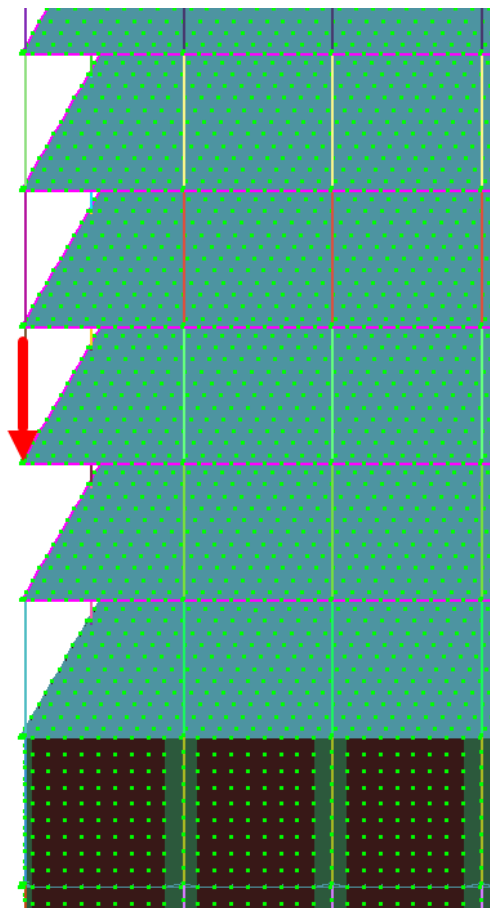
Вид: Мгновенное(М)

Узловые нагрузки: 0; Местные нагрузки: 0;

Список загрузений

#	Имя загрузки	Подзадача	Вид	Тип
4	Перегородки	1. Основная зада...	Постоянное (P)	
5	Отделка	1. Основная зада...	Постоянное (P)	
6	Фасад	1. Основная зада...	Постоянное (P)	
7	Полезная (основна...	1. Основная зада...	Кратк. доминир.1...	
8	Полезная (коридоры)	1. Основная зада...	Кратк. доминир.1...	
9	Полезная (кровля)	1. Основная зада...	Кратк. доминир.1...	
10	Полезная (кладовые)	1. Основная зада...	Кратк. доминир.1...	
11	Оборудование	1. Основная зада...	Длит. доминир.1...	
12	Давление грунта(г...	1. Основная зада...	Постоянное (P)	
13	Двление грунта(те...	1. Основная зада...	Кратк. доминир.1...	
14	Давление грунта(п...	1. Основная зада...	Особое (Ps)	
15	Давление воды	1. Основная зада...	Постоянное (P)	
16	Снег вариант 1	1. Основная зада...	Кратк. доминир.1...	
17	Снег вариант 2	1. Основная зада...	Кратк. доминир.1...	
18	Кд	1. Основная зада...	Мгновенное(М)	

Назначить текущим



8.4. в таблице РСН для загрузки с приложенной реакцией $N(K_d - 1)$ прописываем коэффициент надежности равный 1, долю длительности 0, коэффициент к загрузению 1.

Расчетные сочетания нагрузок

Номер таблицы РСН: 3

Имя таблицы РСН: СП 20.13330.2011/2016_3

СП 20.13330.2011/2016

Кэф. надежности по ответственности: для I-го РС 1, для II-го РС 1, для аварийных сочетаний 1

В расчетной схеме заданы: ☒ расчетные нагрузки, ☐ нормативные нагрузки

☐ Динамика по модулю

☐ Определяющие РСН

☐ Не учитывать сейсмику для II-го РС

☒ Не учитывать особое загруз. для II-го РС

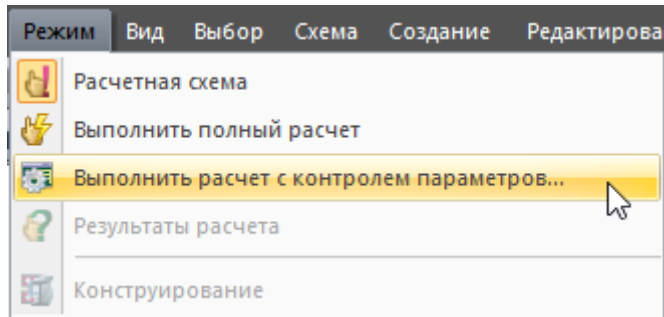
N загруз.	Наименование	Вид	Знакоперен.	Взаимоискл.	Кэф. надежн.	Доля длителън.	1.РСН1	2.РСН2
1	Собственный вес железобет	Постоянное (P)	+		1.1	1.0	0.909	0.909
2	Пол	Постоянное (P)	+		1.3	1.0	0.77	0.77
3	Кровля	Постоянное (P)	+		1.28	1.0	0.781	0.781
4	Перегородки	Постоянное (P)	+		1.25	1.0	0.8	0.8
5	Отделка	Постоянное (P)	+		1.3	1.0	0.77	0.77
6	Фасад	Постоянное (P)	+		1.2	1.0	0.833	0.833
7	Полезная (основная площадь)	Кратк. доминир.1 (Pt1)	+		1.3	0.35	0.27	0.27
8	Полезная (коридоры)	Кратк. доминир.1 (Pt1)	+		1.2	0.35	0.292	0.292
9	Полезная (кровля)	Кратк. доминир.1 (Pt1)	+		1.3	0.35	0.27	0.
10	Полезная (кладовые)	Кратк. доминир.1 (Pt1)	+		1.2	1.0	0.833	0.833
11	Оборудование	Длит. доминир.1 (Pl1)	+		1.2	1.0	0.833	0.833
12	Давление грунта(грунт)	Постоянное (P)	+		1.15	1.0	0.87	0.87
13	Двление грунта(техника)	Кратк. доминир.1 (Pt1)	+		1.2	0.35	0.833	0.833
14	Давление грунта(пожарная)	Особое (Ps)	+		1.2002	0.0	0.	0.
15	Давление воды	Постоянное (P)	+		1.0	1.0	1.	1.
16	Снег вариант 1	Кратк. доминир.1 (Pt1)	+		1.4	0.5	0.	0.357
17	Снег вариант 2	Кратк. доминир.1 (Pt1)	+		1.4	0.5	0.	0.
18	Кд	Мгновенное(М)	+		1.0	0.0	1.	1.

Основное сочетание

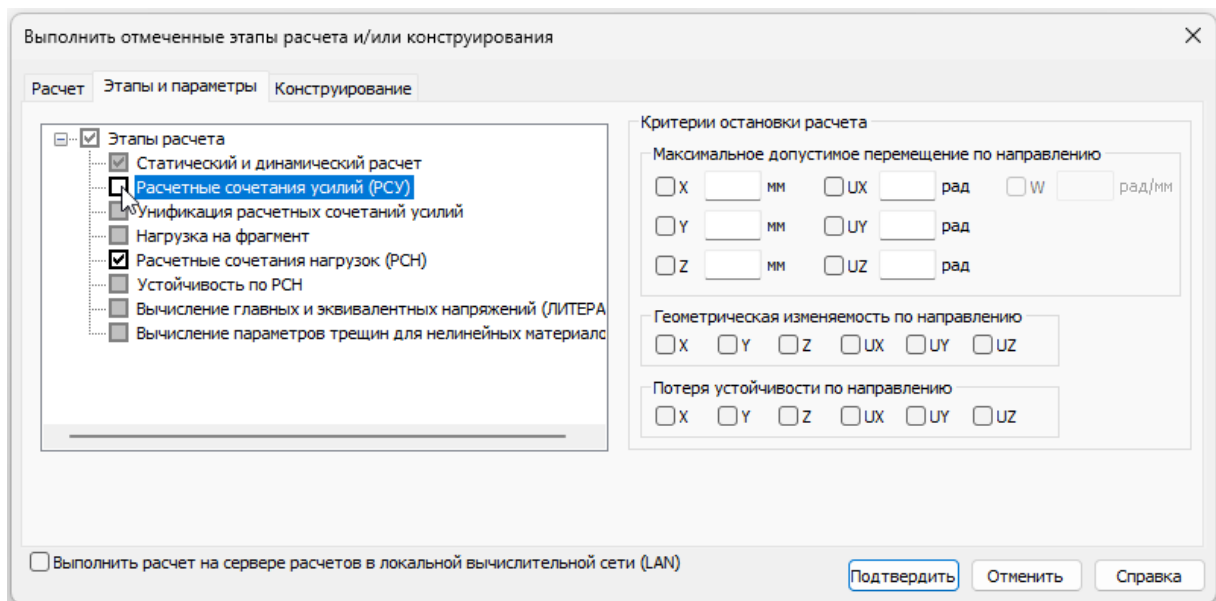
Особое сочетание

$$P^d + \psi_{11} \cdot P_{11}^d + \sum_{i=2}^n \psi_{1i} \cdot P_{1i}^d + \psi_{11} P_{11}^d + \psi_{12} P_{12}^d + \sum_{j=3}^n \psi_{1j} \cdot P_{1j}^d$$

9. Запускаем на расчет



Можно снять галочку с РСЧ, поскольку данный расчет не нужен.



10. Проверяется прогиб плиты в месте удаления конструкции по п.5.4 СП 385.

Предельно допустимый прогиб:

$L/30$ для арматуры А240, А300, А400, А500

$L/50$ для арматуры А600, А800, А1000.

L – длина пролета.

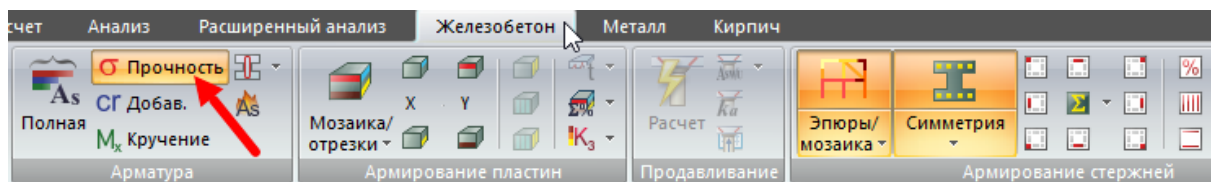
Если прогиб не проходит, то конструкции необходимо сделать более жесткое конструктивное решение (установить дополнительные опоры/увеличить сечения).

Подробнее о том как вычислять прогиб см. Часть №6.

11. В результатах расчета просматриваем результаты подбора армирования по прочности σ .

Если в параметрах конструирования ранее была снята галочка расчета по трещиностойкости,

то расчеты σ и $\sigma_{\text{Полная}}$ будут совпадать.



По результатам расчета необходимо увеличить при необходимости армирование, заложенное при нормальной эксплуатации.

10. Расчет с учетом физической нелинейности

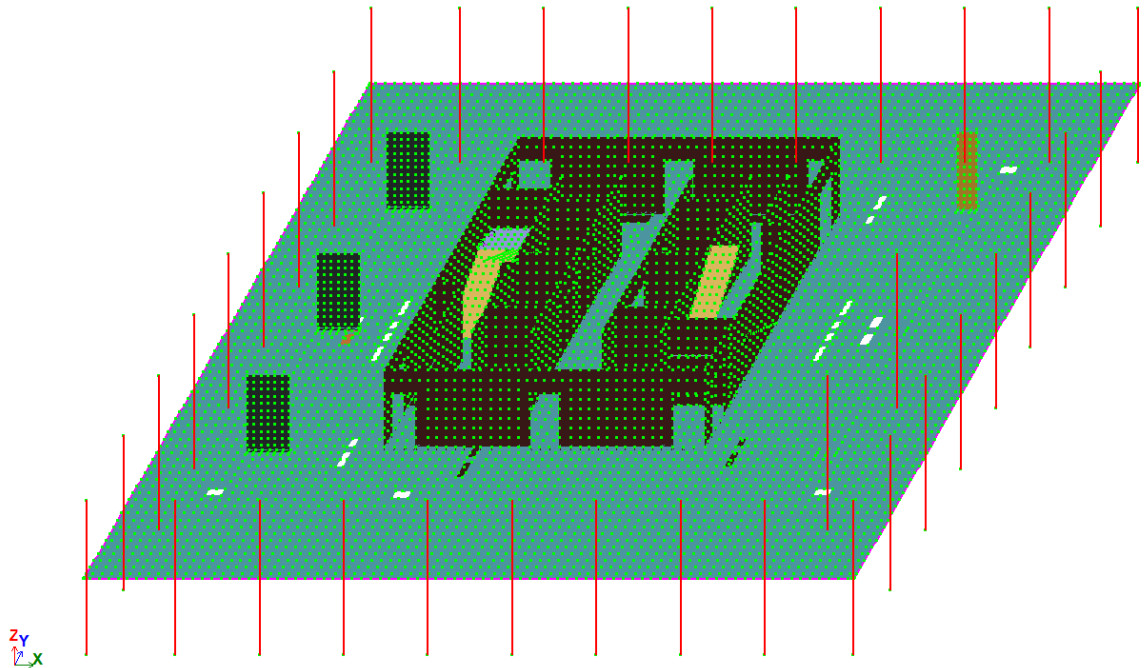
10.1. Порядок и варианты расчета

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

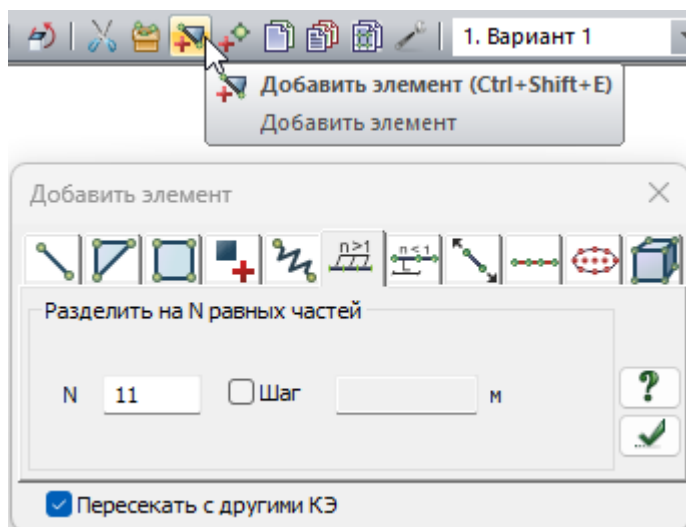
1. Изменение количества КЭ.

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

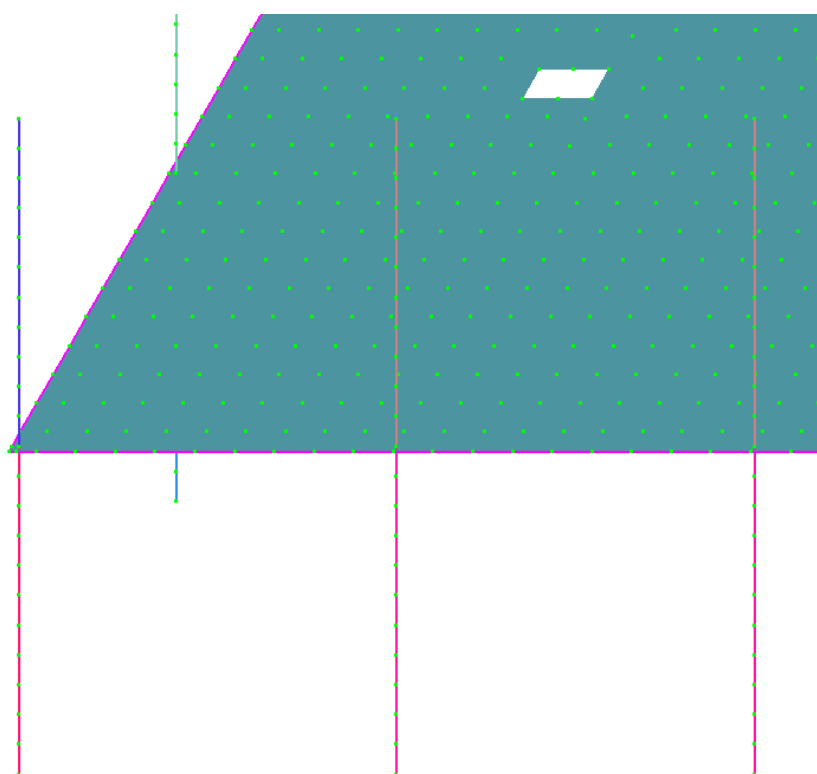
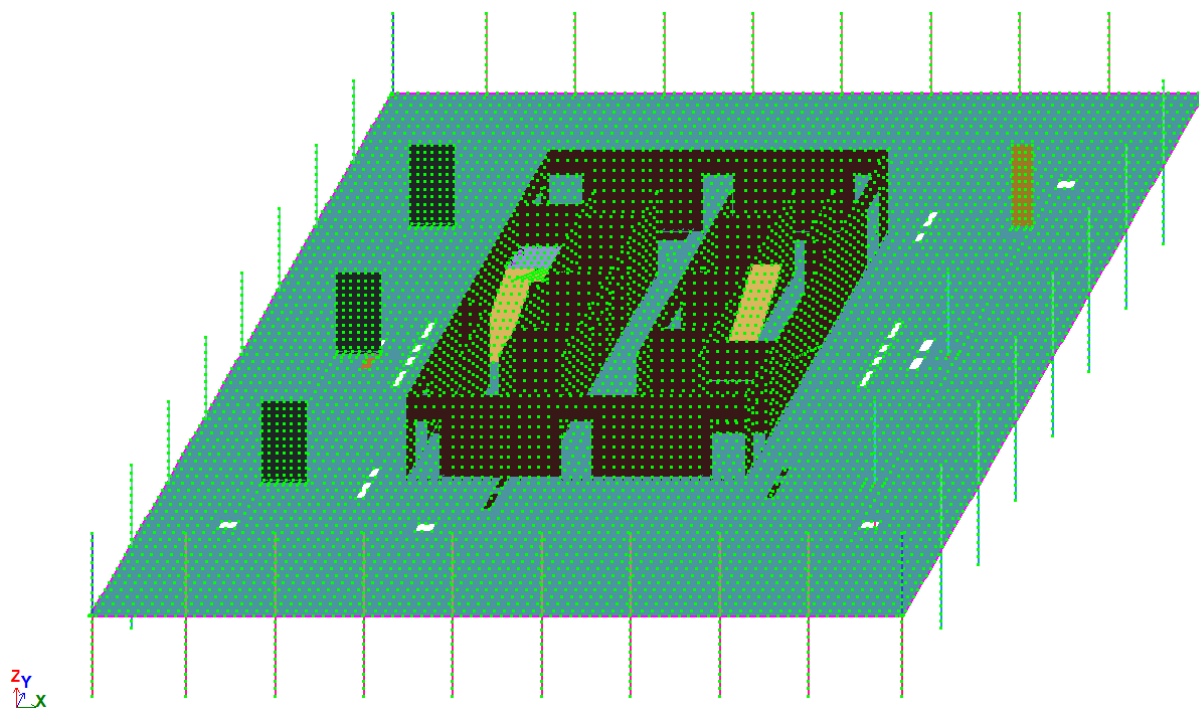
Сначала выделяем элементы , которые хотим разбить промежуточными узлами.



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



Результат создания промежуточных КЭ:



2. Изменение свойств жесткости.

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

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

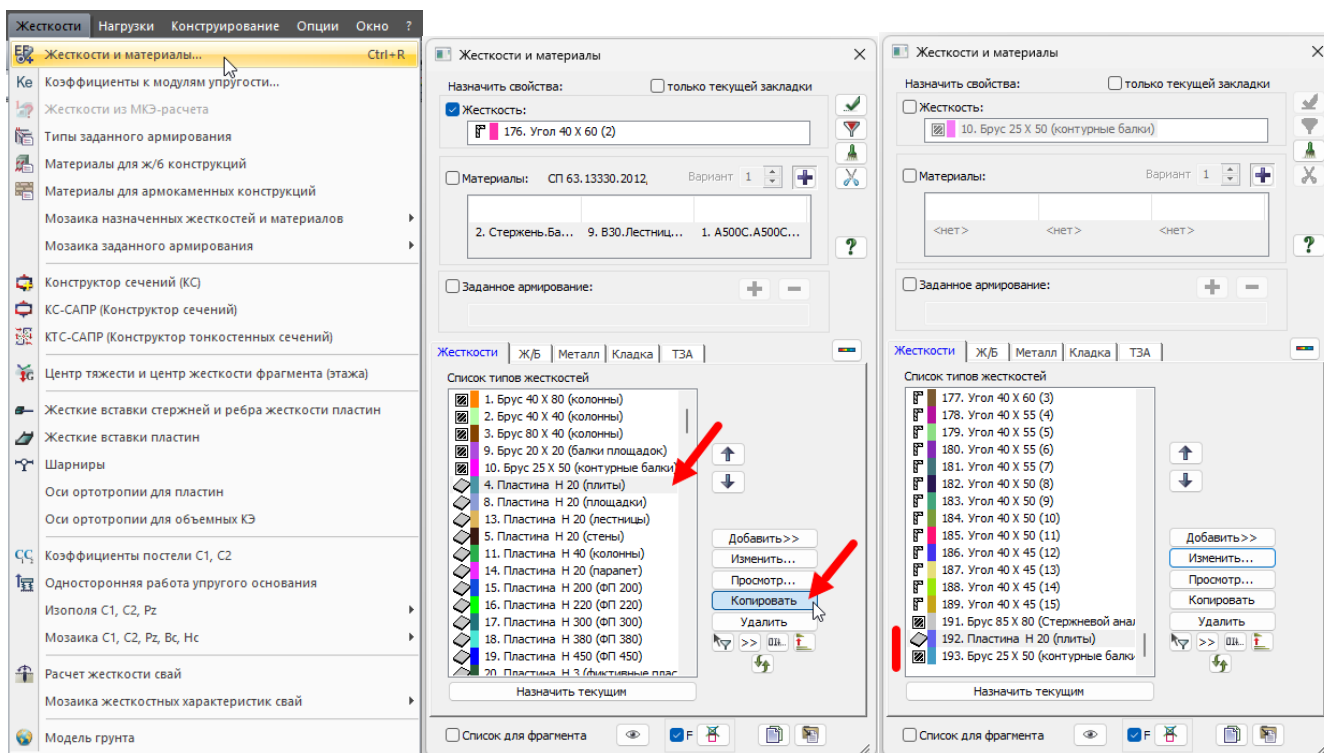
В примере будут назначены нелинейные жесткости на балки и плиты.

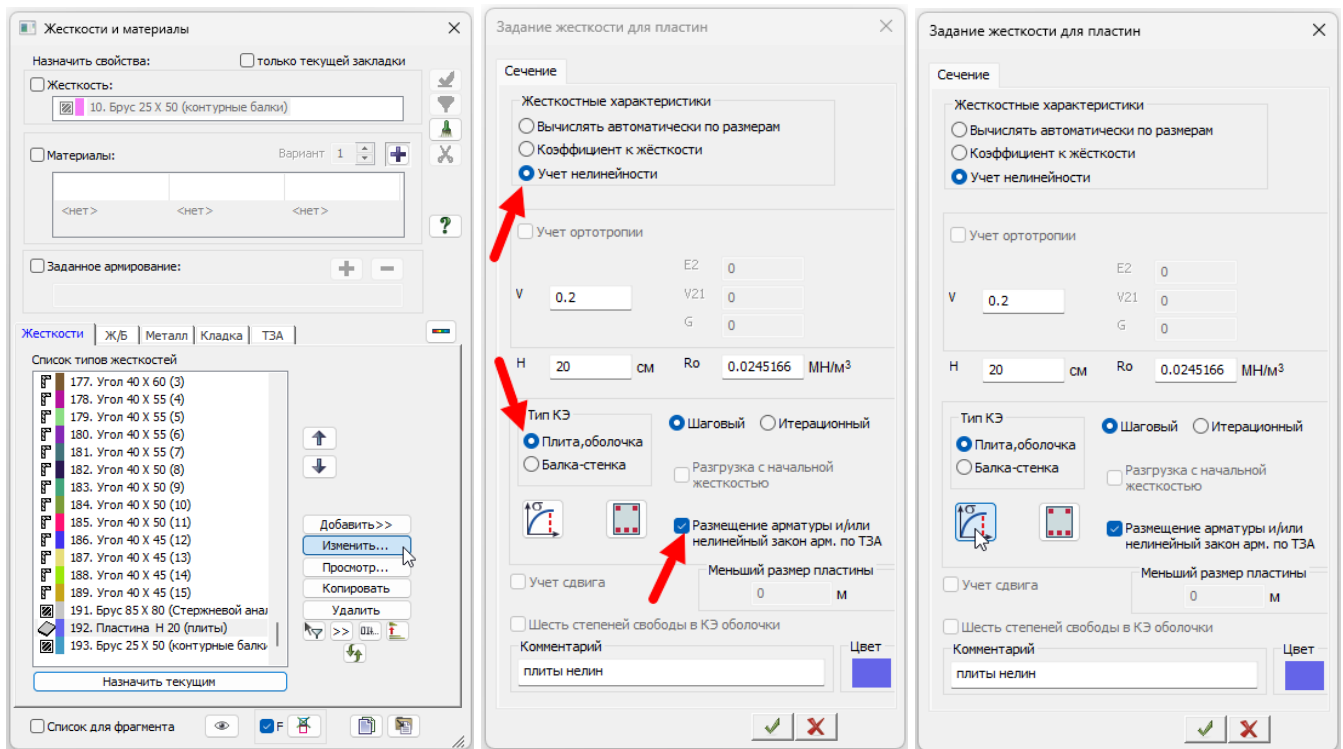
Перейдя в «Изменение» свойств элемента необходимо поставить галочки:

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

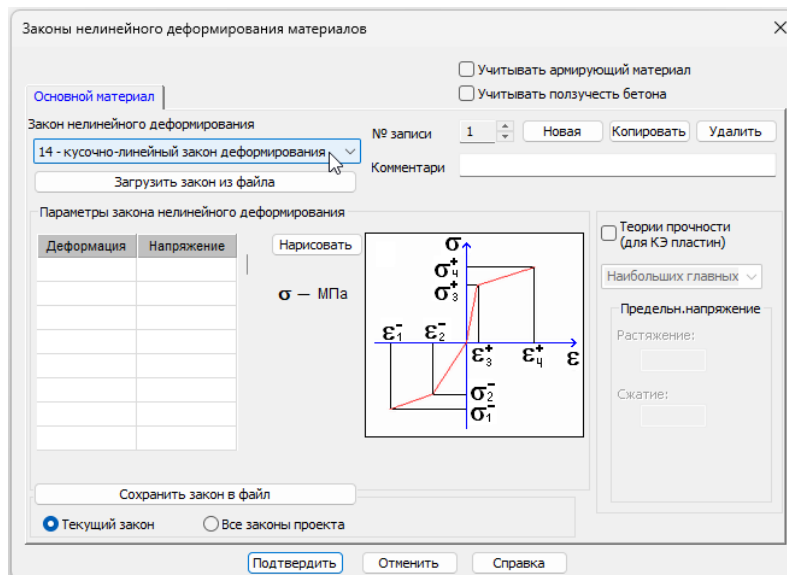


Далее перейти в диаграммы





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

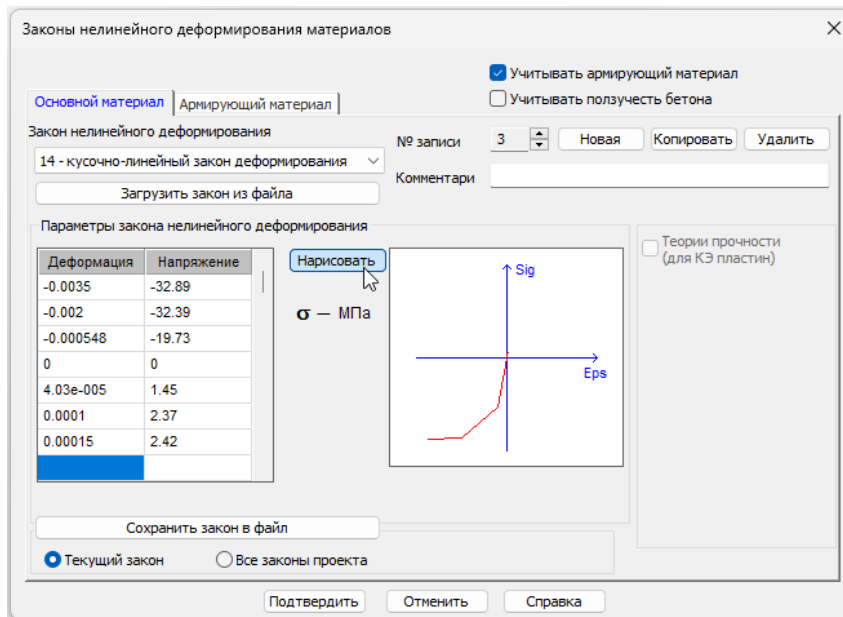


Все диаграммы приведены в конце приложения. Копируем из приложения нужную диаграмму.

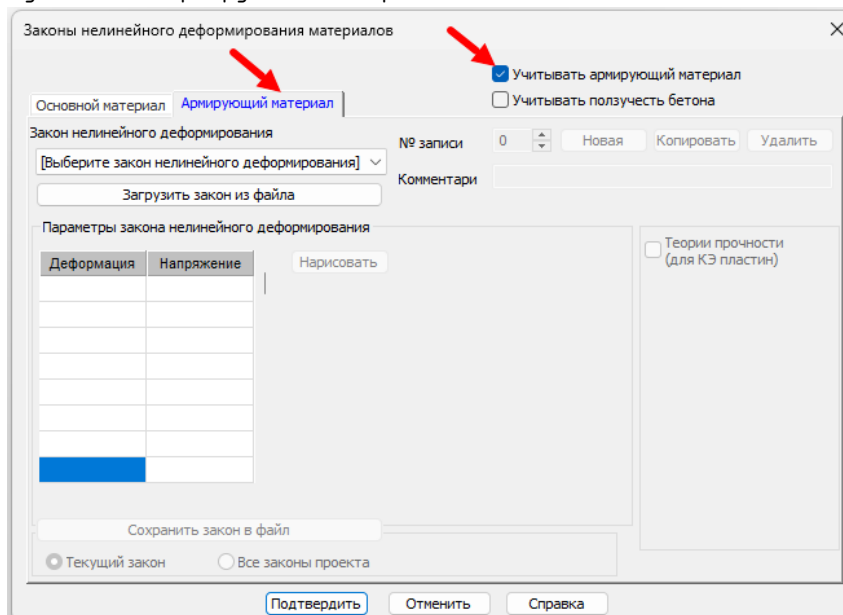
Программа не всегда адекватно может воспринять горизонтальные участки в диаграмме. Поскольку в СП приводится горизонтальный участок диаграммы (участок между ε_{b0} и ε_{b2}), то для программного комплекса напряжение в точке, соответствующее ε_{b0} нужно немного понизить (на 3...5 %) с целью возможности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

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

Результат задания диаграммы для расчета на прогрессирующее обрушение класса В40 при $K_d = 1$.



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



Результат задания диаграммы для расчета на прогрессирующее обрушение класса А500 при $K_d = 1$.

Закон нелинейного деформирования материалов

Основной материал | Армирующий материал

☒ Учитывать армирующий материал
☐ Учитывать ползучесть бетона

Закон нелинейного деформирования: 14 - кусочно-линейный закон деформирования
 № записи: 4
 Новая Копировать Удалить

Загрузить закон из файла

Комментарии

Параметры закона нелинейного деформирования

Деформация	Напряжение
-0.025	-440
-0.0022	-430
0	0
0.002875	565
0.032	575

Нарисовать

σ — МПа

Теории прочности (для КЭ пластин)

Сохранить закон в файл

☒ Текущий закон ☐ Все законы проекта

Подтвердить Отменить Справка

Для записи необходимо нажать кнопку «подтвердить»

Подтвердить Отменить Справка

Аналогично продельваем операции с балками.

Задание стандартного сечения

Сечение

Жесткостные характеристики сечения

☐ Вычислять автоматически по размерам сечения
☐ Редактировать на закладке 'Жесткость'
☒ Учет нелинейности

0.2

B 25 см

H 50 см

Ro 0.0245166 МН/м³

Шаговый Итерационный

Разгрузка с начальной жесткостью

☒ Размещение арматуры и/или нелинейный закон арм. по ТЗА

Учет сдвига

Комментарий: контурные балки нелиней

Цвет

Задание стандартного сечения

Сечение

Жесткостные характеристики сечения

☐ Вычислять автоматически по размерам сечения
☐ Редактировать на закладке 'Жесткость'
☒ Учет нелинейности

0.2

B 25 см

H 50 см

Ro 0.0245166 МН/м³

Шаговый Итерационный

Разгрузка с начальной жесткостью

☒ Размещение арматуры и/или нелинейный закон арм. по ТЗА

Учет сдвига

Комментарий: контурные балки нелиней

Цвет

Законы нелинейного деформирования материалов

☒ Учитывать армирующий материал
☐ Учитывать ползучесть бетона

Основной материал | Армирующий материал

Закон нелинейного деформирования: 14 - кусочно-линейный закон деформирования
 № записи: 3
 Новая Копировать Удалить

Загрузить закон из файла

Комментарии

Параметры закона нелинейного деформирования

Деформация	Напряжение
-0.0035	-32.89
-0.002	-32.39
-0.000548	-19.73
0	0
4.03e-005	1.45
0.0001	2.37
0.00015	2.42

Нарисовать

σ — МПа

Теории прочности (для КЭ пластин)

Сохранить закон в файл

☒ Текущий закон ☐ Все законы проекта

Подтвердить Отменить Справка

Законы нелинейного деформирования материалов

☒ Учитывать армирующий материал
☐ Учитывать ползучесть бетона

Основной материал | Армирующий материал

Закон нелинейного деформирования: 14 - кусочно-линейный закон деформирования
 № записи: 4
 Новая Копировать Удалить

Загрузить закон из файла

Комментарии

Параметры закона нелинейного деформирования

Деформация	Напряжение
-0.025	-440
-0.0022	-430
0	0
0.002875	565
0.032	575

Нарисовать

σ — МПа

Теории прочности (для КЭ пластин)

Сохранить закон в файл

☒ Текущий закон ☐ Все законы проекта

Подтвердить Отменить Справка

3. Задание ТЗА на элементы.

Если ТЗА не заданы, то их необходимо задать (инструкция по заданию есть в части №13).

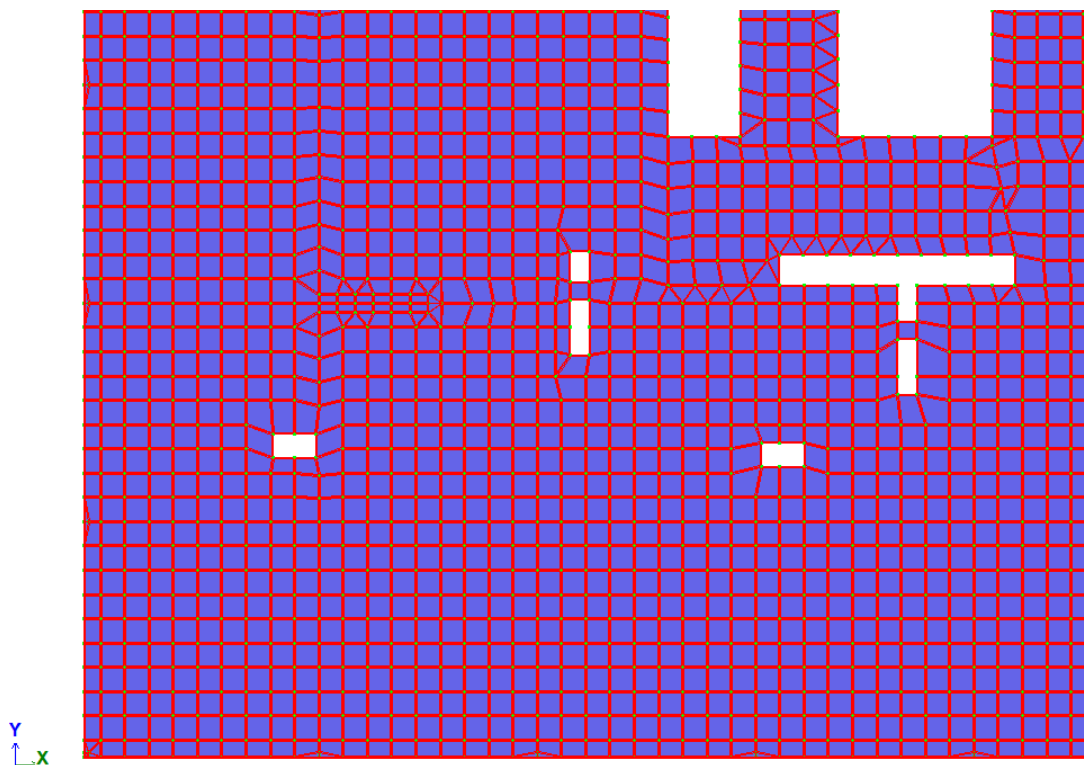
4. Смена типа конечного элемента.

Справочная таблица 11. Типы КЭ

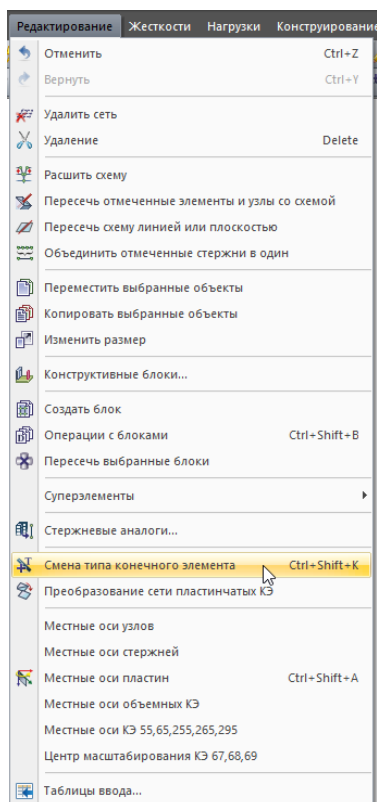
КЭ	Номер типа КЭ	Наименование
Стержневой. Для моделирования: – колонн; – балок; – свай (совместно с одноузловыми КЭ)	10	Универсальный пространственный стержневой КЭ
	210	Тот же КЭ 10, только с учетом физической нелинейности
	310	Тот же КЭ 10, только с учетом геометрической нелинейности
	410	Тот же КЭ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

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

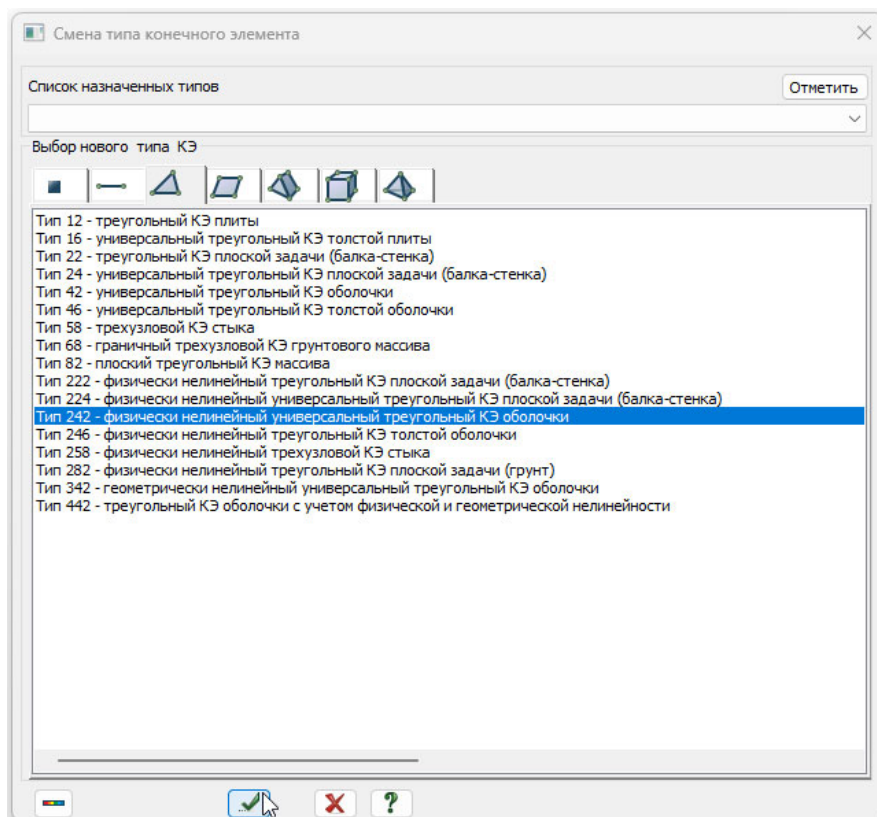
Выделяем  на схеме те элементы, для которых задавали параметры нелинейности.



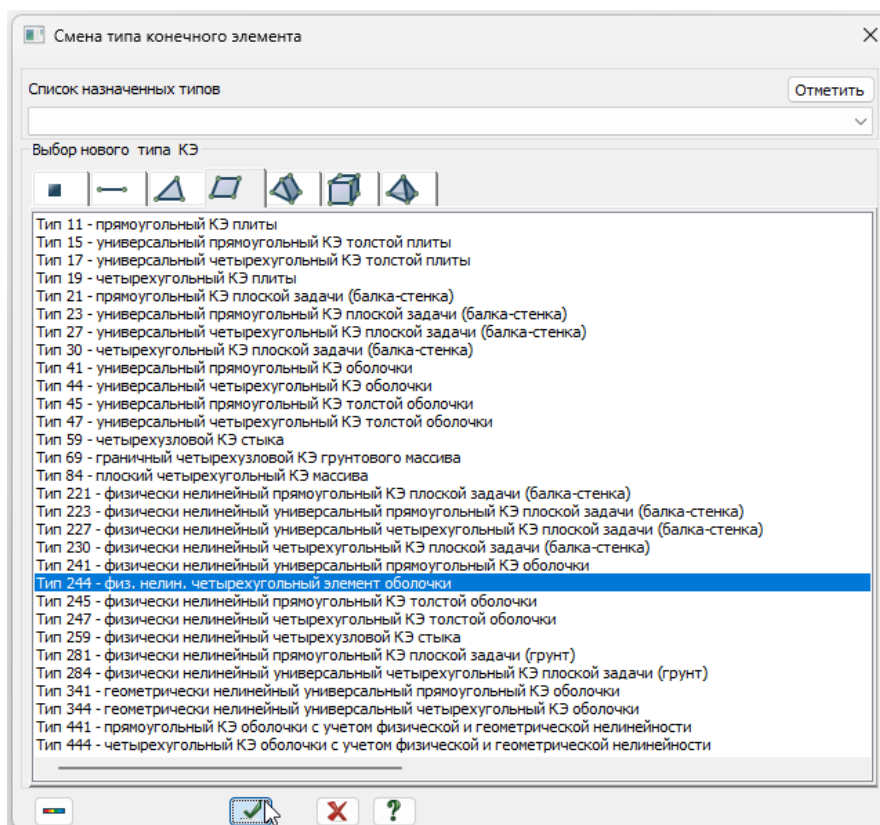
Для плиты потребуется два раза заменить конечные элементы: для четырехугольников и треугольников.



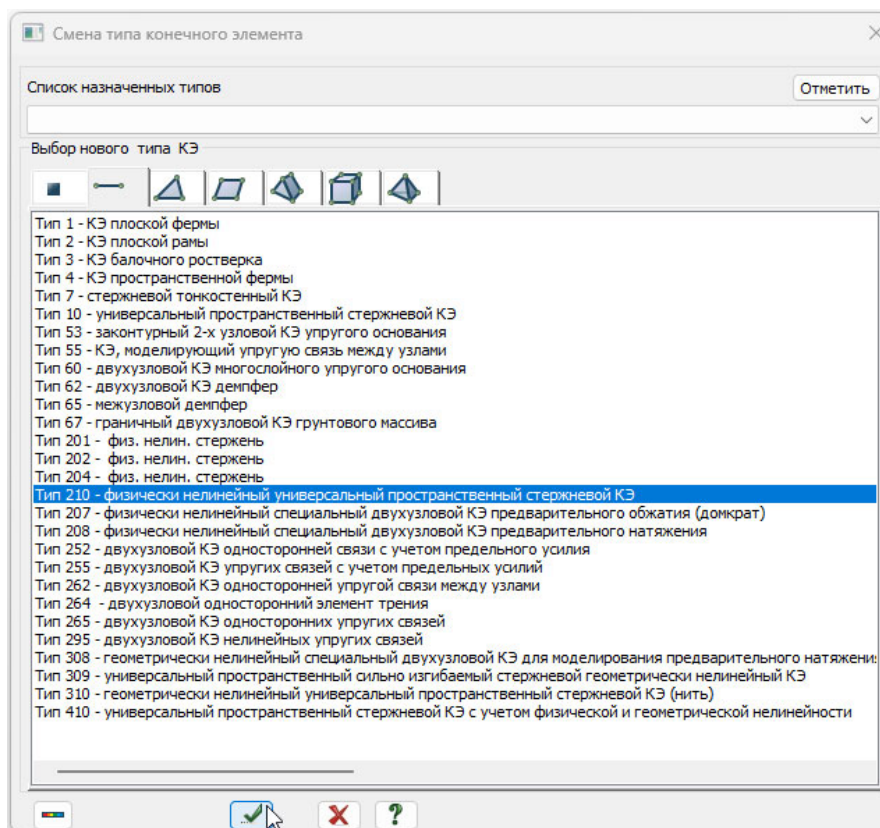
Смена типа КЭ на плитах, в местах треугольных элементов.



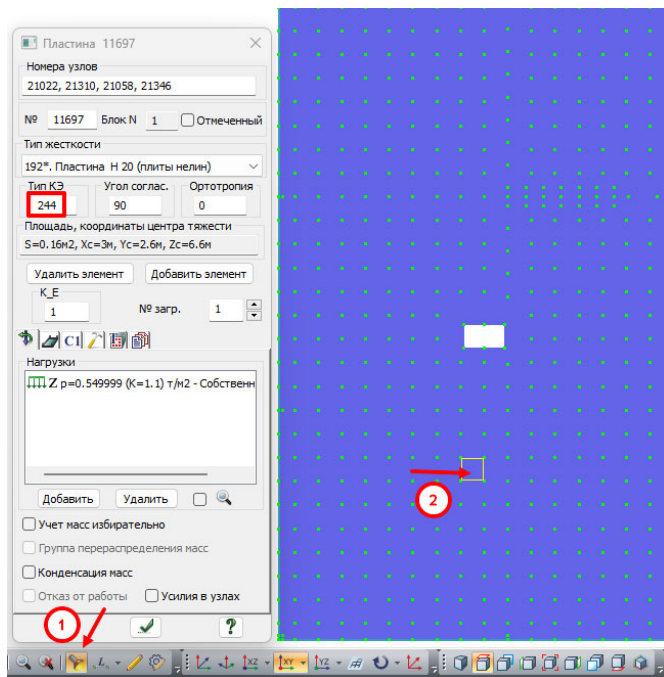
Смена типа КЭ на плитах, в местах четырехугольных элементов.



Замена в стержневых КЭ:



После назначения можно проверить тип назначения через фонарик .



5. Параметры расчета

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

Расчет можно вести в «Шаговом методе» или в «Монтаже».

«Шаговый метод» отличается от монтажа тем, что элемент удаляется  сразу, а в «Монтаже» удаляемый элемент прописывается в отдельном окне «Демонтируемые элементы» (будет показано далее).

Необходимо отметить, что «Шаговый метод» быстрее, однако иногда может давать некорректный результат, поскольку этапность формирования НДС системы не корректна, ввиду того, что разрушенный элемент возникает сразу.

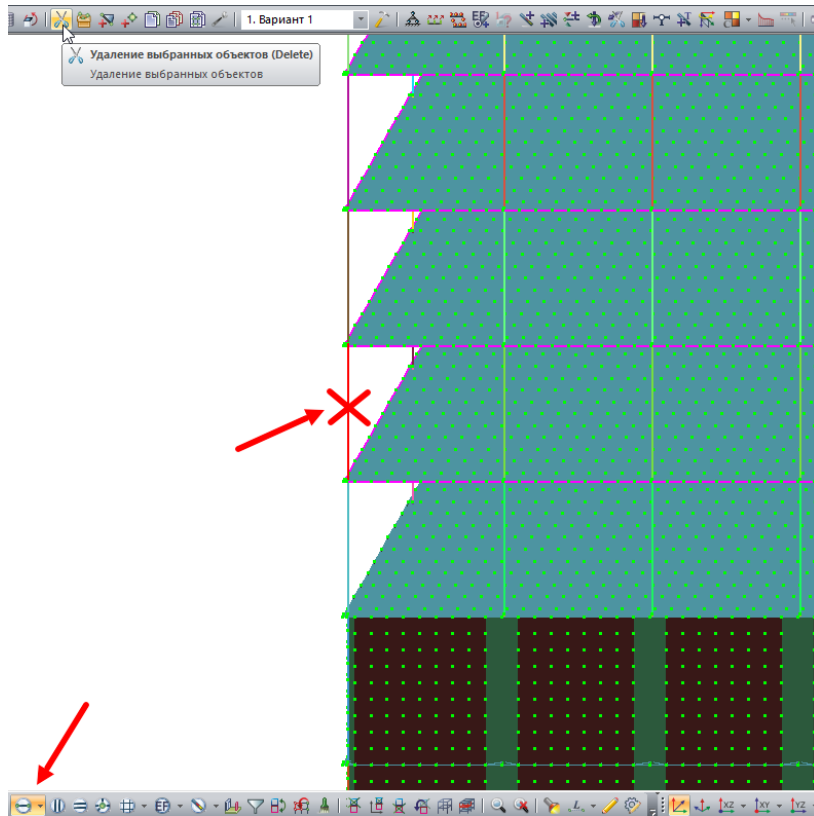
Вариант №1. Шаговый метод

Вар.1. 5.1.

Создаем таблицу РСН (см. раздел Нагрузки РСН).

Вар.1. 5.2.

Выделяем и удаляем элемент в том месте, где будем вести расчет.

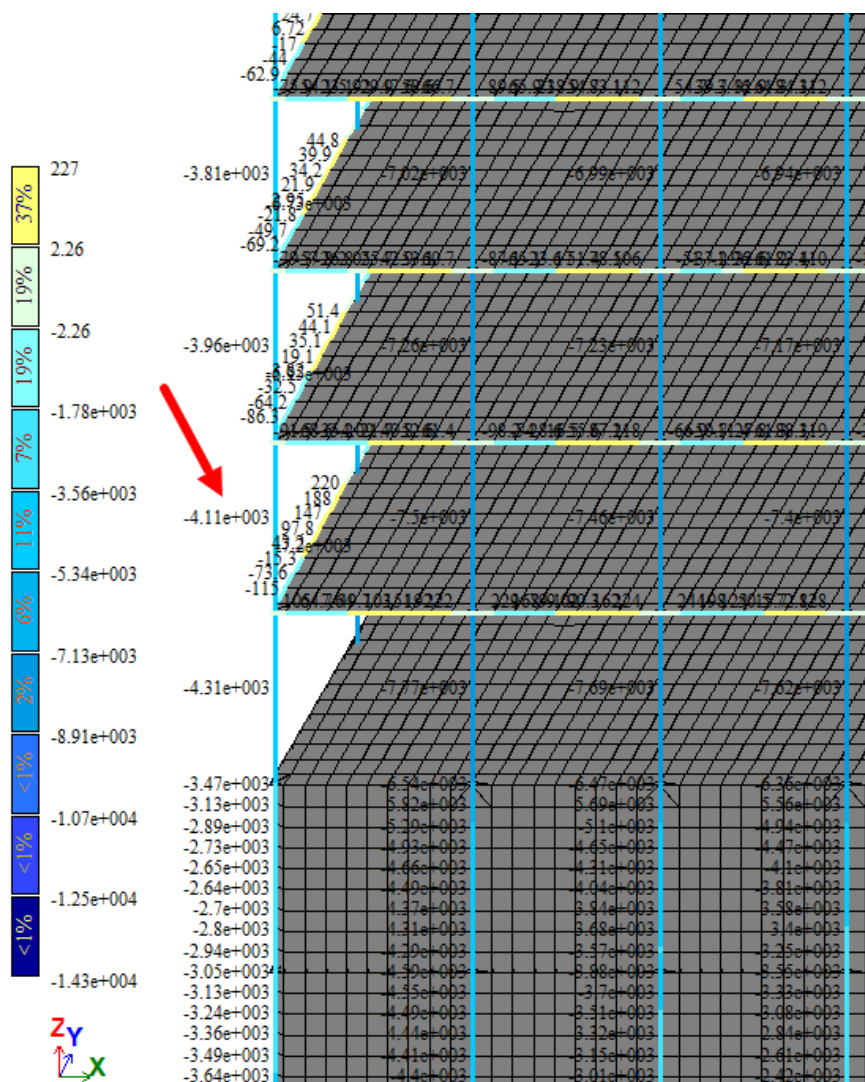


Вар.1. 5.3.

Если динамический эффект не используется ($K_d = 1$), то данный пункт пропускаем.

Если в расчете используется догрузка системы динамическим эффектом, то:

В отдельной дополнительной расчетной схеме (где нет разрушенных/удаленных элементов) просчитывается реакция в удаляемом элементе N от нормативных длительных нагрузок по тем же РСН, что и для расчета на прогрессирующее обрушение.



Полученную реакцию N умножаем на $(K_d - 1)$

В данном случае $N = 4110 \times (2 - 1) = 4110 \text{ кН}$

В схеме, для расчета на прогрессирующее обрушение (где будет удален элемент), создаем новое загрузжение, где прикладываем реакцию $N(K_d - 1)$.

Редактор загрузений

Нормы: СП 20.13330.2011/2016

Редактирование выбранного загрузки

Имя: 18 Кд

Подзадача: 1. Основная задача: C1. Основная задача: D1

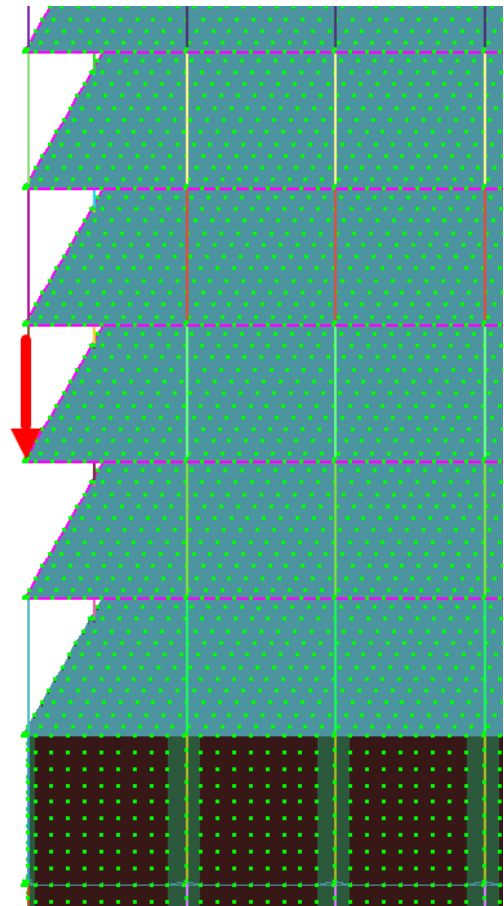
Вид: Мгновенное(М)

Узловые нагрузки: 0; Местные нагрузки: 0;

Список загрузений

#	Имя загрузки	Подзадача	Вид	Тип
4	Перегородки	1. Основная зада...	Постоянное (P)	
5	Отделка	1. Основная зада...	Постоянное (P)	
6	Фасад	1. Основная зада...	Постоянное (P)	
7	Полезная (основна...	1. Основная зада...	Кратк. доминир.1...	
8	Полезная (коридоры)	1. Основная зада...	Кратк. доминир.1...	
9	Полезная (кровля)	1. Основная зада...	Кратк. доминир.1...	
10	Полезная (кладовые)	1. Основная зада...	Кратк. доминир.1...	
11	Оборудование	1. Основная зада...	Длит. доминир.1...	
12	Давление грунта(г...	1. Основная зада...	Постоянное (P)	
13	Двление грунта(те...	1. Основная зада...	Кратк. доминир.1...	
14	Давление грунта(п...	1. Основная зада...	Особое (Ps)	
15	Давление воды	1. Основная зада...	Постоянное (P)	
16	Снег вариант 1	1. Основная зада...	Кратк. доминир.1...	
17	Снег вариант 2	1. Основная зада...	Кратк. доминир.1...	
18	Кд	1. Основная зада...	Мгновенное(М)	

Назначить текущим



В таблице РСН для загрузки с приложенной реакцией $N(K_d - 1)$ прописываем коэффициент надежности равный 1, долю длительности 0, коэффициент к загрузению 1.

Расчетные сочетания нагрузок

Номер таблицы РСН: 3

Имя таблицы РСН: СП 20.13330.2011/2016_3

СП 20.13330.2011/2016

Коэф. надежности по ответственности: для I-го РС 1, для II-го РС 1, для аварийных сочетаний 1

В расчетной схеме заданы: ☒ расчетные нагрузки, ☐ нормативные нагрузки

☐ Не учитывать сейсмику для II-го РС

☐ Не учитывать особое загруз. для II-го РС

N загруз.	Наименование	Вид	Знакоперен.	Взаимоискл.	Коэф. надежн.	Доля длителън.	1.РСН1	2.РСН2
1	Собственный вес железобет	Постоянное (P)	+		1.1	1.0	0.909	0.909
2	Пол	Постоянное (P)	+		1.3	1.0	0.77	0.77
3	Кровля	Постоянное (P)	+		1.28	1.0	0.781	0.781
4	Перегородки	Постоянное (P)	+		1.25	1.0	0.8	0.8
5	Отделка	Постоянное (P)	+		1.3	1.0	0.77	0.77
6	Фасад	Постоянное (P)	+		1.2	1.0	0.833	0.833
7	Полезная (основная площадь)	Кратк. доминир.1 (Pt1)	+		1.3	0.35	0.27	0.27
8	Полезная (коридоры)	Кратк. доминир.1 (Pt1)	+		1.2	0.35	0.292	0.292
9	Полезная (кровля)	Кратк. доминир.1 (Pt1)	+		1.3	0.35	0.27	0.
10	Полезная (кладовые)	Кратк. доминир.1 (Pt1)	+		1.2	1.0	0.833	0.833
11	Оборудование	Длит. доминир.1 (Pl1)	+		1.2	1.0	0.833	0.833
12	Давление грунта(грунт)	Постоянное (P)	+		1.15	1.0	0.87	0.87
13	Двление грунта(техника)	Кратк. доминир.1 (Pt1)	+		1.2	0.35	0.833	0.833
14	Давление грунта(пожарная)	Особое (Ps)	+		1.2002	0.0	0.	0.
15	Давление воды	Постоянное (P)	+		1.0	1.0	1.	1.
16	Снег вариант 1	Кратк. доминир.1 (Pt1)	+		1.4	0.5	0.	0.357
17	Снег вариант 2	Кратк. доминир.1 (Pt1)	+		1.4	0.5	0.	0.
18	Кд	Мгновенное(М)	+		1.0	0.0	1.	1.

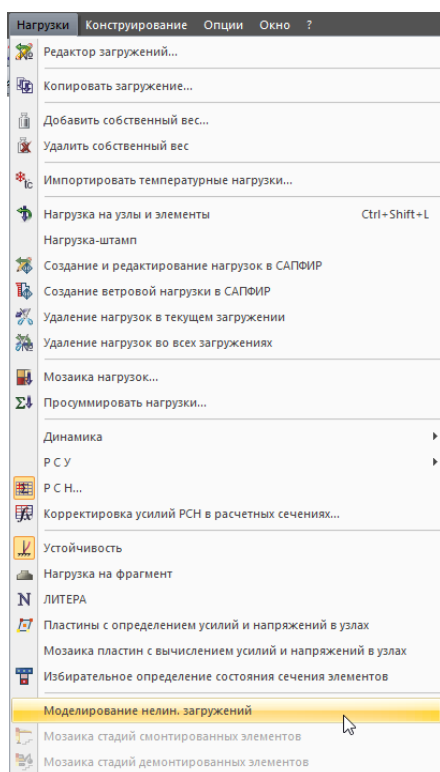
Основное сочетание

Особое сочетание

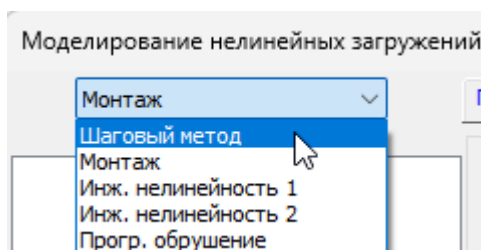
$$P^d + \psi_{11} \cdot P_{11}^d + \sum_{i=2}^n \psi_{1i} \cdot P_{1i}^d + \psi_{11} P_{11}^d + \psi_{12} P_{12}^d + \sum_{j=3}^n \psi_{1j} \cdot P_{1j}^d$$

Вар.1. 5.4.

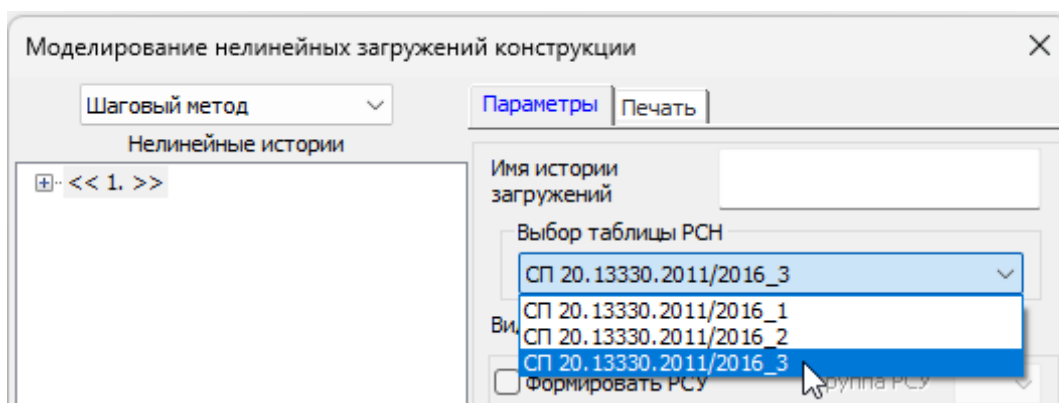
Переходим в моделирование нелинейных загружений.



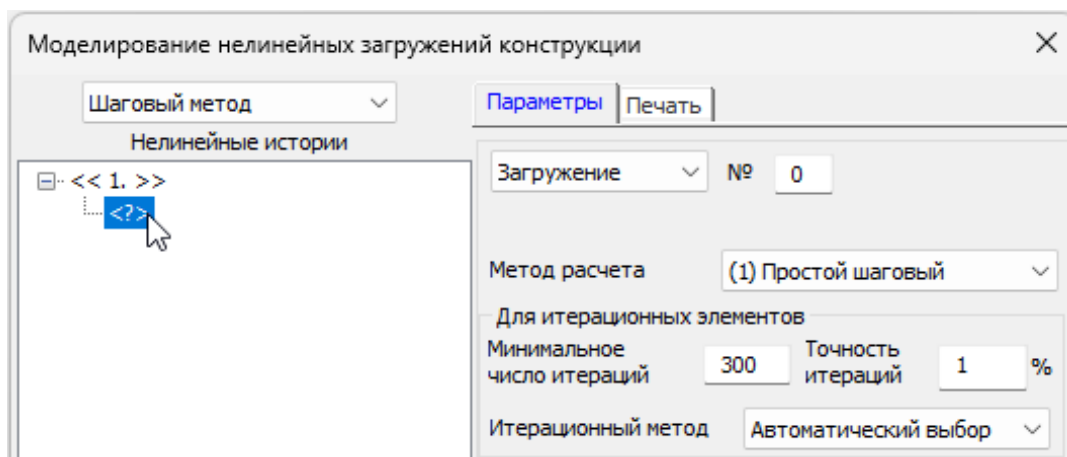
Выбираем «Шаговый метод».



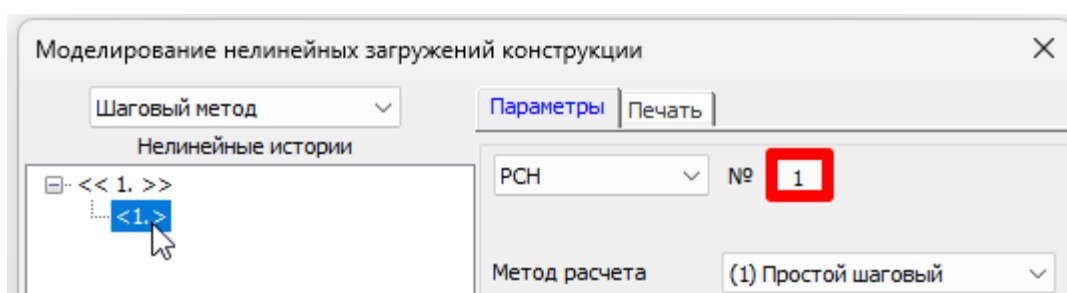
Выбираем нужную таблицу РСН.



Переходим в <?>:



Прописываем номер столбца из РСН:



Примечание: столбцы РСН – это вертикальные колонки, которые задавались ранее в таблице РСН.

1.РСН1	2.РСН2
0.77	0.77
0.833	0.833
0.27	0.27
0.292	0.292
0.27	0.
0.833	0.833
0.833	0.833
0.87	0.87
0.833	0.833
0.	0.
1.	1.
0.	0.357
0.	0.
0.	0.
0.	0.
0.	0.
0.	0.
0.	0.
0.	0.
0.	0.
0.	0.

Количество шагов принимают от степени влияния загрузки. Для РСН рекомендовано, чтобы было не менее 20. Чем больше шагов, тем будет легче определить момент, при котором конструкция разрушается.

Значения коэффициентов к нагрузкам по шагам

Количество шагов 20

Суммарный коэффициент зависит от следующих параметров:

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

Суммарный коэффициент

1

Для более детального анализа рекомендовано выбрать:

Печать

Перемещения и усилия после каждого шага

Вывод промежуточных результатов

Выводить все

Итог задания «Шагового метода»

Моделирование нелинейных нагружений конструкции

Шаговый метод

Параметры

Нелинейные истории

РСН № 1

Метод расчета (1) Простой шаговый

Для итерационных элементов

Минимальное число итераций 300 Точность итераций 1 %

Итерационный метод Автоматический выбор

Значения коэффициентов к нагрузкам по шагам

Количество шагов 20

☐ Чтение из файла

☐ Ввод и редактирование

1

☒ Равномерные шаги

Точность 0,0001 Начальный шаг 1e-009

Суммарный коэффициент 1

Печать

Перемещения и усилия после каждого шага

Вывод промежуточных результатов

Выводить все

☐ Считать пошагово, даже если отсутствуют шаговые элементы

Вариант №2. Монтаж

Вар.2. 5.1.

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

Редактор загрузок

Нормы: СП 20.13330.2011/2016

Редактирование выбранного нагружения

Имя: 9 Двление грунта(техника)

Подзадача: 1. Основная задача: С1. Основная задача; D1. ...

Вид: Кратк. доминир.1 (Pt1)

Узловые нагрузки: 0; Местные нагрузки: 4522;

Список загрузок

#	Имя загрузки	Подзадача	Вид	Тип	Формула
1	Собственный вес ЖБ подземная часть	1. Основная зада...	Постоянное (P)	Мон...	
2	Собственный вес ЖБ 1-8 эт.	1. Основная зада...	Постоянное (P)	Мон...	
3	Собственный вес ЖБ 9-16 эт.	1. Основная зада...	Постоянное (P)	Мон...	
4	Собственный вес ЖБ 17-24 эт.	1. Основная зада...	Постоянное (P)	Мон...	
5	Собственный вес ЖБ 25-32 эт.	1. Основная зада...	Постоянное (P)	Мон...	
6	Собственный вес ЖБ 33 эт.- посл. эт.	1. Основная зада...	Постоянное (P)	Мон...	
7	Давление грунта(грунт)	1. Основная зада...	Постоянное (P)		
8	Давление воды	1. Основная зада...	Постоянное (P)		
9	Двление грунта(техника)	1. Основная зада...	Кратк. доминир.1...		
10	Пол	1. Основная зада...	Постоянное (P)		
11	Кровля	1. Основная зада...	Постоянное (P)		
12	Перегородки	1. Основная зада...	Постоянное (P)		
13	Отделка	1. Основная зада...	Постоянное (P)		
14	Фасад	1. Основная зада...	Постоянное (P)		
15	Полезная (основная площадь)	1. Основная зада...	Кратк. доминир.1...		
16	Полезная (коридоры)	1. Основная зада...	Кратк. доминир.1...		
17	Полезная (кровля)	1. Основная зада...	Кратк. доминир.1...		
18	Полезная (кладовые)	1. Основная зада...	Кратк. доминир.1...		
19	Оборудование	1. Основная зада...	Длит. доминир.1...		
20	Снег вариант 1	1. Основная зада...	Кратк. доминир.1...		
21	Давление грунта(пожарная машина)	1. Основная зада...	Особое (Ps)		
22	Снег вариант 2	1. Основная зада...	Кратк. доминир.1...		
23	Средняя составляющая ветра X+	1. Основная зада...	Неактивное (H/a)		
24	Средняя составляющая ветра X-	1. Основная зада...	Неактивное (H/a)		
25	Средняя составляющая ветра Y+	1. Основная зада...	Неактивное (H/a)		
26	Средняя составляющая ветра Y-	1. Основная зада...	Неактивное (H/a)		

Назначить текущим

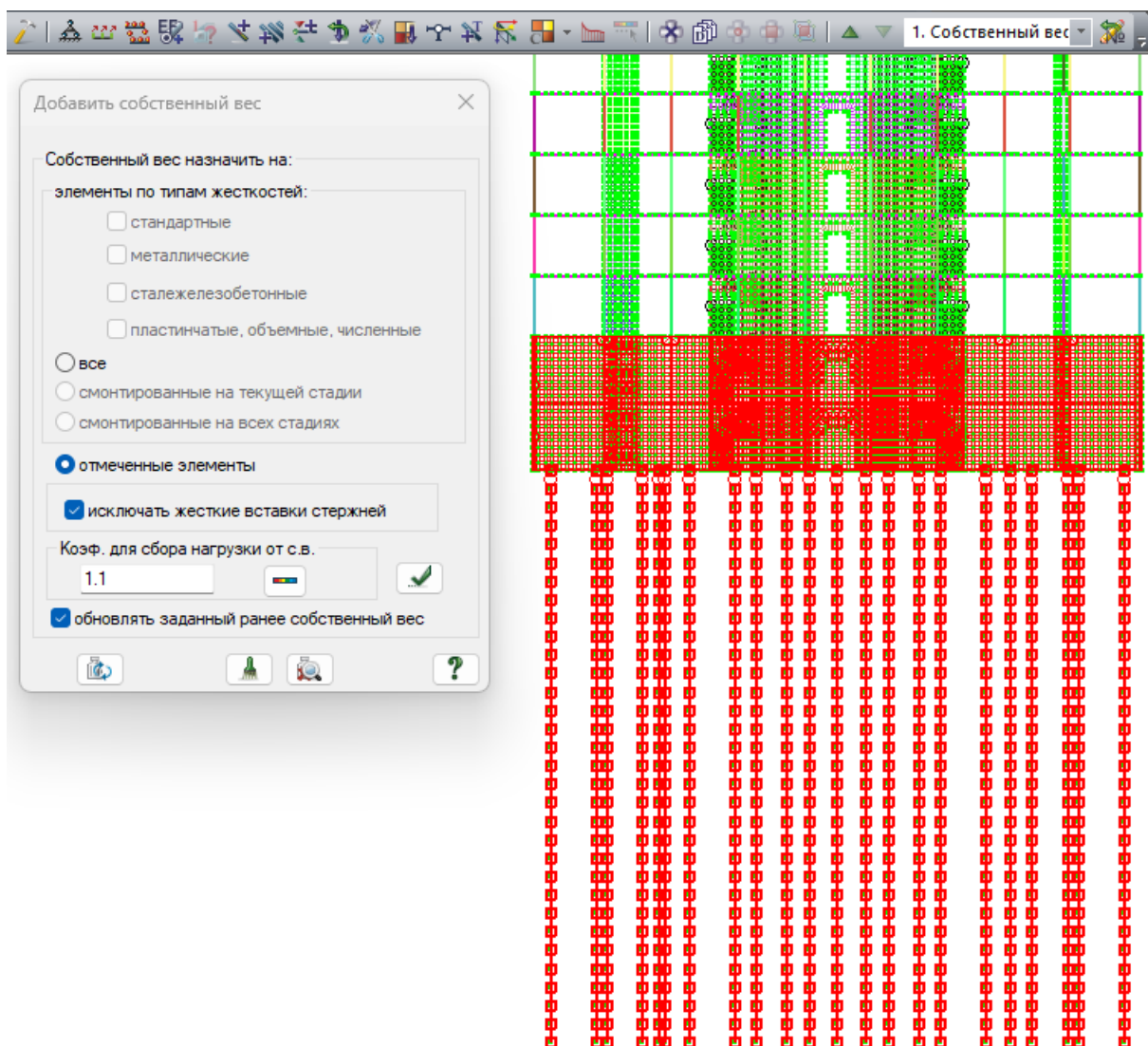
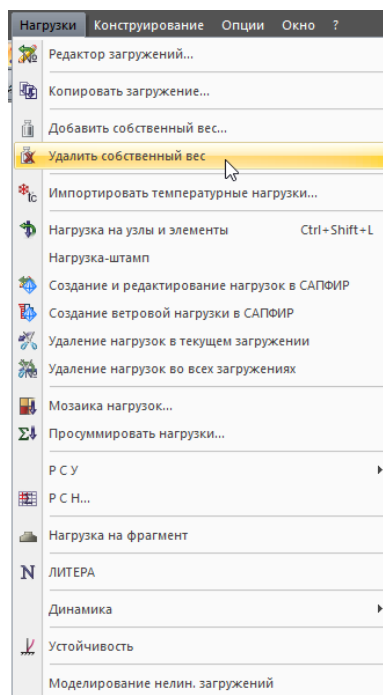
Собственный вес прикладываем только на элементы, указанные в названии нагружения.

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

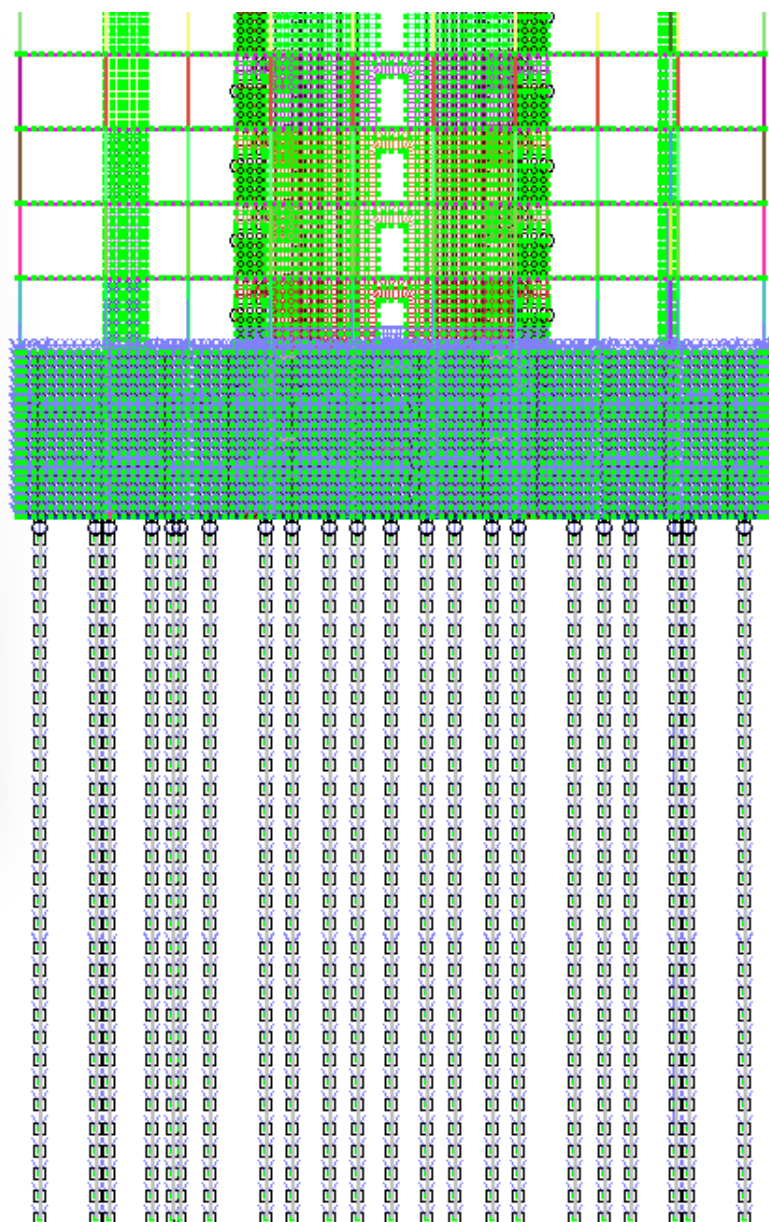
Для этого их выделяем и при приложении собственного веса ставим галочку.

Проделяваем для всех загрузок с собственным весом.

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



Результат добавления собственного только на конструкции подвала:



Редактор загружений

Нормы

СП 20.13330.2011/2016

Редактирование выбранного загрузки

Имя

1 Собственный вес ЖБ подземная часть

Подзадача

1. Основная задача: С1. Основная задача; D1.

...

Вид

Постоянное (P)

✓

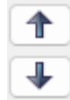
Узловые нагрузки: 0; Местные нагрузки: 33591;

Список загружений

#	Имя загрузки	Подзадача	Вид	Тип	Формула	
1	Собственный вес Ж...	1. Основная зада...	Постоянное (P)	Мон...		
2	Собственный вес Ж...	1. Основная зада...	Постоянное (P)	Мон...		
3	Собственный вес Ж...	1. Основная зада...	Постоянное (P)	Мон...		
4	Собственный вес Ж...	1. Основная зада...	Постоянное (P)	Мон...		
5	Собственный вес Ж...	1. Основная зада...	Постоянное (P)	Мон...		
6	Собственный вес Ж...	1. Основная зада...	Постоянное (P)	Мон...		
7	Давление грунта(г...	1. Основная зада...	Постоянное (P)			
8	Давление воды	1. Основная зада...	Постоянное (P)			
9	Давление грунта(т...	1. Основная зада...	Кратк. доминир.1...			
10	Пол	1. Основная зада...	Постоянное (P)			
11	Кровля	1. Основная зада...	Постоянное (P)			
12	Перегородки	1. Основная зада...	Постоянное (P)			
13	Отделка	1. Основная зада...	Постоянное (P)			
14	Фасад	1. Основная зада...	Постоянное (P)			
15	Полезная (основна...	1. Основная зада...	Кратк. доминир.1...			
16	Полезная (коридоры)	1. Основная зада...	Кратк. доминир.1...			
17	Полезная (кладовые)	1. Основная зада...	Кратк. доминир.1...			
18	Оборудование	1. Основная зада...	Длит. доминир.1...			
19	Снег вариант 1	1. Основная зада...	Кратк. доминир.1...			
20	Полезная (кровля)	1. Основная зада...	Кратк. доминир.1...			
21	Давление грунта(п...	1. Основная зада...	Особое (Ps)			
22	Снег вариант 2	1. Основная зада...	Кратк. доминир.1...			
23	Средняя составля...	1. Основная зада...	Неактивное (H/a)			
24	Средняя составля...	1. Основная зада...	Неактивное (H/a)			
25	Средняя составля...	1. Основная зада...	Неактивное (H/a)			
26	Средняя составля...	1. Основная зада...	Неактивное (H/a)			

Назначить текущим

Перемещаем загрузки в соответствии с их последовательностью приложения к схеме с



помощью стрелочек

Редактор загрузений

Нормы: СП 20.13330.2011/2016

Редактирование выбранного нагружения

Имя: 1 Собственный вес ЖБ подземная часть

Подзадача: 1. Основная задача: C1. Основная задача; D1. ...

Вид: Постоянное (P) ✓

Узловые нагрузки: 0; Местные нагрузки: 33591;

Список загрузений

#	Имя загрузки	Подзадача	Вид	Тип	Формула
1	Собственный вес Ж...	1. Основная зада...	Постоянное (P)	Мон...	
2	Собственный вес Ж...	1. Основная зада...	Постоянное (P)	Мон...	
3	Собственный вес Ж...	1. Основная зада...	Постоянное (P)	Мон...	
4	Собственный вес Ж...	1. Основная зада...	Постоянное (P)	Мон...	
5	Собственный вес Ж...	1. Основная зада...	Постоянное (P)	Мон...	
6	Собственный вес Ж...	1. Основная зада...	Постоянное (P)	Мон...	
7	Давление грунта(г...	1. Основная зада...	Постоянное (P)		
8	Давление воды	1. Основная зада...	Постоянное (P)		
9	Давление грунта(т...	1. Основная зада...	Кратк. доминир.1...		
10	Пол	1. Основная зада...	Постоянное (P)		
11	Кровля	1. Основная зада...	Постоянное (P)		
12	Перегородки	1. Основная зада...	Постоянное (P)		
13	Отделка	1. Основная зада...	Постоянное (P)		
14	Фасад	1. Основная зада...	Постоянное (P)		
15	Полезная (основна...	1. Основная зада...	Кратк. доминир.1...		
16	Полезная (коридоры)	1. Основная зада...	Кратк. доминир.1...		
17	Полезная (кладовые)	1. Основная зада...	Кратк. доминир.1...		
18	Оборудование	1. Основная зада...	Длит. доминир.1...		
19	Снег вариант 1	1. Основная зада...	Кратк. доминир.1...		
20	Полезная (кровля)	1. Основная зада...	Кратк. доминир.1...		
21	Давление грунта(п...	1. Основная зада...	Особое (Ps)		
22	Снег вариант 2	1. Основная зада...	Кратк. доминир.1...		
23	Средняя составля...	1. Основная зада...	Неактивное (H/a)		
24	Средняя составля...	1. Основная зада...	Неактивное (H/a)		
25	Средняя составля...	1. Основная зада...	Неактивное (H/a)		
26	Средняя составля...	1. Основная зада...	Неактивное (H/a)		

Назначить текущим

Вар.2. 5.2.

Загрузки, которые не используются необходимо удалить .

Редактор загрузок

Нормы: СП 20.13330.2011/2016

Редактирование выбранного задания

Имя: 1 Собственный вес ЖБ подземная часть

Подзадача: 1. Основная задача: С1. Основная задача; D1. ...

Вид: Постоянное (P)

Узловые нагрузки: 0; Местные нагрузки: 33591;

Список загрузок

#	Имя загрузки	Подзадача	Вид	Тип	Формула
1	Собственный вес Ж...	1. Основная зада...	Постоянное (P)	Мон...	
2	Собственный вес Ж...	1. Основная зада...	Постоянное (P)	Мон...	
3	Собственный вес Ж...	1. Основная зада...	Постоянное (P)	Мон...	
4	Собственный вес Ж...	1. Основная зада...	Постоянное (P)	Мон...	
5	Собственный вес Ж...	1. Основная зада...	Постоянное (P)	Мон...	
6	Собственный вес Ж...	1. Основная зада...	Постоянное (P)	Мон...	
7	Давление грунта(г...	1. Основная зада...	Постоянное (P)		
8	Давление воды	1. Основная зада...	Постоянное (P)		
9	Давление грунта(г...	1. Основная зада...	Кратк. доминир.1...		
10	Пол	1. Основная зада...	Постоянное (P)		
11	Кровля	1. Основная зада...	Постоянное (P)		
12	Перегородки	1. Основная зада...	Постоянное (P)		
13	Отделка	1. Основная зада...	Постоянное (P)		
14	Фасад	1. Основная зада...	Постоянное (P)		
15	Полезная (основна...	1. Основная зада...	Кратк. доминир.1...		
16	Полезная (коридоры)	1. Основная зада...	Кратк. доминир.1...		
17	Полезная (кладовые)	1. Основная зада...	Кратк. доминир.1...		
18	Оборудование	1. Основная зада...	Длит. доминир.1...		
19	Снег вариант 1	1. Основная зада...	Кратк. доминир.1...		
20	Полезная (кровля)	1. Основная зада...	Кратк. доминир.1...		
21	Давление грунта(п...	1. Основная зада...	Особое (Pa)		
22	Снег вариант 2	1. Основная зада...	Кратк. доминир.1...		
23	Средняя составля...	1. Основная зада...	Неактивное (H/a)		
24	Средняя составля...	1. Основная зада...	Неактивное (H/a)		
25	Средняя составля...	1. Основная зада...	Неактивное (H/a)		
26	Средняя составля...	1. Основная зада...	Неактивное (H/a)		

Назначить текущим

Итог удаления:

Редактор загрузок

Нормы: СП 20.13330.2011/2016

Редактирование выбранного задания

Имя: 1 Собственный вес ЖБ подземная часть

Подзадача: 1. Основная задача: С1. Основная задача; D1. ...

Вид: Постоянное (P)

Узловые нагрузки: 0; Местные нагрузки: 33591;

Список загрузок

#	Имя загрузки	Подзадача	Вид	Тип	Формула
1	Собственный вес Ж...	1. Основная зада...	Постоянное (P)	Мон...	
2	Собственный вес Ж...	1. Основная зада...	Постоянное (P)	Мон...	
3	Собственный вес Ж...	1. Основная зада...	Постоянное (P)	Мон...	
4	Собственный вес Ж...	1. Основная зада...	Постоянное (P)	Мон...	
5	Собственный вес Ж...	1. Основная зада...	Постоянное (P)	Мон...	
6	Собственный вес Ж...	1. Основная зада...	Постоянное (P)	Мон...	
7	Давление грунта(г...	1. Основная зада...	Постоянное (P)		
8	Давление воды	1. Основная зада...	Постоянное (P)		
9	Давление грунта(г...	1. Основная зада...	Кратк. доминир.1...		
10	Пол	1. Основная зада...	Постоянное (P)		
11	Кровля	1. Основная зада...	Постоянное (P)		
12	Перегородки	1. Основная зада...	Постоянное (P)		
13	Отделка	1. Основная зада...	Постоянное (P)		
14	Фасад	1. Основная зада...	Постоянное (P)		
15	Полезная (основна...	1. Основная зада...	Кратк. доминир.1...		
16	Полезная (коридоры)	1. Основная зада...	Кратк. доминир.1...		
17	Полезная (кладовые)	1. Основная зада...	Кратк. доминир.1...		
18	Оборудование	1. Основная зада...	Длит. доминир.1...		
19	Снег вариант 1	1. Основная зада...	Кратк. доминир.1...		

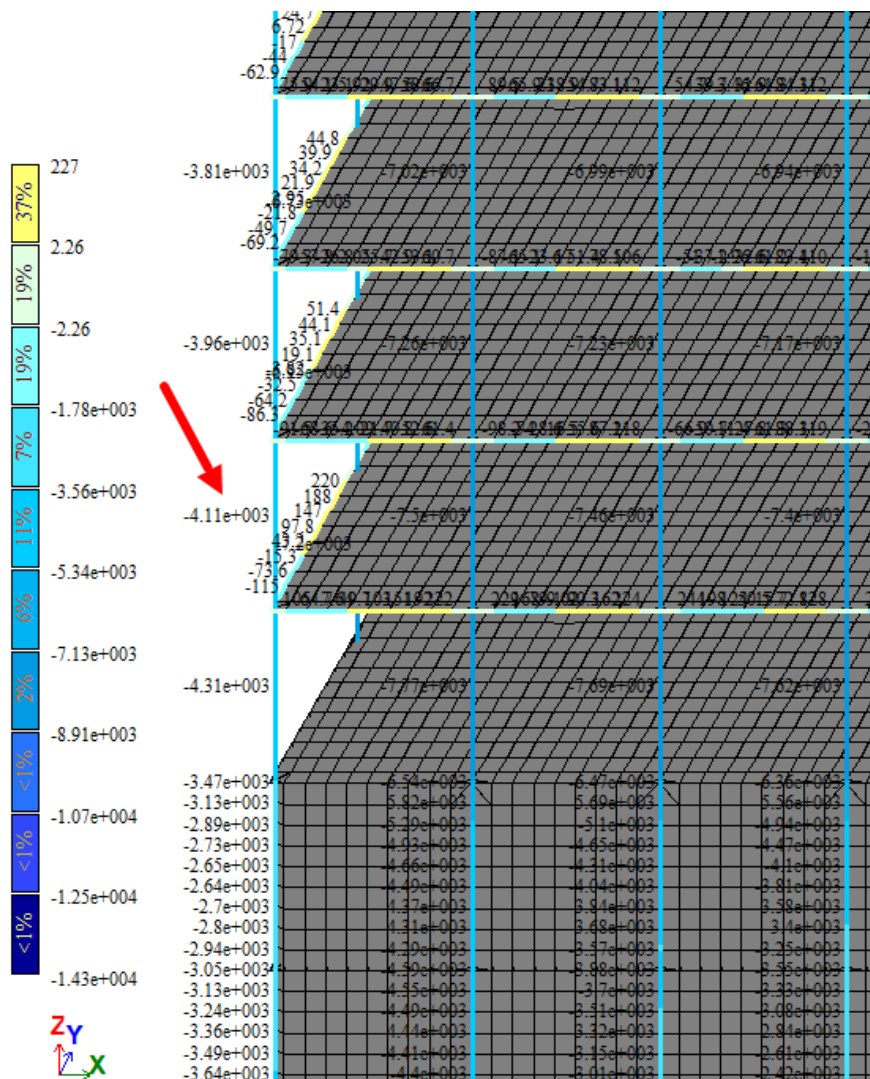
Назначить текущим

Вар.2. 5.3.

Если динамический эффект не используется ($K_d = 1$), то данный пункт пропускаем и переходим к следующему пункту.

Если в расчете используется догрузка системы динамическим эффектом, то:

В отдельной дополнительной расчетной схеме (где нет разрушенных/удаленных элементов) просчитывается реакция в удаляемом элементе N от нормативных длительных нагрузок по тем же РСН, что и для расчета на прогрессирующее обрушение.

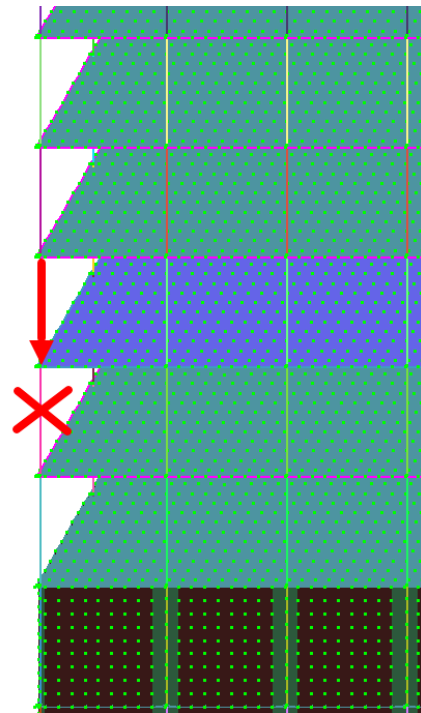
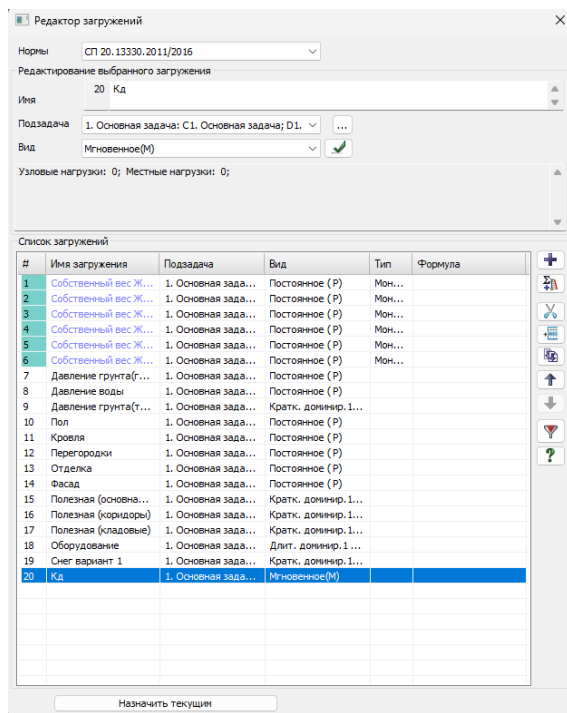


Полученную реакцию N умножаем на $(K_d - 1)$

В данном случае $N = 4110 \times (2 - 1) = 4110 \text{ кН}$

В схеме, для расчета на прогрессирующее обрушение (где будет удален элемент), создаем новое загрузжение, где прикладываем реакцию $N(K_d - 1)$.

Загружение в данном случае называется «Кд»

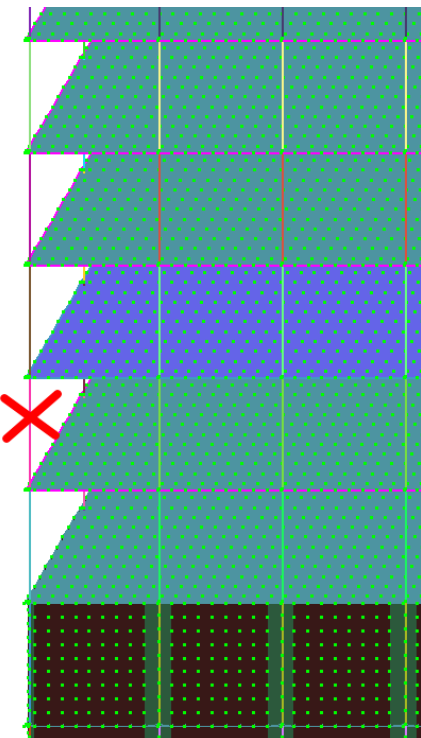
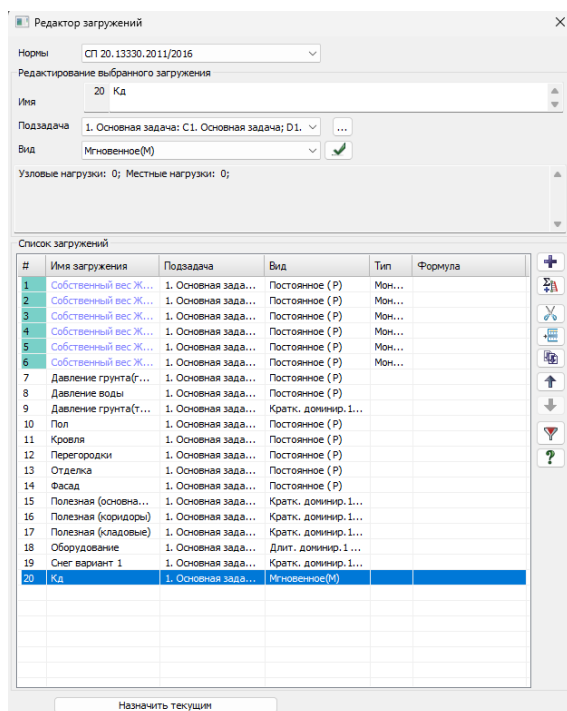


Вар.2. 5.4.

Если динамический эффект не используется ($K_d = 1$), то выполняем данный пункт.

В схеме, для расчета на прогрессирующее обрушение (где будет удален элемент), создаем новое «пустое» загрузжение.

Загрузка в данном случае называется «Кд»



Вар.2. 5.5.

Для создания «монтажа»:

1) Добавляем таблицу нелинейных загрузений;

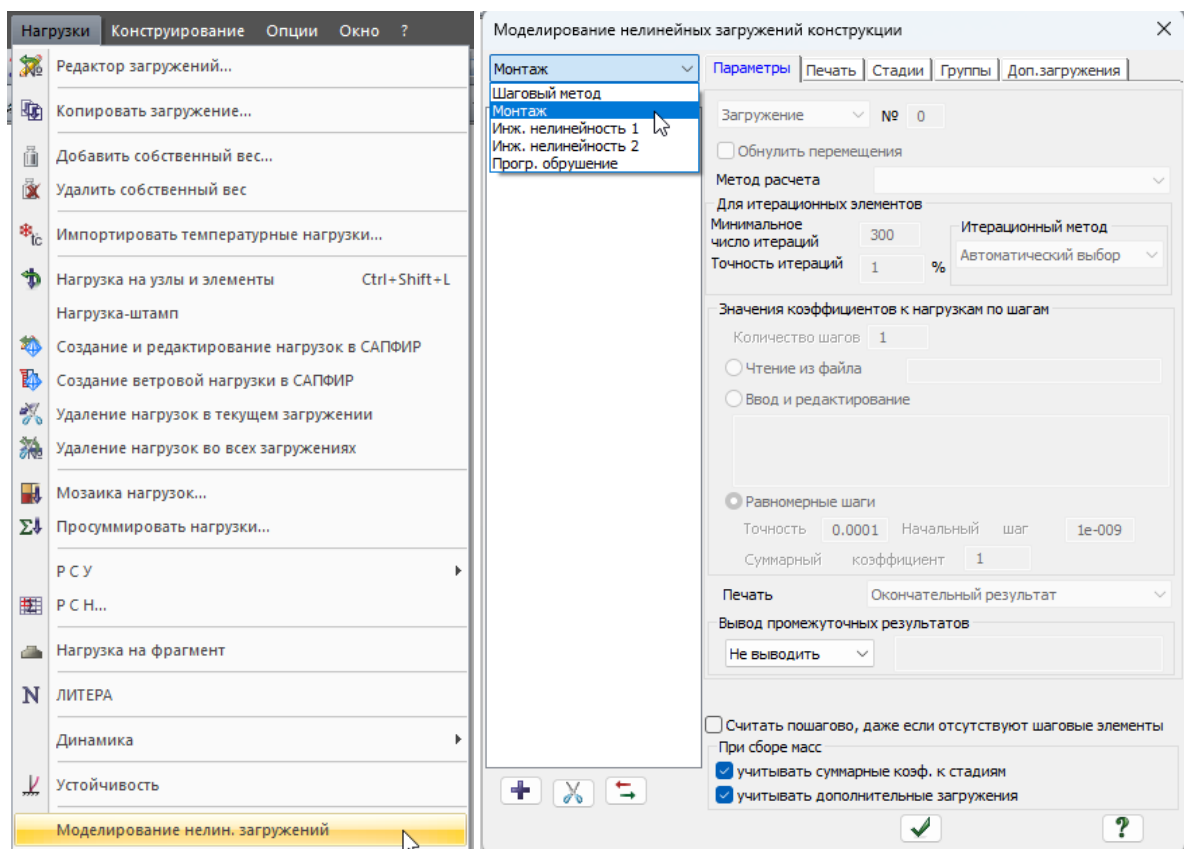
2) Выбираем «монтаж»;

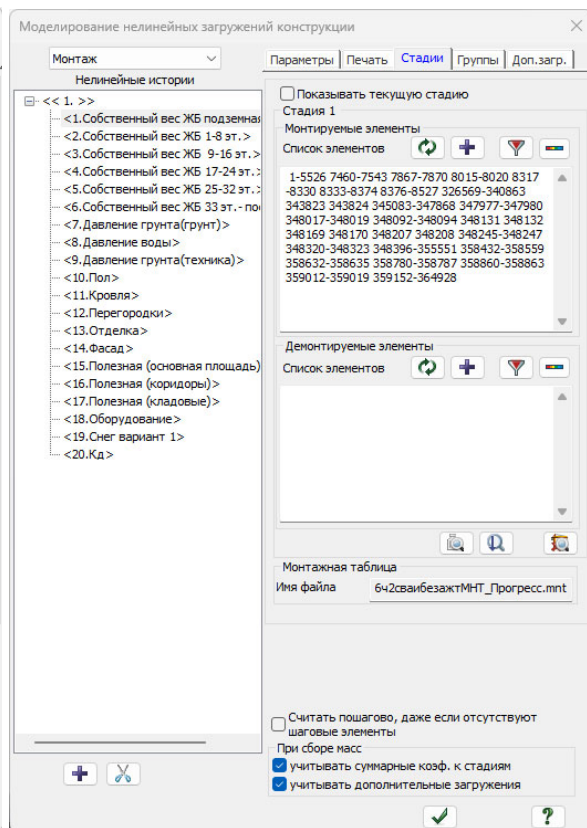
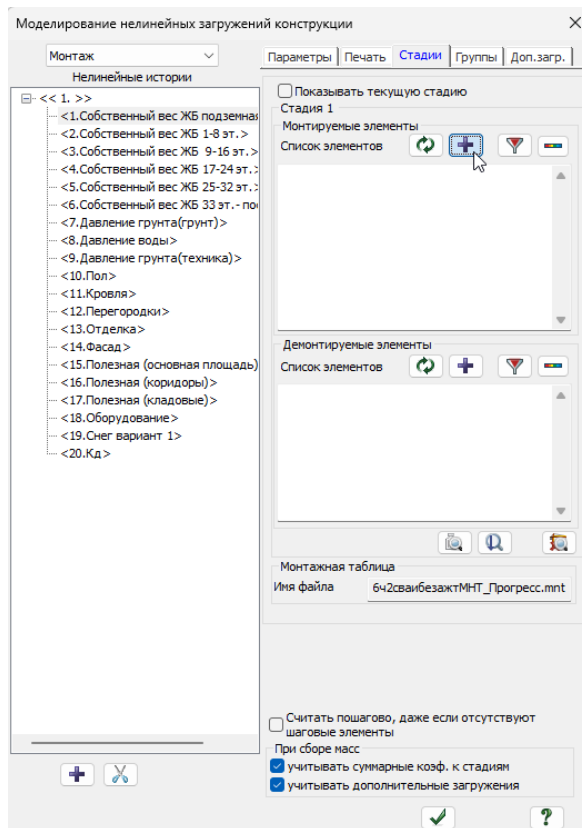
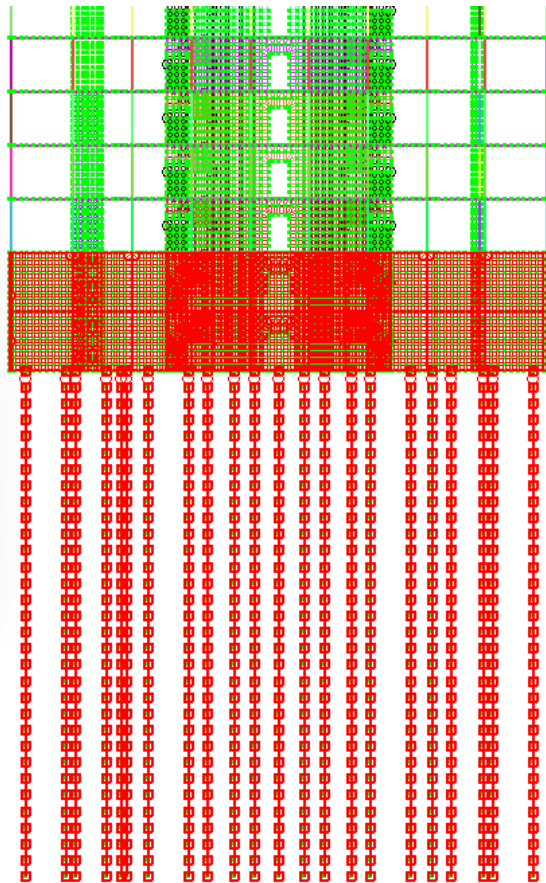
3) В монтаже добавляем все загрузки, которые используем в расчете ;

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

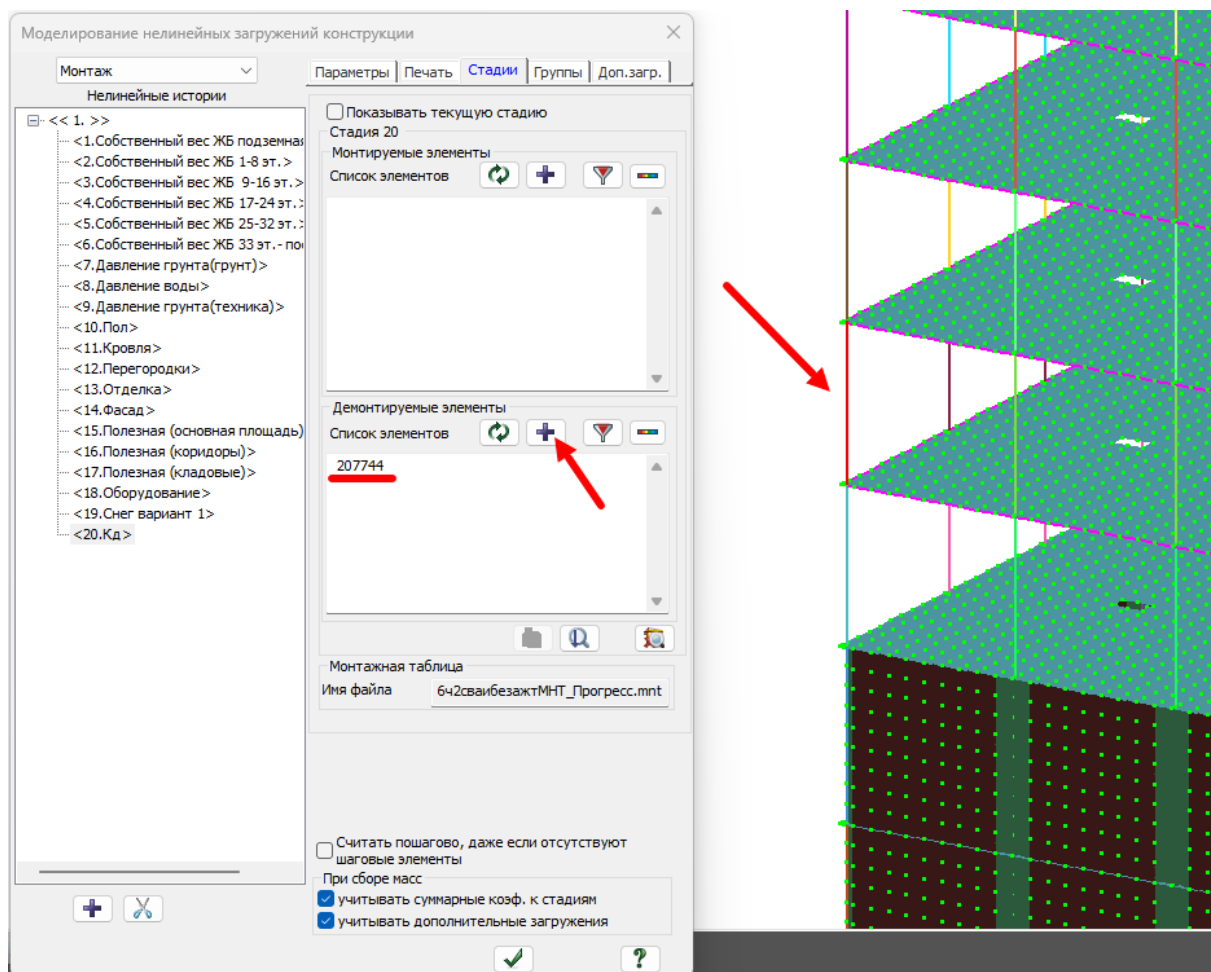
5) Во вкладке «Стадии» в «Монтируемых элементах» нажимаем «все отмеченные» или . Должен появиться список. Тем самым мы сделали элементы смонтированными на данной стадии.

6) Прodelываем операцию по п. 4)–5) для других загрузений с собственным весом.



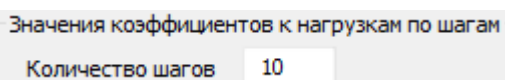


В загрузке «Кд» (финальная стадия), добавляем элемент, который будем разрушать.



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

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



«Суммарный коэффициент» получают путем перемножения следующих коэффициентов:

1) Коэффициент надежности по ответственности γ_n

Для случая с разрушением вертикальной конструкции $\gamma_n = 1$

Для случая расчета при карсте $\gamma_n = 1,1$

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

Для расчета прогрессирующего обрушения используются нормативные длительные нагрузки. Чтобы их получить используют коэффициент, вычисленный по формуле: d_d/γ_f

d_d – доля длительности.

Для более детального анализа рекомендовано выбрать:

Печать

Перемещения и усилия после каждого шага

Вывод промежуточных результатов

Выводить все

Моделирование нелинейных нагружений конструкции

Монтаж

Параметры

Печать

Стадии

Группы

Доп.загр.

Нелинейные истории

<< 1. >>

<1.Собственный вес ЖБ подземная>

<2.Собственный вес ЖБ 1-8 эт.>

<3.Собственный вес ЖБ 9-16 эт.>

<4.Собственный вес ЖБ 17-24 эт.>

<5.Собственный вес ЖБ 25-32 эт.>

<6.Собственный вес ЖБ 33 эт. - по>

<7.Давление грунта(грунт)>

<8.Давление воды>

<9.Давление грунта(техника)>

<10.Пол>

<11.Кровля>

<12.Перегородки>

<13.Отделка>

<14.Фасад>

<15.Полезная (основная площадь)>

<16.Полезная (коридоры)>

<17.Полезная (кладовые)>

<18.Оборудование>

<19.Снег вариант 1>

<20.Кд>

Загружение

№ 1

☐ Обнулить перемещения

Метод расчета (1) Простой шаговый

Для итерационных элементов

Минимальное

300

Точность

1

%

Итерационный метод

Автоматический выбор

Значения коэффициентов к нагрузкам по шагам

Количество шагов

10

☐ Чтение из файла

☐ Ввод и редактирование

0.0909 0.0909 0.0909 0.0909 0.0909 0.0909 0.0909 0.0909

0.0909 0.0909 0.0909

☒ Равномерные шаги

Точность

0.0001

Начальный шаг

1e-009

Суммарный коэффициент

0.909

Печать

Перемещения и усилия после каждого шага

Вывод промежуточных результатов

Выводить все

☐ Считать пошагово, даже если отсутствуют шаговые элементы

При сборе масс

☒ учитывать суммарные коэф. к стадиям

☒ учитывать дополнительные загрузки

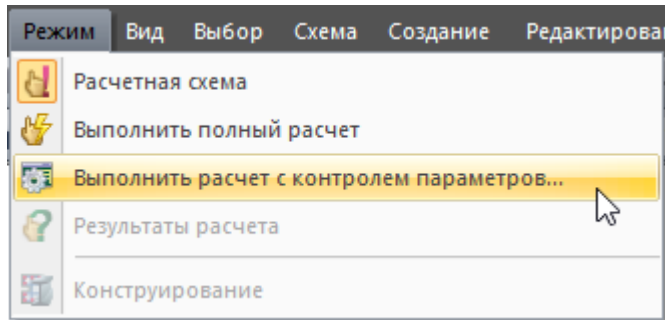
✓

?

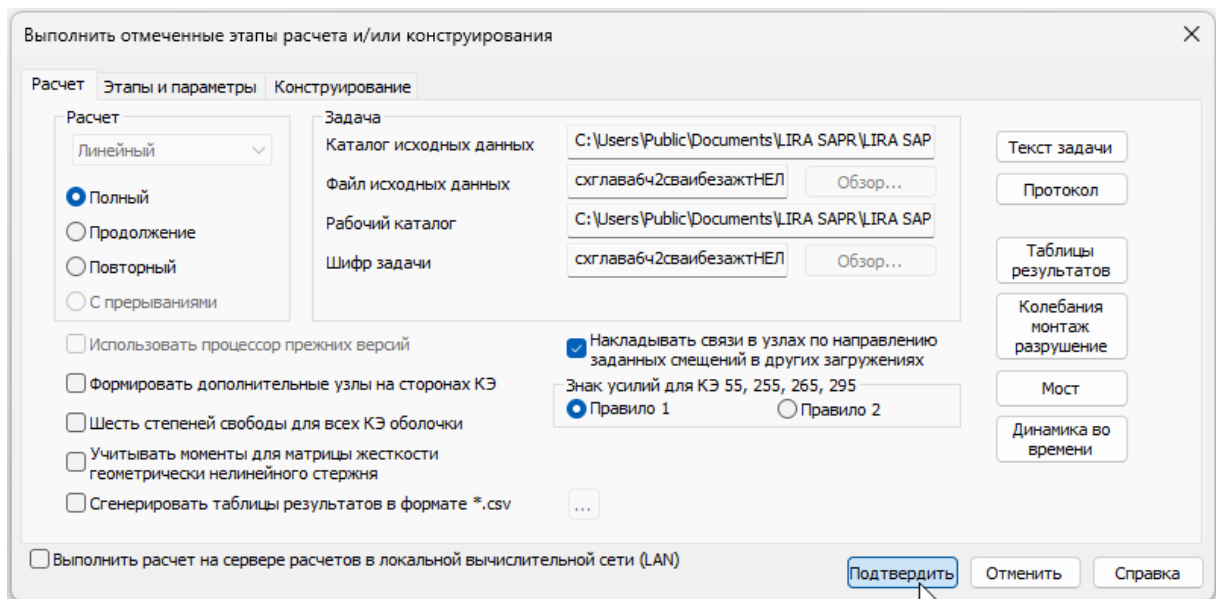
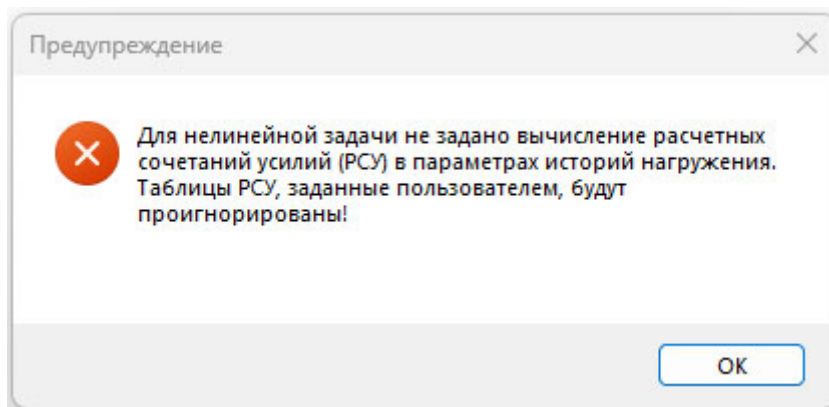
СПРАВОЧНИК КОНСТРУКТОРА

71

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



Уведомление игнорируем.



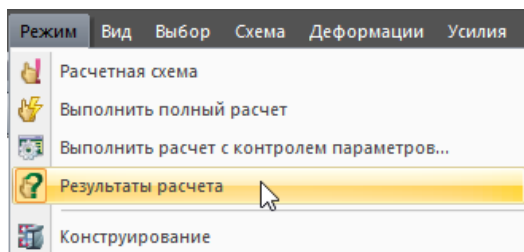
10.2. Результаты расчета

10.2.1. Случай без разрушенных элементов

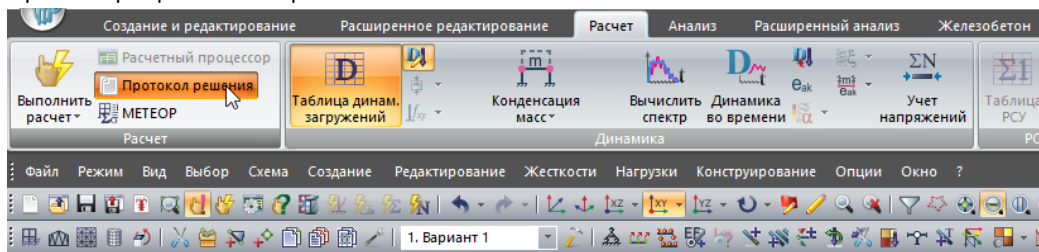
После выполнения расчета проверяются следующие :

- 1) отсутствие разрушенных элементов в протоколе решения.
- 2) отсутствие разрушения на изополях.

Переходим в результаты расчета:



Просмотр протокола решения:



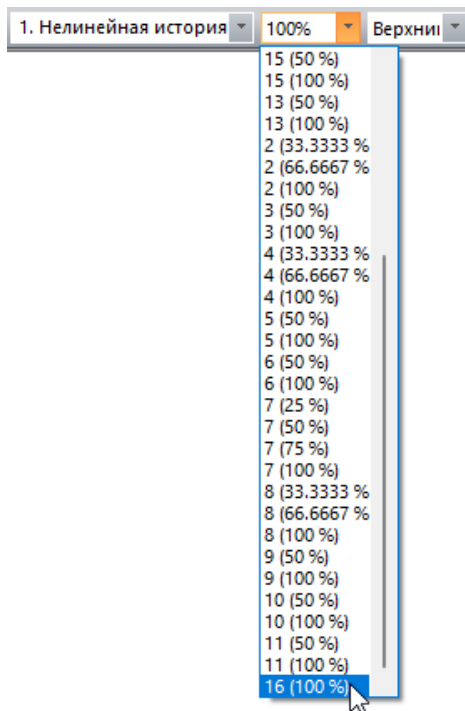
Фрагмент расчета (финальная стадия нагружения):

```

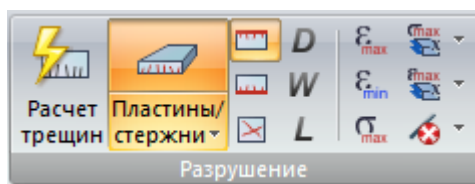
Величина выполненного шага = 0.55; Величина всех выполненных шагов = 0.55|
НЕЛИНЕЙНАЯ ИСТОРИЯ 1. загрузка 11. шаг 2
12:11 Пересчет жесткостных характеристик элементов
12:12 формирование матрицы жесткости
12:12 формирование векторов нагрузок
12:12 Разложение матрицы жесткости
12:15 Вычисление неизвестных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

Просматриваем результаты вычисления изополей.

Выбираем стадию расчета (как правило, интересует последняя).



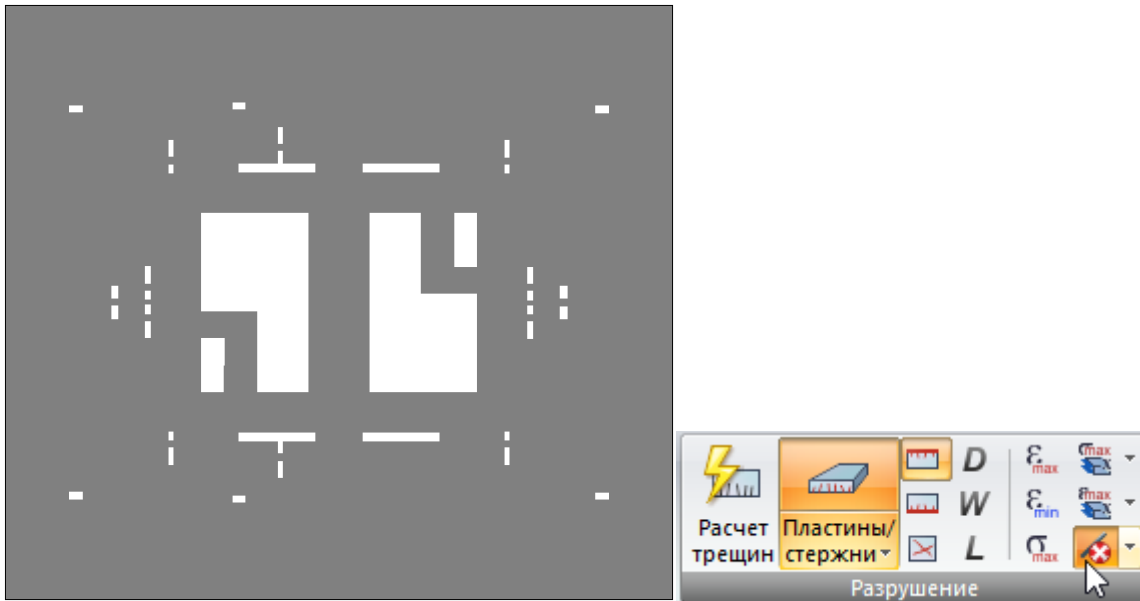
Диалоговое окно для расчета.



Для выполнения расчета необходимо необходимо запустить расчет трещин

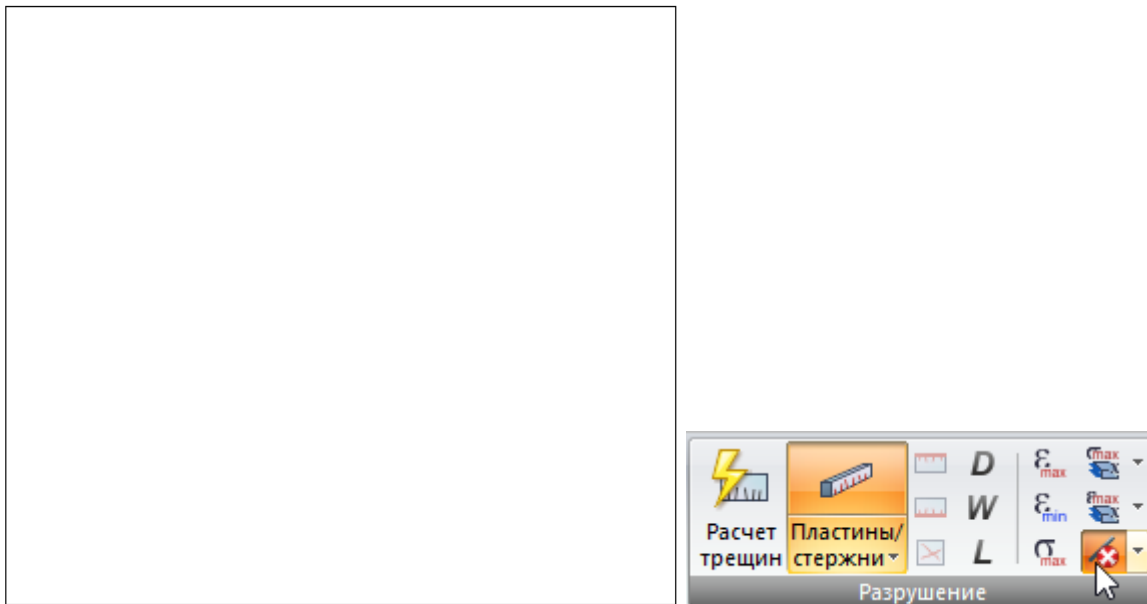


Сама проверка ширины раскрытия трещин не осуществляется. Проверяется только наличие разрывов в пластинах.



Разрушенные элементы отсутствуют (изображение полностью серое)

Проверяем наличие разрушения у стержней.



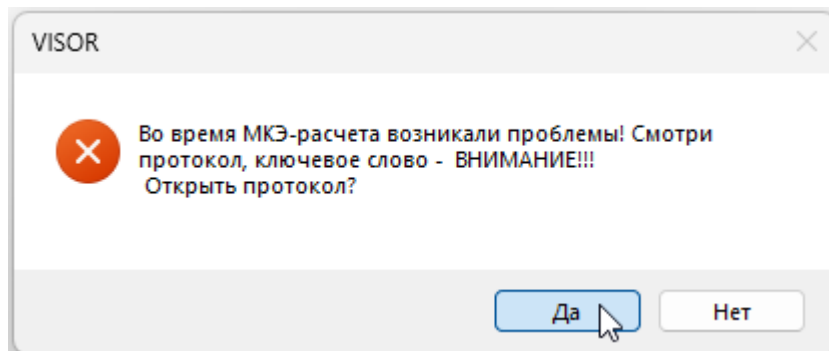
Разрушенные элементы балок отсутствуют (изображение полностью серое)

По итогу расчета делаются выводы на основании анализа следующих параметров:

Параметр	Предельно допустимое значение	Расчетное значение	Вывод
Разрушенные элементы при полной нагрузке	Не допустимо	Разрушенные элементы в протоколе расчета отсутствуют	Прочность обеспечена

10.2.2. Случай с разрушенными элементами

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

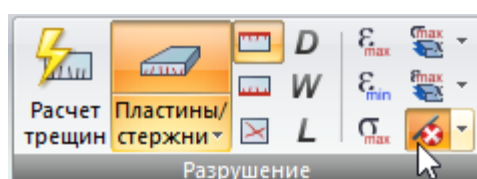


В протоколе будут такие сообщения:

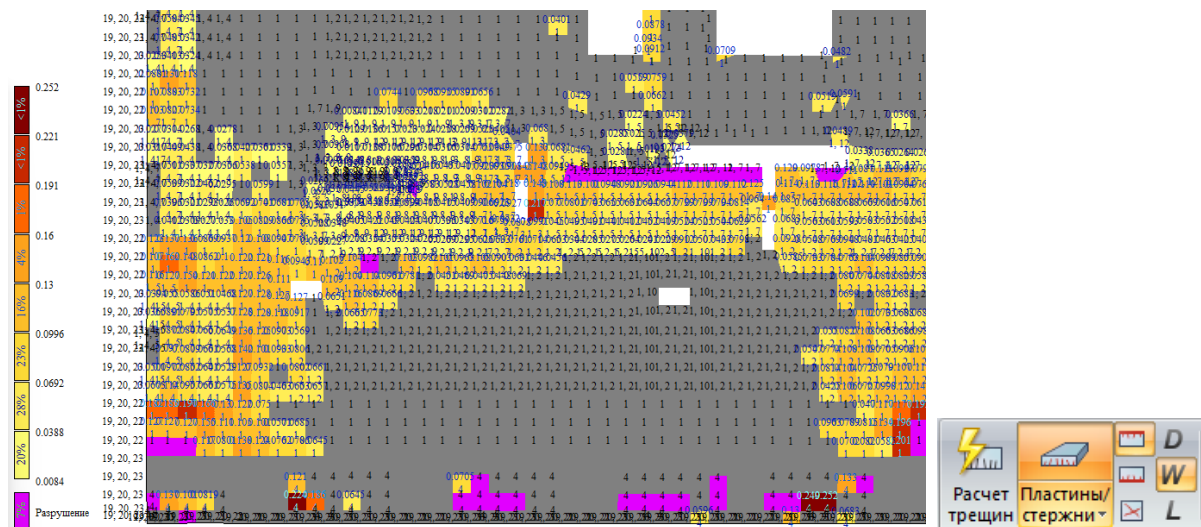
```

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

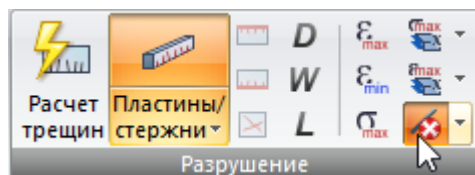
При этом при попытке просмотреть изополя разрушения в **пластинах** в большинстве случаев разрушение НЕ будет показываться. Это связано с тем, что программа показывает элементы разрушенные одновременно в двух направлениях, и с разрушением. Данный вид разрушения не реализуется на практике на большинстве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



Разрушение по одному направлению можно будет увидеть на изополях с трещинами:



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



Частые вопросы:

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

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

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

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

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

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



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

11. Некоторые особенности расчета вертикальных конструкций

При удалении стен/пилонов, реже колонн может возникать ситуация, когда при разрушении(удалении) части стен на следующем этаже может возникать всплеск армирования в стенах, которые находятся над удаляемой конструкцией. Возникает вопрос: что делать? Армировать по дефициту армирования? Тогда расход армирования на стены получится в 3...4 раза больше, чем при расчете в нормальной эксплуатации!

Причина данного эффекта заключается в том, что верхняя стена в данном случае начинает больше изгибаться перекрытием и в ней уходит сжатие и возникает растяжение. Т.е. стена начинает работать уже не как сжато-изгибаемый элемент, а как изгибаемый.

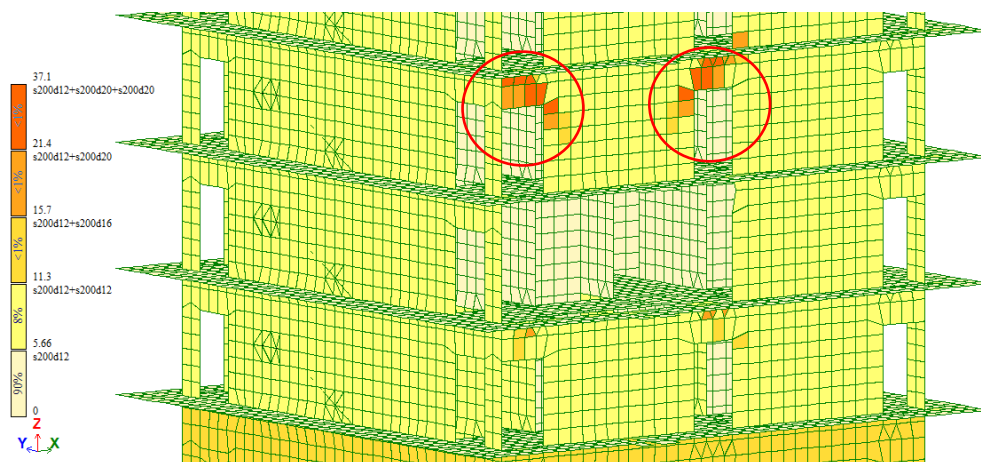


Рисунок. Зоны нежелательного армирования

Одним путем выхода из данной ситуации является метод «дополнительного исключения элементов». Т.е. те элементы, которые получают перегруженными допустимо удалить и посмотреть – будет ли дальнейшее разрушение. Ниже приведен рисунок на котором удалены все стены по всем этажам и при этом дальнейшее разрушение на происходит. Т.е. данным расчетом было показано, что в предположении ограниченного разрушения не будет происходить обрушения всего здания и требования СП будут обеспечены.

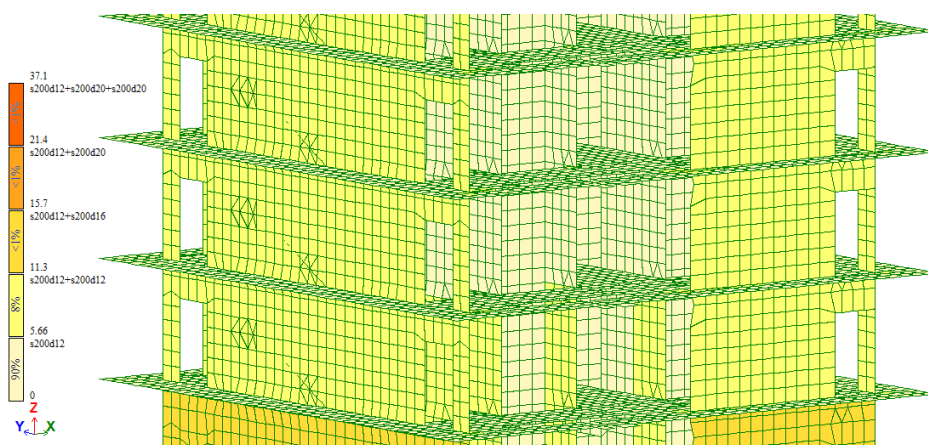


Рисунок. Удаление всех нежелательных элементов

В случае, если $K_d = 2$, и удаление вертикальных элементов происходит на нескольких этажах (как в примере выше), то дополнительное усилие от динамического эффекта уже придется прикладывать на каждом этаже. При этом значение данного усилия, вычисленное по самой нижней удаляемой конструкции, уже необходимо будет разделить на число этажей, где были удалены конструкции.

12. Методика упрощенного анализа

Ниже приведена оценка, используемая автором и некоторыми другими инженерами для ускоренного расчета конструкций. Для ускоренной оценки и подбора армирования на первой итерации подход вполне может быть приемлем. Данная оценка никак не нормирована и создана исключительно исходя из опыта самого автора.

Суть методики заключается в том, чтобы не проводя сложных расчетов, сразу получать армирование здания при расчете только при нормальной эксплуатации. Т.е. вместо десятков дополнительных схем, будет использоваться одна, которая создана для расчета на нормальную эксплуатацию.

При этом необходимо отметить, что при использовании данной методики необходимо осреднять коэффициент использования на 2-3 КЭ плит и стен, ввиду пластических свойств.

Требуемый коэффициент запаса и коэффициент использования просматривается **только на прочность**.

Требуемый коэффициент запаса несущей способности при расчете здания только в стадии нормальной эксплуатации:

$$K_{\text{зап}} = \frac{N_{ef} K_d}{\gamma_f \gamma_n P_{pl} \gamma_s \gamma_b \gamma_{bt} \varphi_b \varphi_s \beta_b \beta_s}$$

Требуемый коэффициент использования несущей способности:

$$K_{\text{исп}} = \frac{1}{K_{\text{зап}}}$$

Самое важное, что необходимо отметить, то что **только один** коэффициент из следующих групп может приниматься равным больше чем единица:

1 группа $\gamma_s \gamma_b \gamma_{bt}$

2 группа $\varphi_b \varphi_s$

3 группа $\beta_b \beta_s$

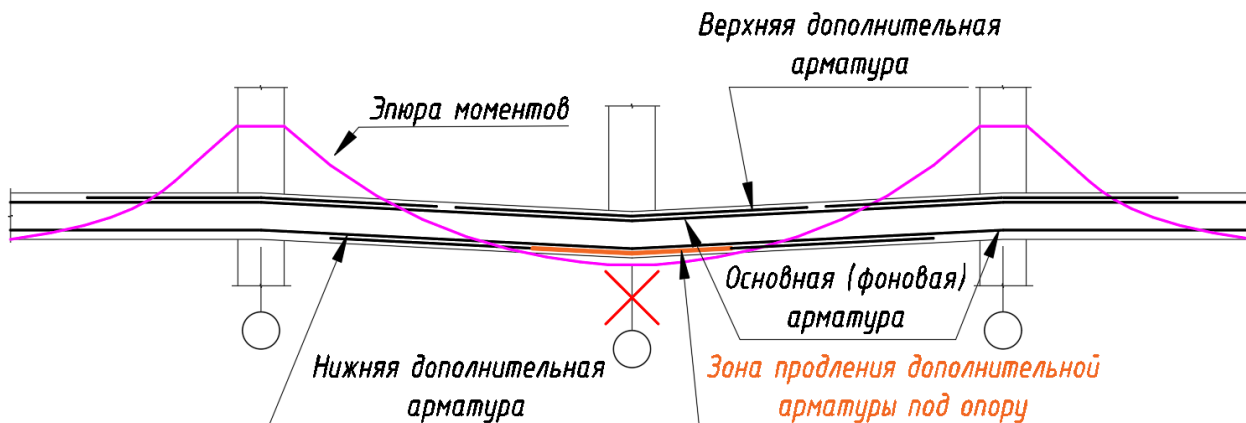
Конструктивные требования при использовании упрощенного подхода

1. Верхнее армирование конструктивно удлиняется:

- на дополнительную единичную длину анкеровки при $K_d = 1$
- на двойную длину анкеровки при $K_d = 2$.

Данное требование обусловлено, тем, что пролет при прогрессирующем обрушении увеличивается и длина зоны немного увеличивается.

2. Нижнее дополнительное армирование в плитах перекрытия/покрытия при наличии промежуточных колонн/пилонов/стен продляется и проходит сквозь них.

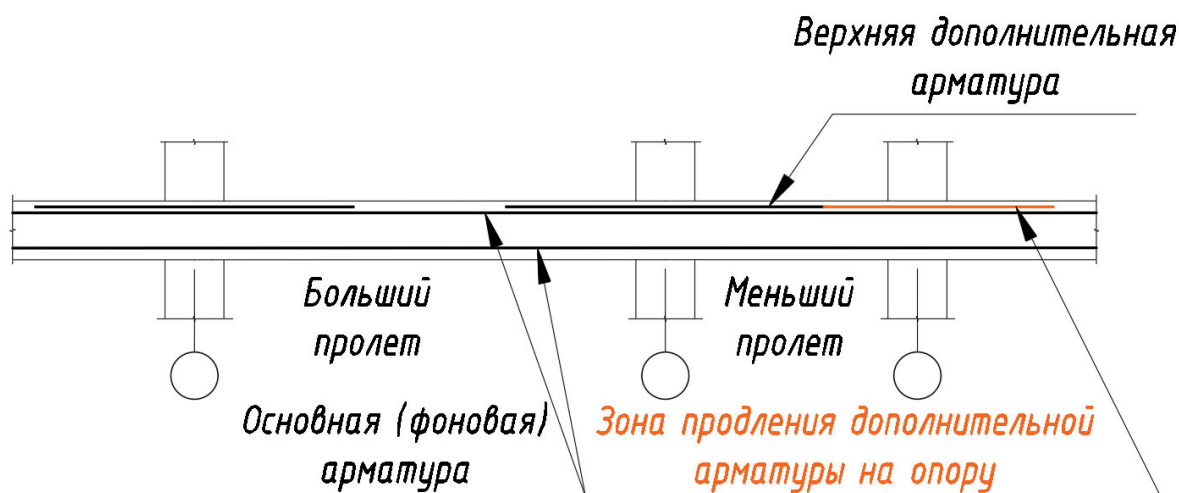


Верхнее дополнительное армирование в фундаментных плитах при наличии промежуточных колонн/пилонов/стен продляется и проходит сквозь них (зеркальная аналогия плит перекрытия/покрытия).

Примеры по зданию справочника есть далее.

3. Зоны верхнего армирования продлеваются из зон «больших» в зону «малых» пролетов.

Примеры по зданию справочника есть далее.



4. Если $K_d = 2$, то вертикальные конструкции дополнительно просчитываются на растяжение силой равной усилию N в вертикальной конструкции, действовавшей до момента ее удаления.

Армирование в вертикальном элементе должно быть минимум (формула оценочная):

$$A_s = \frac{N}{R_s}$$

N – усилие от нормативных длительных нагрузок

R_s – расчетное сопротивление арматуры по СП 63 без повышающих коэффициентов, если будут использоваться повышающие коэффициенты, то нужно учесть вклад моментов

Также данное армирование, например, можно быстро получить, если просчитать схему по РСН задавая коэффициенты к загружениям со знаком «минус».

Расчетные сочетания нагрузок

Номер таблицы РСН: Имя таблицы РСН:

СП 20.13330.2011/2016

Коэф. надежности по ответственности:

для I-го ПС: для II-го ПС: для аварийных сочетаний:

В расчетной схеме заданы:

☒ расчетные нагрузки ☐ нормативные нагрузки

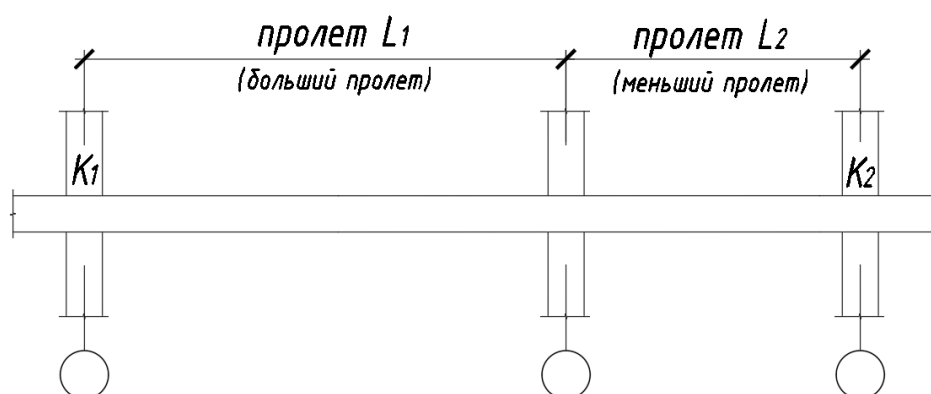
☐ Не учитывать сейсмику для II-го ПС ☐ Не учитывать особое загруж. для II-го ПС

☐ Динамика по модулю ☐ Определяющие РСН

N загруз.	Наименование	Вид	Знакоперен.	Взаимоискл.	Коэф. надежн.	Доля длительн.	1.РСН1	2.РСН2	3.РСН3	4.РСН4
1	Собственный вес железобет.	Постоянное (P)	+		1.1	1.0	0.909	0.909	-0.909	-0.909
2	Пол	Постоянное (P)	+		1.3	1.0	0.77	0.77	-0.77	-0.77
3	Кровля	Постоянное (P)	+		1.28	1.0	0.781	0.781	-0.781	-0.781
4	Перегородки	Постоянное (P)	+		1.25	1.0	0.8	0.8	-0.8	-0.8
5	Отделка	Постоянное (P)	+		1.3	1.0	0.77	0.77	-0.77	-0.77
6	Фасад	Постоянное (P)	+		1.2	1.0	0.833	0.833	-0.833	-0.833
7	Полезная (основная площадь)	Кратк. доминир. I (Pt1)	+		1.3	0.35	0.27	0.27	-0.27	-0.27
8	Полезная (коридоры)	Кратк. доминир. I (Pt1)	+		1.2	0.35	0.292	0.292	-0.292	-0.292
9	Полезная (кровля)	Кратк. доминир. I (Pt1)	+		1.3	0.35	0.27	0.	-0.27	0.
10	Полезная (кладовые)	Кратк. доминир. I (Pt1)	+		1.2	1.0	0.833	0.833	-0.833	-0.833
11	Оборудование	Длит. доминир. I (Pl1)	+		1.2	1.0	0.833	0.833	-0.833	-0.833
12	Давление грунта(грунт)	Постоянное (P)	+		1.15	1.0	0.87	0.87	-0.87	-0.87
13	Давление грунта(техника)	Кратк. доминир. I (Pt1)	+		1.2	0.35	0.833	0.833	-0.833	-0.833
14	Давление грунта(пожарная)	Особое (Ps)	+		1.2002	0.0	0.	0.	0.	0.
15	Давление воды	Постоянное (P)	+		1.0	1.0	1.	1.	-1.	-1.
16	Снег вариант 1	Кратк. доминир. I (Pt1)	+		1.4	0.5	0.	0.357	0.	-0.357
17	Снег вариант 2	Кратк. доминир. I (Pt1)	+		1.4	0.5	0.	0.	0.	0.

Справочная таблица 12. Нагрузочный эффект N_{ef} (есть упрощенное расчетное обоснование)

№ п/п	Назначение	Значение N_{ef}
	Плиты	
1	для нормальных сечений	$N_{ef,M}$
2	для наклонных сечений/продавливания	$N_{ef,P}$
	Колонны кроме двух последних этажей	
3	для нормальных сечений	$N_{ef,P}$
4	для наклонных сечений/продавливания	$N_{ef,P}$
	Колонны двух последних этажей	
5	для нормальных сечений	$N_{ef,P}$
6	для наклонных сечений	$N_{ef,P}$
	Стены	
7	для нормальных сечений	$N_{ef,P}$
8	для наклонных сечений	$N_{ef,P}$
	Контурные балки	
9	для нормальных сечений	$N_{ef,M}$
10	для наклонных сечений	$N_{ef,P}$



Обоснование нагрузочного коэффициента $N_{ef,M}$ для нормальных сечений конструкций.

Момент увеличивается в зависимости от соотношения квадратов пролетов до удаления элемента и после.

Обоснование нагрузочного коэффициента $N_{ef,P}$

Поперечная сила увеличивается в зависимости от соотношения пролетов до удаления элемента и после.

Формулы представлены в таблице ниже.

Справочная таблица 13. Нагрузочные эффекты.

Рассматриваемый пролет	Нагрузочный эффект от момента $N_{ef,M}$		Нагрузочный эффект от силы $N_{ef,P}$	
	Большой пролет $N_{ef,P} = \frac{L_1}{2} \frac{q(L_1 + L_2)}{qL_1}$	Малый пролет $N_{ef,P} = \frac{L_2}{2} \frac{q(L_1 + L_2)}{qL_2}$	Большой пролет $N_{ef,M} = \frac{L_1}{8} \frac{q(L_1 + L_2)^2}{qL_1^2}$	Малый пролет $N_{ef,M} = \frac{L_2}{8} \frac{q(L_1 + L_2)^2}{qL_2^2}$
$L_1 = 1L_2$	4,00	4,00	2,00	2
$L_1 = 1,05L_2$	3,81	4,20	1,95	2,05
$L_1 = 1,1L_2$	3,64	4,41	1,91	2,1
$L_1 = 1,15L_2$	3,50	4,62	1,87	2,15
$L_1 = 1,2L_2$	3,36	4,84	1,83	2,2
$L_1 = 1,25L_2$	3,24	5,06	1,80	2,25
$L_1 = 1,3L_2$	3,13	5,29	1,77	2,3
$L_1 = 1,35L_2$	3,03	5,52	1,74	2,35
$L_1 = 1,4L_2$	2,94	5,76	1,71	2,4
$L_1 = 1,45L_2$	2,85	6,00	1,69	2,45
$L_1 = 1,5L_2$	2,78	6,25	1,67	2,5
$L_1 = 1,55L_2$	2,71	6,50	1,65	2,55
$L_1 = 1,6L_2$	2,64	6,76	1,63	2,6
$L_1 = 1,65L_2$	2,58	7,02	1,61	2,65
$L_1 = 1,7L_2$	2,52	7,29	1,59	2,7
$L_1 = 1,75L_2$	2,47	7,56	1,57	2,75
$L_1 = 1,8L_2$	2,42	7,84	1,56	2,8
$L_1 = 1,85L_2$	2,37	8,12	1,54	2,85
$L_1 = 1,9L_2$	2,33	8,41	1,53	2,9
$L_1 = 1,95L_2$	2,29	8,70	1,51	2,95
$L_1 = 2L_2$	2,25	9,00	1,50	3
$L_1 = 2,05L_2$	2,21	9,30	1,49	3,05
$L_1 = 2,1L_2$	2,18	9,61	1,48	3,1
$L_1 = 2,15L_2$	2,15	9,92	1,47	3,15
$L_1 = 2,2L_2$	2,12	10,24	1,45	3,2
$L_1 = 2,25L_2$	2,09	10,56	1,44	3,25
$L_1 = 2,3L_2$	2,06	10,89	1,43	3,3
$L_1 = 2,35L_2$	2,03	11,22	1,43	3,35
$L_1 = 2,4L_2$	2,01	11,56	1,42	3,4
$L_1 = 2,45L_2$	1,98	11,90	1,41	3,45
$L_1 = 2,5L_2$	1,96	12,25	1,40	3,5
$L_1 = 2,55L_2$	1,94	12,60	1,39	3,55
$L_1 = 2,6L_2$	1,92	12,96	1,38	3,6
$L_1 = 2,65L_2$	1,90	13,32	1,38	3,65
$L_1 = 2,7L_2$	1,88	13,69	1,37	3,7
$L_1 = 2,75L_2$	1,86	14,06	1,36	3,75
$L_1 = 2,8L_2$	1,84	14,44	1,36	3,8
$L_1 = 2,85L_2$	1,82	14,82	1,35	3,85
$L_1 = 2,9L_2$	1,81	15,21	1,34	3,9
$L_1 = 2,95L_2$	1,79	15,60	1,34	3,95
$L_1 = 3L_2$	1,78	16,00	1,33	4
$L_1 = 3,05L_2$	1,76	16,40	1,33	4,05
$L_1 = 3,1L_2$	1,75	16,81	1,32	4,1
$L_1 = 3,15L_2$	1,74	17,22	1,32	4,15
$L_1 = 3,2L_2$	1,72	17,64	1,31	4,2
$L_1 = 3,25L_2$	1,71	18,06	1,31	4,25
$L_1 = 3,3L_2$	1,70	18,49	1,30	4,3
$L_1 = 3,35L_2$	1,69	18,92	1,30	4,35
$L_1 = 3,4L_2$	1,67	19,36	1,29	4,4
$L_1 = 3,45L_2$	1,66	19,80	1,29	4,45
$L_1 = 3,5L_2$	1,65	20,25	1,29	4,5

Справочная таблица 14. Коэффициент динамичности K_d

№ п/п	Назначение	Значение
1	При плавном разрушении элемента Примечание автора: на 2026 год для жилых и общественных зданий используется данное значение).	1
2	При мгновенном разрушении элемента и отсутствии пластики. Примечание автора: на момент разработки справочника данный коэффициент был из СП 385 исключен.	2

Справочная таблица 15. Нагрузочные коэффициенты γ_f и γ_n

№ п/п	Коэффициент	Значение
1	Средневзвешенный коэффициент надежности по нагрузке γ_f	1,15 (в запас при отсутствии вычислений) Примечание: в вычислениях можно также учесть снижение нагрузки за счет того, что в прогрессирующем обрушении используются только длительные нагрузки
2	Коэффициент надежности по ответственности γ_n	1,0 для КС-2 по ГОСТ 27751 1,1 для КС-3 по ГОСТ 27751

Справочная таблица 16. Коэффициенты надежности по арматуре γ_s и по бетону на растяжение γ_{bt}

№ п/п	Коэффициент	Значение
1	Коэффициенты надежности по арматуре γ_s	1,15 (п.6.2.8 СП 63)
2	Коэффициент надежности по бетону на сжатие γ_b	1,3 (п.6.1.11 СП 63)
3	Коэффициент надежности по бетону на растяжение γ_{bt}	1,5 (п.6.1.11 СП 63)

Справочная таблица 17. Коэффициент пластичности P_{pl}

№ п/п	Назначение	Значение
	Плиты	
1	для нормальных сечений	1,2 (многократные расчеты)
2	для наклонных сечений/продавливания	1
	Колонны кроме двух последних этажей	
3	для нормальных сечений	1,1 (многократные расчеты)
4	для наклонных сечений	1,1 (многократные расчеты)
	Колонны двух последних этажей	
5	для нормальных сечений	1,1 (многократные расчеты)
6	для наклонных сечений	1,1 (многократные расчеты)
	Стены	
7	для нормальных сечений	1,1 (многократные расчеты)
8	для наклонных сечений	1,1 (многократные расчеты)
	Контурные балки	
9	для нормальных сечений	1 (в запас не учитывается)
10	для наклонных сечений	1 (учет невозможен)

Справочная таблица 18. Коэффициент учитывающий нарастание прочности бетона во времени β_b и учитывающий работу арматуры за пределом текучести β_s (коэффициенты по СП 385)

№ п/п	Назначение	β_b	β_s
	Плиты		
1	для нормальных сечений	1	1,15
2	для наклонных сечений/продавливания	1,15	1
	Колонны/пилоны кроме двух последних этажей		
3	для нормальных сечений	1,15	1
4	для наклонных сечений	1,15	1
	Колонны/пилоны двух последних этажей		
5	для нормальных сечений	1	1,15
6	для наклонных сечений	1	1,15
	Стены		
7	для нормальных сечений	1	1,15
8	для наклонных сечений	1,15	1
	Контурные балки		
9	для нормальных сечений	1	1,15
10	для наклонных сечений	1,15	1

Справочная таблица 19. Коэффициент динамической прочности бетона φ_b и арматуры φ_s (коэффициенты по СП 385)

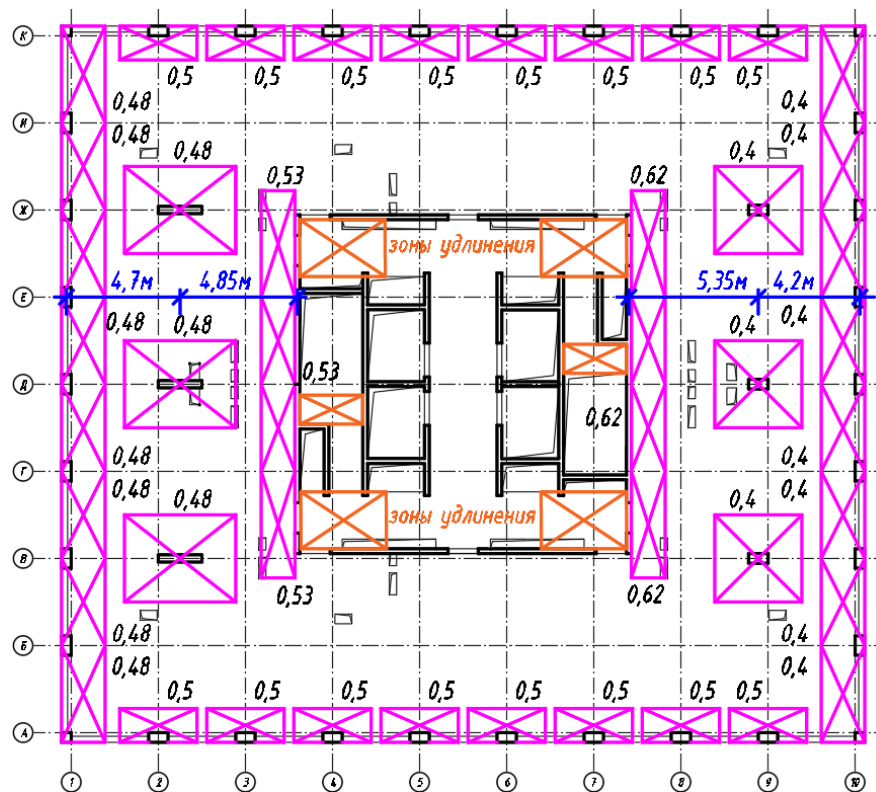
№ п/п	Назначение	$K_d = 1$		$K_d > 1$	
		φ_b	φ_s	φ_b	φ_s
	Плиты				
1	для нормальных сечений	1	1	1	1,15
2	для наклонных сечений/продавливания	1	1	1,15	1
	Колонны/пилоны кроме двух последних этажей				
3	для нормальных сечений	1	1	1,15	1
4	для наклонных сечений	1	1	1,15	1
	Колонны/пилоны кроме двух последних этажей				
5	для нормальных сечений	1	1	1	1,15
6	для наклонных сечений	1	1	1	1,15
	Стены				
7	для нормальных сечений	1	1	1	1,15
8	для наклонных сечений	1	1	1,15	1
	Контурные балки				
9	для нормальных сечений	1	1	1	1,15
10	для наклонных сечений	1	1	1,15	1

Справочная таблица 20. Плиты. Сводные расчетные коэффициенты.

	Коэффициенты	Продавливание и поперечная сила плиты от наибольшего нагрузочного эффекта	Верхнее и нижнее армирование от наибольшего нагрузочного эффекта
1.	Средневзвешенный коэффициент надежности по нагрузке γ_f	1,15	1,15
2.	Коэффициент надежности по ответственности γ_n	1,1	1,1
3.	P_{pl} Перераспределение усилий на другие элементы	1	1,2
4.	Коэффициент надежности по арматуре γ_s	1,15	1,15
5.	Коэффициент надежности по бетону на сжатие γ_b	1	1
6.	Коэффициент надежности по бетону γ_{bt}	1	1
7.	Коэффициент учитывающий нарастание прочности бетона во времени β_b	1,15	1
8.	Коэффициент учитывающий работу арматуры за пределом текучести β_s	1	1,15
	Вариант №1. $K_d = 1$		
9.	Коэффициент динамической прочности бетона φ_b	1	1
10.	Коэффициент динамической прочности арматуры φ_s	1	1
	Вариант №2. $K_d = 2$		
9.	Коэффициент динамической прочности бетона φ_b	1,15	1
10.	Коэффициент динамической прочности арматуры φ_s	1	1,15

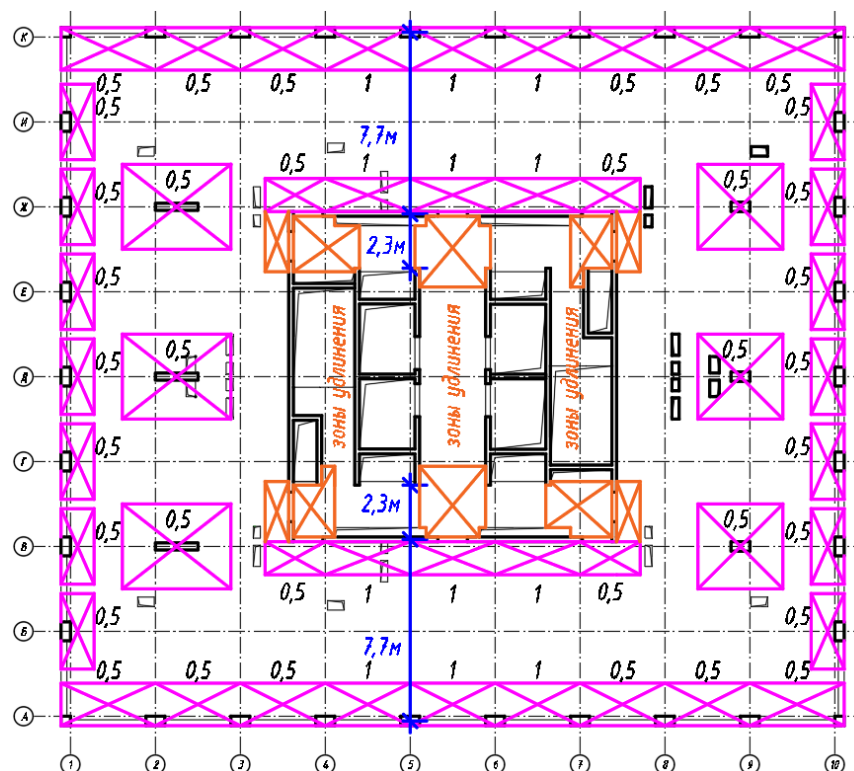
Справочная таблица 21. Плита. $K_{исп}$ (желтым выделены значения для примера Справочника)

Рассматриваемый пролет	Плиты. Продавливание и поперечная сила плиты от наибольшего нагрузочного эффекта				Плиты. Верхнее и нижнее армирование от наибольшего нагрузочного эффекта			
	Большой пролет	Большой пролет	Малый пролет	Малый пролет	Большой пролет	Большой пролет	Малый пролет	Малый пролет
K_d	1	2	1	2	1	2	1	2
$L_1 = 1L_2$	0,84	0,48	0,84	0,48	0,50	0,29	0,50	0,29
$L_1 = 1,05L_2$	0,86	0,49	0,82	0,47	0,53	0,30	0,48	0,27
$L_1 = 1,1L_2$	0,88	0,50	0,80	0,46	0,55	0,32	0,46	0,26
$L_1 = 1,15L_2$	0,89	0,51	0,78	0,45	0,57	0,33	0,43	0,25
$L_1 = 1,2L_2$	0,91	0,52	0,76	0,44	0,60	0,34	0,41	0,24
$L_1 = 1,25L_2$	0,93	0,53	0,74	0,43	0,62	0,36	0,40	0,23
$L_1 = 1,3L_2$	0,95	0,54	0,73	0,42	0,64	0,37	0,38	0,22
$L_1 = 1,35L_2$	0,96	0,55	0,71	0,41	0,66	0,38	0,36	0,21
$L_1 = 1,4L_2$	0,98	0,56	0,70	0,40	0,68	0,39	0,35	0,20
$L_1 = 1,45L_2$	0,99	0,57	0,68	0,39	0,70	0,40	0,33	0,19
$L_1 = 1,5L_2$	1	0,58	0,67	0,38	0,72	0,42	0,32	0,18
$L_1 = 1,55L_2$	1	0,58	0,66	0,38	0,74	0,43	0,31	0,18
$L_1 = 1,6L_2$	1	0,59	0,64	0,37	0,76	0,44	0,30	0,17
$L_1 = 1,65L_2$	1	0,60	0,63	0,36	0,78	0,45	0,29	0,16
$L_1 = 1,7L_2$	1	0,61	0,62	0,36	0,80	0,46	0,28	0,16
$L_1 = 1,75L_2$	1	0,61	0,61	0,35	0,81	0,47	0,27	0,15
$L_1 = 1,8L_2$	1	0,62	0,60	0,34	0,83	0,48	0,26	0,15
$L_1 = 1,85L_2$	1	0,62	0,59	0,34	0,85	0,49	0,25	0,14
$L_1 = 1,9L_2$	1	0,63	0,58	0,33	0,86	0,50	0,24	0,14
$L_1 = 1,95L_2$	1	0,64	0,57	0,33	0,88	0,50	0,23	0,13
$L_1 = 2L_2$	1	0,64	0,56	0,32	0,89	0,51	0,22	0,13
$L_1 = 2,05L_2$	1	0,65	0,55	0,32	0,91	0,52	0,22	0,12
$L_1 = 2,1L_2$	1	0,65	0,54	0,31	0,92	0,53	0,21	0,12
$L_1 = 2,15L_2$	1	0,66	0,53	0,31	0,94	0,54	0,20	0,12
$L_1 = 2,2L_2$	1	0,66	0,52	0,30	0,95	0,55	0,20	0,11
$L_1 = 2,25L_2$	1	0,67	0,51	0,30	1	0,55	0,19	0,11
$L_1 = 2,3L_2$	1	0,67	0,51	0,29	1	0,56	0,18	0,11
$L_1 = 2,35L_2$	1	0,67	0,50	0,29	1	0,57	0,18	0,10
$L_1 = 2,4L_2$	1	0,68	0,49	0,28	1	0,58	0,17	0,10
$L_1 = 2,45L_2$	1	0,68	0,48	0,28	1	0,58	0,17	0,10
$L_1 = 2,5L_2$	1	0,69	0,48	0,27	1	0,59	0,16	0,09
$L_1 = 2,55L_2$	1	0,69	0,47	0,27	1	0,60	0,16	0,09
$L_1 = 2,6L_2$	1	0,69	0,46	0,27	1	0,60	0,15	0,09
$L_1 = 2,65L_2$	1	0,70	0,46	0,26	1	0,61	0,15	0,09
$L_1 = 2,7L_2$	1	0,70	0,45	0,26	1	0,61	0,15	0,08
$L_1 = 2,75L_2$	1	0,71	0,45	0,26	1	0,62	0,14	0,08
$L_1 = 2,8L_2$	1	0,71	0,44	0,25	1	0,63	0,14	0,08
$L_1 = 2,85L_2$	1	0,71	0,43	0,25	1	0,63	0,14	0,08
$L_1 = 2,9L_2$	1	0,72	0,43	0,25	1	0,64	0,13	0,08
$L_1 = 2,95L_2$	1	0,72	0,42	0,24	1	0,64	0,13	0,07
$L_1 = 3L_2$	1	0,72	0,42	0,24	1	0,65	0,13	0,07
$L_1 = 3,05L_2$	1	0,72	0,41	0,24	1	0,65	0,12	0,07
$L_1 = 3,1L_2$	1	0,73	0,41	0,23	1	0,66	0,12	0,07
$L_1 = 3,15L_2$	1	0,73	0,40	0,23	1	0,67	0,12	0,07
$L_1 = 3,2L_2$	1	0,73	0,40	0,23	1	0,67	0,11	0,07
$L_1 = 3,25L_2$	1	0,74	0,39	0,23	1	0,68	0,11	0,06
$L_1 = 3,3L_2$	1	0,74	0,39	0,22	1	0,68	0,11	0,06
$L_1 = 3,35L_2$	1	0,74	0,38	0,22	1	0,68	0,11	0,06
$L_1 = 3,4L_2$	1	0,74	0,38	0,22	1	0,69	0,10	0,06
$L_1 = 3,45L_2$	1	0,75	0,38	0,22	1	0,69	0,10	0,06
$L_1 = 3,5L_2$	1	0,75	0,37	0,21	1	0,70	0,10	0,06



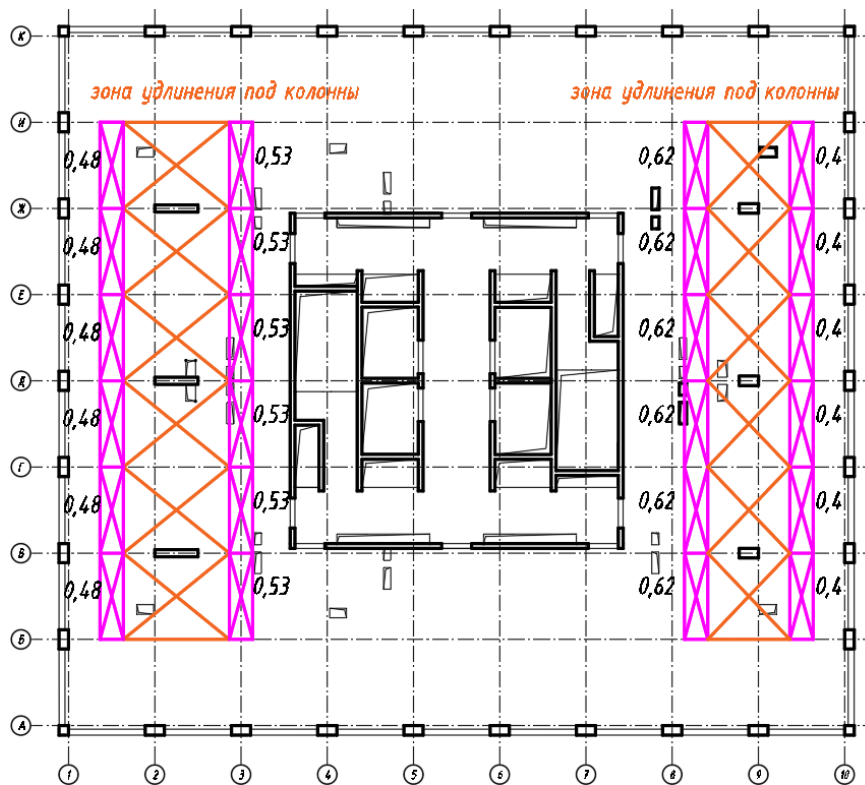
Плита перекрытия. Верхнее армирование по X (вдоль буквенных осей).

Требуемые коэффициенты использования для нормальной эксплуатации при $K_d = 1$.



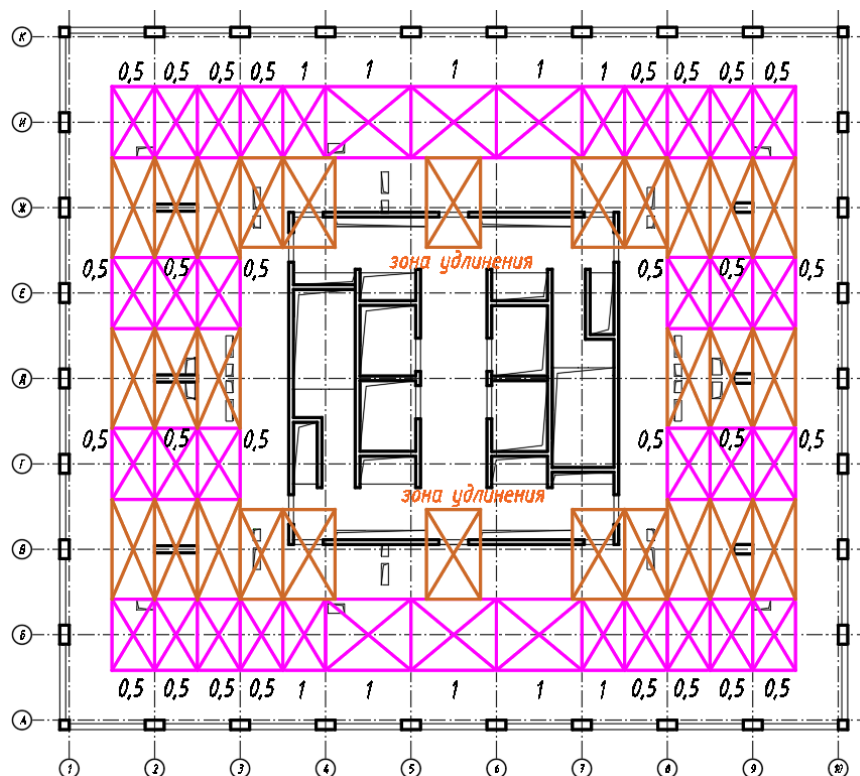
Плита перекрытия. Верхнее армирование по Y (вдоль численных осей).

Требуемые коэффициенты использования для нормальной эксплуатации при $K_d = 1$.



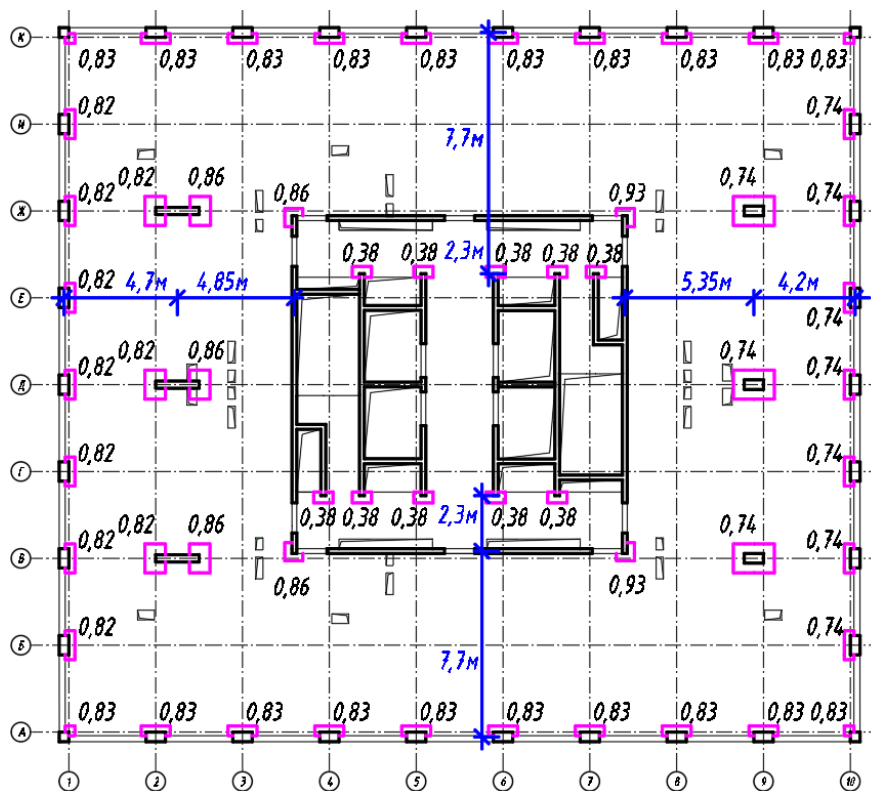
Плита перекрытия. Нижнее армирование по X (вдоль буквенных осей).

Требуемые коэффициенты использования для нормальной эксплуатации при $K_d = 1$.



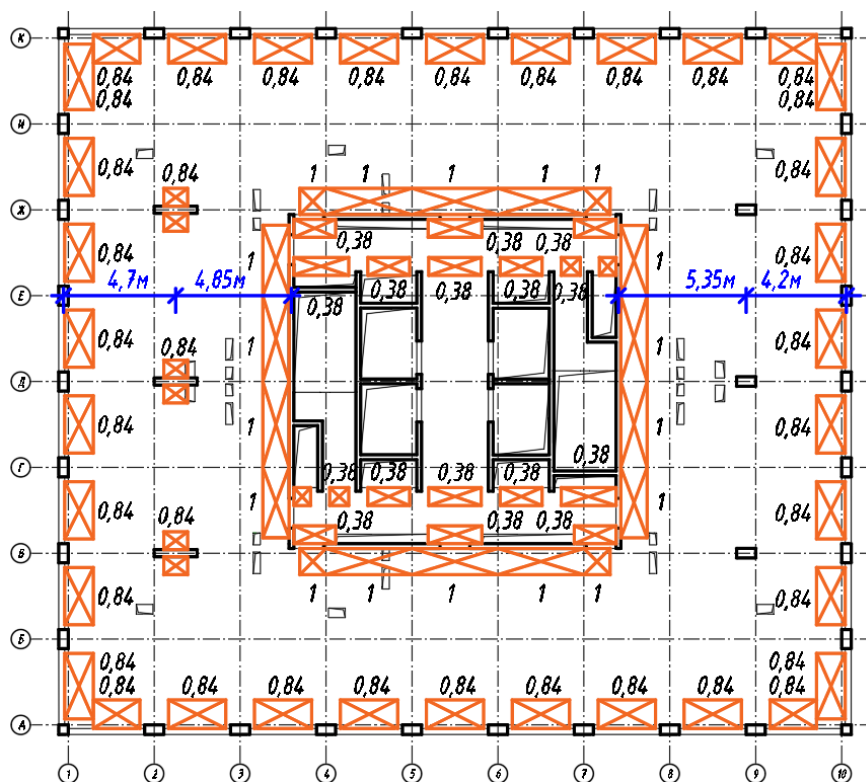
Плита перекрытия. Нижнее армирование по Y (вдоль численных осей).

Требуемые коэффициенты использования для нормальной эксплуатации при $K_d = 1$.



Плита перекрытия. Продавливание.

Требуемые коэффициенты использования для нормальной эксплуатации при $K_d = 1$.



Плита перекрытия. Поперечная сила.

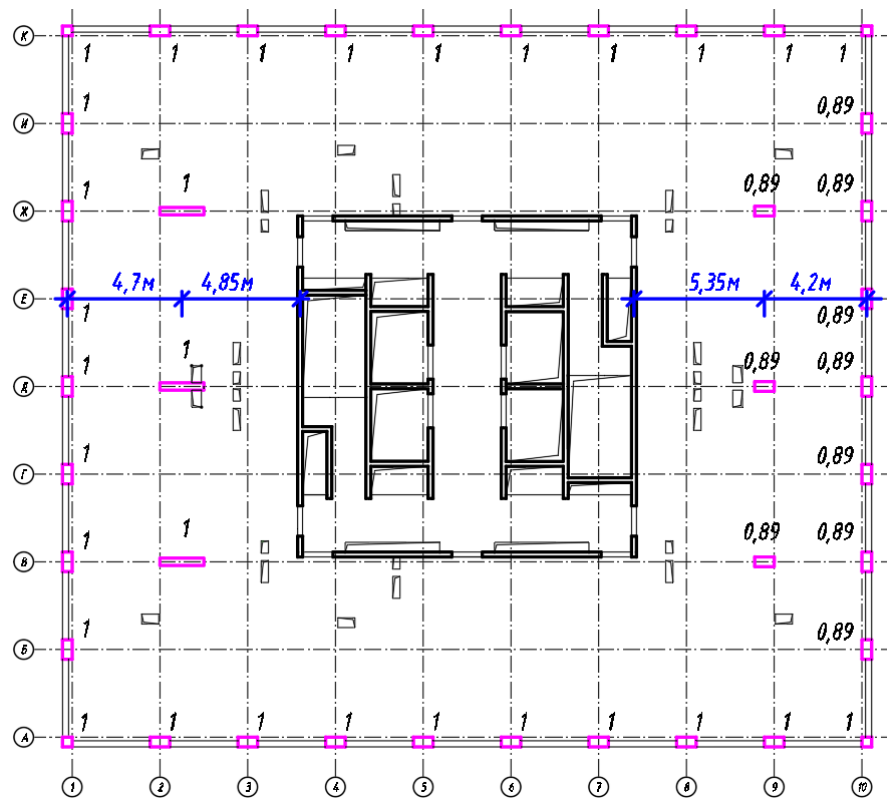
Требуемые коэффициенты использования для нормальной эксплуатации при $K_d = 1$.

Справочная таблица 22. Колонны/пилоны кроме двух последних этажей. Сводные расчетные коэффициенты.

		Поперечное армирование от наибольшего нагрузочного эффекта	Продольное армирование от наибольшего нагрузочного эффекта
1.	Средневзвешенный коэффициент надежности по нагрузке γ_f	1,15	1,15
2.	Коэффициент надежности по ответственности γ_n	1,1	1,1
3.	P_{pl} Перераспределение усилий на другие элементы	1,1	1,1
4.	Коэффициент надежности по арматуре γ_s	1	1
5.	Коэффициент надежности по бетону на сжатие γ_b	1,3	1,3
6.	Коэффициент надежности по бетону на растяжение γ_{bt}	1	1
7.	Коэффициент учитывающий нарастание прочности бетона во времени β_b	1,15	1,15
8.	Коэффициент учитывающий работу арматуры за пределом текучести β_s	1	1
	Вариант №1 $K_d = 1$		
9.	Коэффициент динамической прочности бетона φ_b	1	1
10.	Коэффициент динамической прочности арматуры φ_s	1	1
	Вариант №2 $K_d = 2$		
9.	Коэффициент динамической прочности бетона φ_b	1,15	1,15
10.	Коэффициент динамической прочности арматуры φ_s	1	1

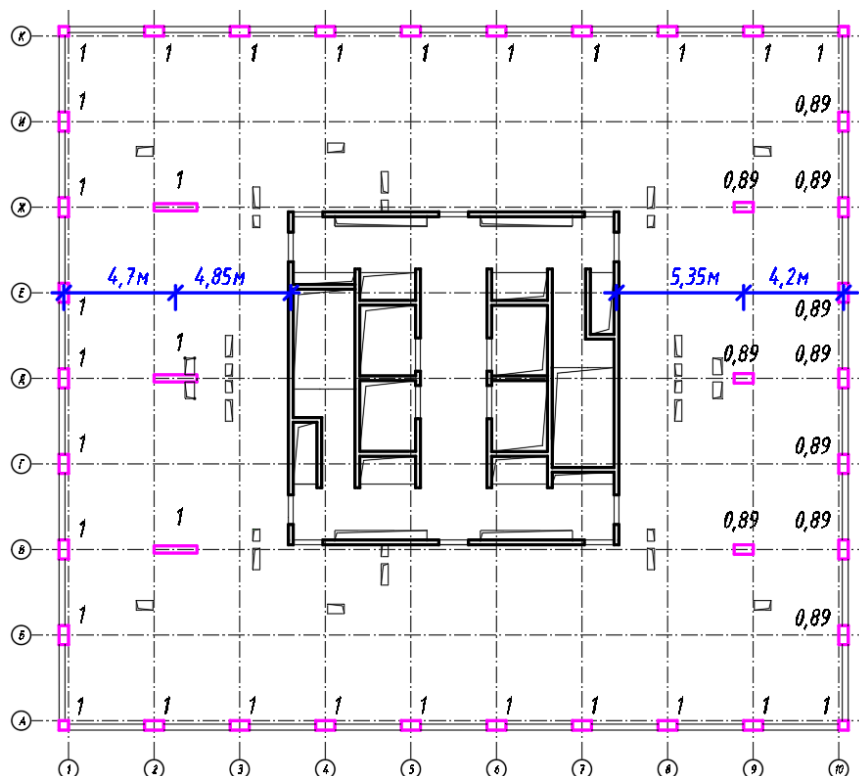
Справочная таблица 23. Колонны/пилоны **кроме** двух последних этажей. $K_{исп}$.

Рассматриваемый пролет	Поперечное армирование от наибольшего нагрузочного эффекта				Продольное армирование от наибольшего нагрузочного эффекта			
	Большой пролет	Большой пролет	Малый пролет	Малый пролет	Большой пролет	Большой пролет	Малый пролет	Малый пролет
K_d	1	2	1	2	1	2	1	2
$L_1 = 1L_2$	1	0,60	1	0,60	1	0,60	1	0,60
$L_1 = 1,05L_2$	1	0,61	1	0,58	1	0,61	1	0,58
$L_1 = 1,1L_2$	1	0,63	0,99	0,57	1	0,63	0,99	0,57
$L_1 = 1,15L_2$	1	0,64	0,97	0,56	1	0,64	0,97	0,56
$L_1 = 1,2L_2$	1	0,65	0,95	0,54	1	0,65	0,95	0,54
$L_1 = 1,25L_2$	1	0,66	0,92	0,53	1	0,66	0,92	0,53
$L_1 = 1,3L_2$	1	0,68	0,90	0,52	1	0,68	0,90	0,52
$L_1 = 1,35L_2$	1	0,69	0,89	0,51	1	0,69	0,89	0,51
$L_1 = 1,4L_2$	1	0,70	0,87	0,50	1	0,70	0,87	0,50
$L_1 = 1,45L_2$	1	0,71	0,85	0,49	1	0,71	0,85	0,49
$L_1 = 1,5L_2$	1	0,72	0,83	0,48	1	0,72	0,83	0,48
$L_1 = 1,55L_2$	1	0,73	0,82	0,47	1	0,73	0,82	0,47
$L_1 = 1,6L_2$	1	0,74	0,80	0,46	1	0,74	0,80	0,46
$L_1 = 1,65L_2$	1	0,74	0,79	0,45	1	0,74	0,79	0,45
$L_1 = 1,7L_2$	1	0,75	0,77	0,44	1	0,75	0,77	0,44
$L_1 = 1,75L_2$	1	0,76	0,76	0,43	1	0,76	0,76	0,43
$L_1 = 1,8L_2$	1	0,77	0,74	0,43	1	0,77	0,74	0,43
$L_1 = 1,85L_2$	1	0,78	0,73	0,42	1	0,78	0,73	0,42
$L_1 = 1,9L_2$	1	0,78	0,72	0,41	1	0,78	0,72	0,41
$L_1 = 1,95L_2$	1	0,79	0,71	0,41	1	0,79	0,71	0,41
$L_1 = 2L_2$	1	0,80	0,69	0,40	1	0,80	0,69	0,40
$L_1 = 2,05L_2$	1	0,80	0,68	0,39	1	0,80	0,68	0,39
$L_1 = 2,1L_2$	1	0,81	0,67	0,39	1	0,81	0,67	0,39
$L_1 = 2,15L_2$	1	0,82	0,66	0,38	1	0,82	0,66	0,38
$L_1 = 2,2L_2$	1	0,82	0,65	0,37	1	0,82	0,65	0,37
$L_1 = 2,25L_2$	1	0,83	0,64	0,37	1	0,83	0,64	0,37
$L_1 = 2,3L_2$	1	0,83	0,63	0,36	1	0,83	0,63	0,36
$L_1 = 2,35L_2$	1	0,84	0,62	0,36	1	0,84	0,62	0,36
$L_1 = 2,4L_2$	1	0,84	0,61	0,35	1	0,84	0,61	0,35
$L_1 = 2,45L_2$	1	0,85	0,60	0,35	1	0,85	0,60	0,35
$L_1 = 2,5L_2$	1	0,85	0,59	0,34	1	0,85	0,59	0,34
$L_1 = 2,55L_2$	1	0,86	0,59	0,34	1	0,86	0,59	0,34
$L_1 = 2,6L_2$	1	0,86	0,58	0,33	1	0,86	0,58	0,33
$L_1 = 2,65L_2$	1	0,87	0,57	0,33	1	0,87	0,57	0,33
$L_1 = 2,7L_2$	1	0,87	0,56	0,32	1	0,87	0,56	0,32
$L_1 = 2,75L_2$	1	0,88	0,55	0,32	1	0,88	0,55	0,32
$L_1 = 2,8L_2$	1	0,88	0,55	0,31	1	0,88	0,55	0,31
$L_1 = 2,85L_2$	1	0,89	0,54	0,31	1	0,89	0,54	0,31
$L_1 = 2,9L_2$	1	0,89	0,53	0,31	1	0,89	0,53	0,31
$L_1 = 2,95L_2$	1	0,89	0,53	0,30	1	0,89	0,53	0,30
$L_1 = 3L_2$	1	0,90	0,52	0,30	1	0,90	0,52	0,30
$L_1 = 3,05L_2$	1	0,90	0,51	0,30	1	0,90	0,51	0,30
$L_1 = 3,1L_2$	1	0,90	0,51	0,29	1	0,90	0,51	0,29
$L_1 = 3,15L_2$	1	0,91	0,50	0,29	1	0,91	0,50	0,29
$L_1 = 3,2L_2$	1	0,91	0,50	0,28	1	0,91	0,50	0,28
$L_1 = 3,25L_2$	1	0,91	0,49	0,28	1	0,91	0,49	0,28
$L_1 = 3,3L_2$	1	0,92	0,48	0,28	1	0,92	0,48	0,28
$L_1 = 3,35L_2$	1	0,92	0,48	0,27	1	0,92	0,48	0,27
$L_1 = 3,4L_2$	1	0,92	0,47	0,27	1	0,92	0,47	0,27
$L_1 = 3,45L_2$	1	0,93	0,47	0,27	1	0,93	0,47	0,27
$L_1 = 3,5L_2$	1	0,93	0,46	0,27	1	0,93	0,46	0,27



Колонны/пилоны кроме двух последних этажей. Продольное армирование.

Требуемые коэффициенты использования для нормальной эксплуатации при $K_d = 1$.



Колонны/пилоны кроме двух последних этажей. Поперечное армирование.

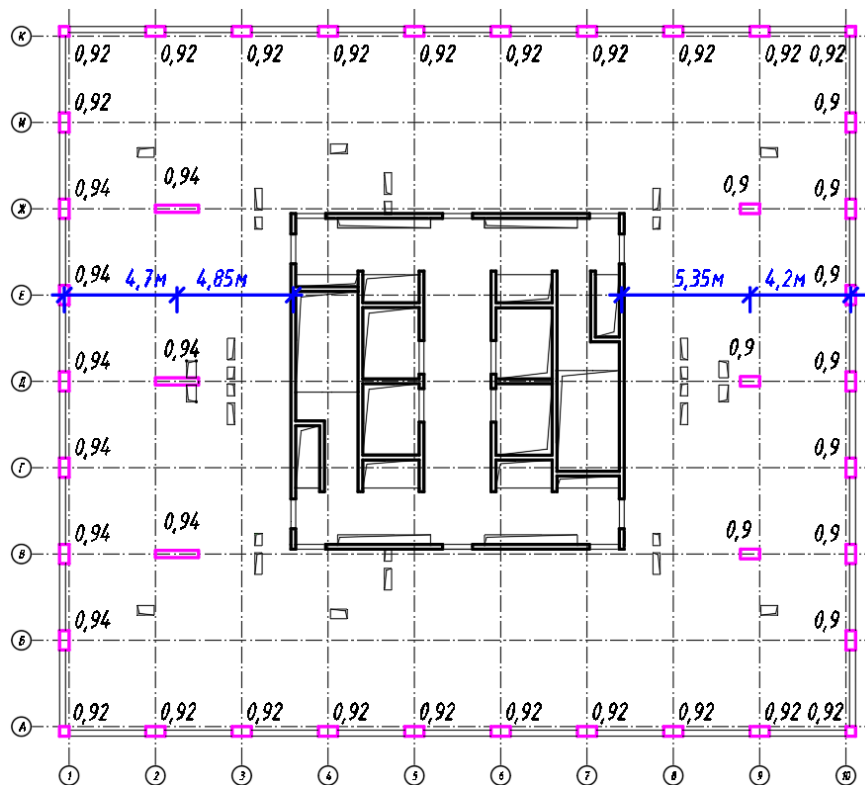
Требуемые коэффициенты использования для нормальной эксплуатации при $K_d = 1$.

Справочная таблица 24. Колонны/пилоны двух последних этажей. Сводные расчетные коэффициенты.

		Поперечное армирование от наибольшего нагрузочного эффекта	Продольное армирование от наибольшего нагрузочного эффекта
1.	Средневзвешенный коэффициент надежности по нагрузке γ_f	1,15	1,15
2.	Коэффициент надежности по ответственности γ_n	1,1	1,1
3.	P_{pl} Перераспределение усилий на другие элементы	1,1	1,1
4.	Коэффициент надежности по арматуре γ_s	1,15	1,15
5.	Коэффициент надежности по бетону на сжатие γ_b	1	1
6.	Коэффициент надежности по бетону на растяжение γ_{bt}	1	1
7.	Коэффициент учитывающий нарастание прочности бетона во времени β_b	1	1
8.	Коэффициент учитывающий работу арматуры за пределом текучести β_s	1,15	1,15
	Вариант №1 $K_d = 1$		
9.	Коэффициент динамической прочности бетона φ_b	1	1
10.	Коэффициент динамической прочности арматуры φ_s	1	1
	Вариант №2 $K_d = 2$		
9.	Коэффициент динамической прочности бетона φ_b	1,15	1
10.	Коэффициент динамической прочности арматуры φ_s	1	1,15

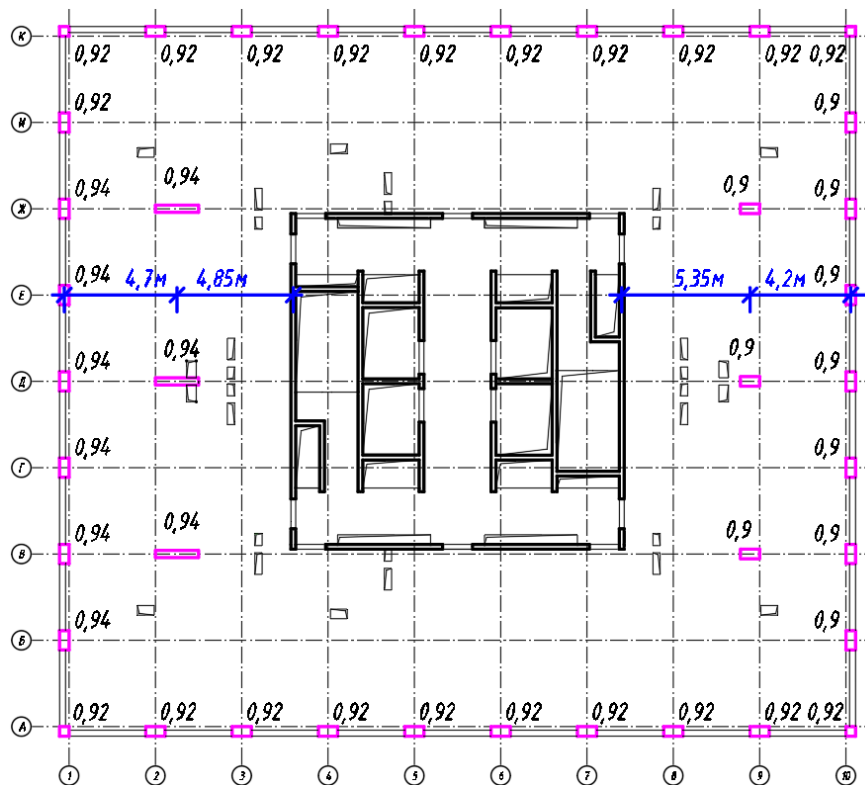
Справочная таблица 25. Колонны/пилоны **двух последних** этажей $K_{исп}$.

Рассматриваемый пролет	Поперечное армирование от наибольшего нагрузочного эффекта				Продольное армирование от наибольшего нагрузочного эффекта			
	Большой пролет	Большой пролет	Малый пролет	Малый пролет	Большой пролет	Большой пролет	Малый пролет	Малый пролет
K_d	1	2	1	2	1	2	1	2
$L_1 = 1L_2$	0,92	0,53	0,92	0,53	0,92	0,53	0,92	0,53
$L_1 = 1,05L_2$	0,94	0,54	0,90	0,52	0,94	0,54	0,90	0,52
$L_1 = 1,1L_2$	0,96	0,55	0,88	0,50	0,96	0,55	0,88	0,50
$L_1 = 1,15L_2$	0,98	0,57	0,86	0,49	0,98	0,57	0,86	0,49
$L_1 = 1,2L_2$	1	0,58	0,84	0,48	1	0,58	0,84	0,48
$L_1 = 1,25L_2$	1	0,59	0,82	0,47	1	0,59	0,82	0,47
$L_1 = 1,3L_2$	1	0,60	0,80	0,46	1	0,60	0,80	0,46
$L_1 = 1,35L_2$	1	0,61	0,78	0,45	1	0,61	0,78	0,45
$L_1 = 1,4L_2$	1	0,62	0,77	0,44	1	0,62	0,77	0,44
$L_1 = 1,45L_2$	1	0,63	0,75	0,43	1	0,63	0,75	0,43
$L_1 = 1,5L_2$	1	0,63	0,74	0,42	1	0,63	0,74	0,42
$L_1 = 1,55L_2$	1	0,64	0,72	0,41	1	0,64	0,72	0,41
$L_1 = 1,6L_2$	1	0,65	0,71	0,41	1	0,65	0,71	0,41
$L_1 = 1,65L_2$	1	0,66	0,69	0,40	1	0,66	0,69	0,40
$L_1 = 1,7L_2$	1	0,67	0,68	0,39	1	0,67	0,68	0,39
$L_1 = 1,75L_2$	1	0,67	0,67	0,38	1	0,67	0,67	0,38
$L_1 = 1,8L_2$	1	0,68	0,66	0,38	1	0,68	0,66	0,38
$L_1 = 1,85L_2$	1	0,69	0,65	0,37	1	0,69	0,65	0,37
$L_1 = 1,9L_2$	1	0,69	0,63	0,36	1	0,69	0,63	0,36
$L_1 = 1,95L_2$	1	0,70	0,62	0,36	1	0,70	0,62	0,36
$L_1 = 2L_2$	1	0,71	0,61	0,35	1	0,71	0,61	0,35
$L_1 = 2,05L_2$	1	0,71	0,60	0,35	1	0,71	0,60	0,35
$L_1 = 2,1L_2$	1	0,72	0,59	0,34	1	0,72	0,59	0,34
$L_1 = 2,15L_2$	1	0,72	0,58	0,34	1	0,72	0,58	0,34
$L_1 = 2,2L_2$	1	0,73	0,58	0,33	1	0,73	0,58	0,33
$L_1 = 2,25L_2$	1	0,73	0,57	0,33	1	0,73	0,57	0,33
$L_1 = 2,3L_2$	1	0,74	0,56	0,32	1	0,74	0,56	0,32
$L_1 = 2,35L_2$	1	0,74	0,55	0,32	1	0,74	0,55	0,32
$L_1 = 2,4L_2$	1	0,75	0,54	0,31	1	0,75	0,54	0,31
$L_1 = 2,45L_2$	1	0,75	0,53	0,31	1	0,75	0,53	0,31
$L_1 = 2,5L_2$	1	0,76	0,53	0,30	1	0,76	0,53	0,30
$L_1 = 2,55L_2$	1	0,76	0,52	0,30	1	0,76	0,52	0,30
$L_1 = 2,6L_2$	1	0,76	0,51	0,29	1	0,76	0,51	0,29
$L_1 = 2,65L_2$	1	0,77	0,50	0,29	1	0,77	0,50	0,29
$L_1 = 2,7L_2$	1	0,77	0,50	0,29	1	0,77	0,50	0,29
$L_1 = 2,75L_2$	1	0,78	0,49	0,28	1	0,78	0,49	0,28
$L_1 = 2,8L_2$	1	0,78	0,48	0,28	1	0,78	0,48	0,28
$L_1 = 2,85L_2$	1	0,78	0,48	0,27	1	0,78	0,48	0,27
$L_1 = 2,9L_2$	1	0,79	0,47	0,27	1	0,79	0,47	0,27
$L_1 = 2,95L_2$	1	0,79	0,47	0,27	1	0,79	0,47	0,27
$L_1 = 3L_2$	1	0,79	0,46	0,26	1	0,79	0,46	0,26
$L_1 = 3,05L_2$	1	0,80	0,45	0,26	1	0,80	0,45	0,26
$L_1 = 3,1L_2$	1	0,80	0,45	0,26	1	0,80	0,45	0,26
$L_1 = 3,15L_2$	1	0,80	0,44	0,25	1	0,80	0,44	0,25
$L_1 = 3,2L_2$	1	0,81	0,44	0,25	1	0,81	0,44	0,25
$L_1 = 3,25L_2$	1	0,81	0,43	0,25	1	0,81	0,43	0,25
$L_1 = 3,3L_2$	1	0,81	0,43	0,25	1	0,81	0,43	0,25
$L_1 = 3,35L_2$	1	0,81	0,42	0,24	1	0,81	0,42	0,24
$L_1 = 3,4L_2$	1	0,82	0,42	0,24	1	0,82	0,42	0,24
$L_1 = 3,45L_2$	1	0,82	0,41	0,24	1	0,82	0,41	0,24
$L_1 = 3,5L_2$	1	0,82	0,41	0,24	1	0,82	0,41	0,24



Колонны/пилоны двух последних этажей. Продольное армирование.

Требуемые коэффициенты использования для нормальной эксплуатации при $K_d = 1$.



Колонны/пилоны двух последних этажей. Поперечное армирование.

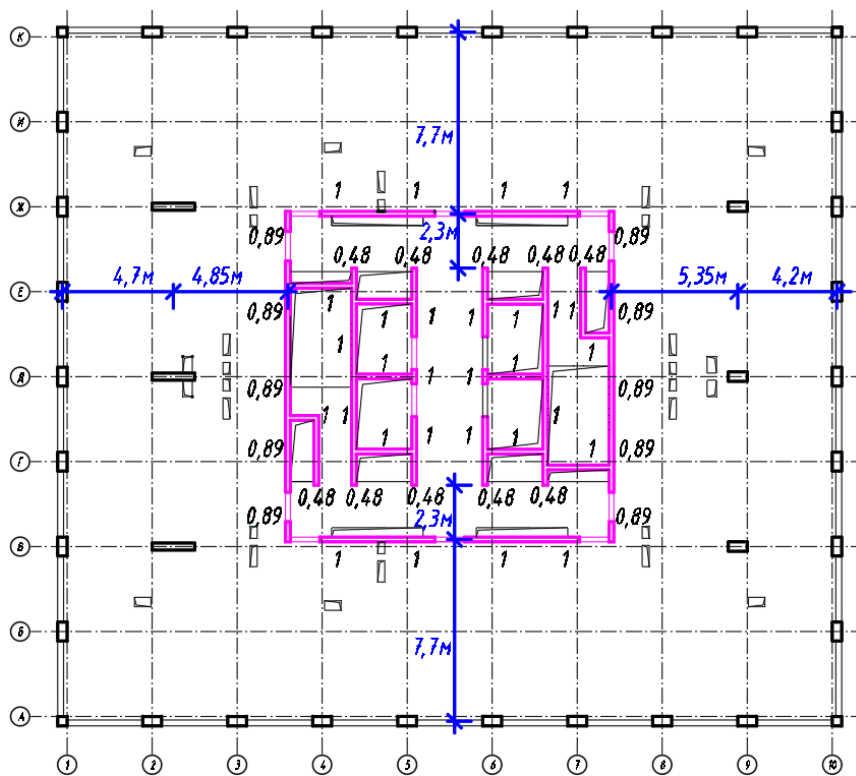
Требуемые коэффициенты использования для нормальной эксплуатации при $K_d = 1$.

Справочная таблица 26. Стены. Сводные расчетные коэффициенты.

		Поперечное армирование от наибольшего нагрузочного эффекта	Продольное армирование от наибольшего нагрузочного эффекта
1.	Средневзвешенный коэффициент надежности по нагрузке γ_f	1,15	1,15
2.	Коэффициент надежности по ответственности γ_n	1,1	1,1
3.	P_{pl} Перераспределение усилий на другие элементы	1,1	1,1
4.	S_b Наличие контурной балки	1	1
5.	Коэффициент надежности по арматуре γ_s	1	1
6.	Коэффициент надежности по бетону на сжатие γ_b	1,3	1,3
7.	Коэффициент надежности по бетону на растяжение γ_{bt}	1	1
8.	Коэффициент учитывающий нарастание прочности бетона во времени β_b	1,15	1,15
9.	Коэффициент учитывающий работу арматуры за пределом текучести β_s	1	1
Вариант №1 $K_d = 1$			
10.	Коэффициент динамической прочности бетона φ_b	1	1
11.	Коэффициент динамической прочности арматуры φ_s	1	1
Вариант №2 $K_d = 2$			
10.	Коэффициент динамической прочности бетона φ_b	1,15	1,15
11.	Коэффициент динамической прочности арматуры φ_s	1	1

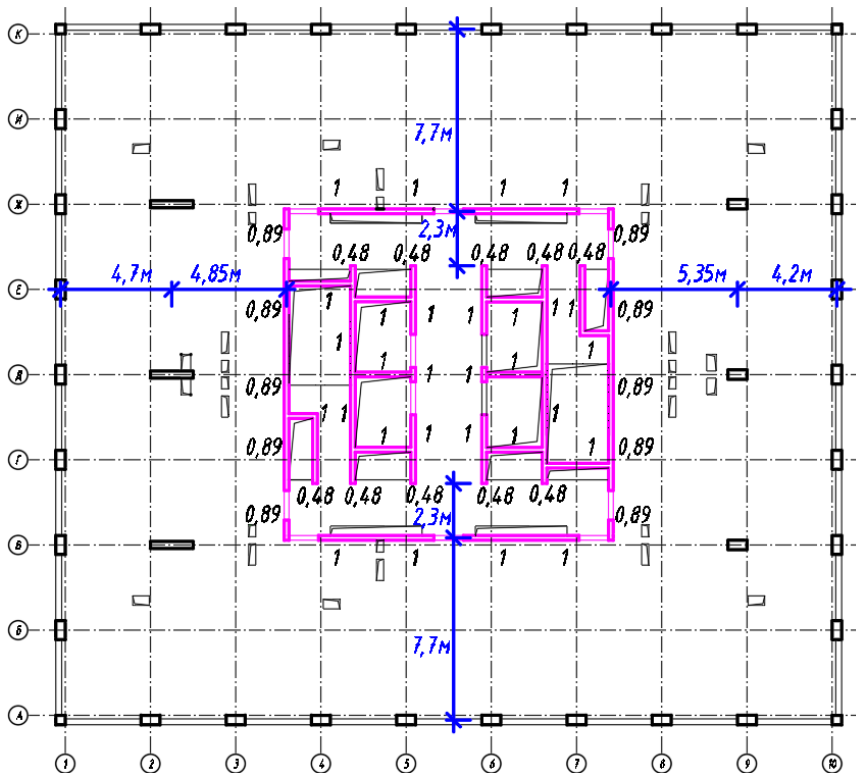
Справочная таблица 27. Стены. $K_{исп}$

Рассматриваемый пролет	Поперечное армирование от наибольшего нагрузочного эффекта				Продольное армирование от наибольшего нагрузочного эффекта			
	Большой пролет	Большой пролет	Малый пролет	Малый пролет	Большой пролет	Большой пролет	Малый пролет	Малый пролет
K_d	1	2	1	2	1	2	1	2
$L_1 = 1L_2$	1	0,60	1	0,60	1	0,60	1	0,60
$L_1 = 1,05L_2$	1	0,61	1	0,58	1	0,61	1	0,58
$L_1 = 1,1L_2$	1	0,63	0,99	0,57	1	0,63	0,99	0,57
$L_1 = 1,15L_2$	1	0,64	0,97	0,56	1	0,64	0,97	0,56
$L_1 = 1,2L_2$	1	0,65	0,95	0,54	1	0,65	0,95	0,54
$L_1 = 1,25L_2$	1	0,66	0,92	0,53	1	0,66	0,92	0,53
$L_1 = 1,3L_2$	1	0,68	0,90	0,52	1	0,68	0,90	0,52
$L_1 = 1,35L_2$	1	0,69	0,89	0,51	1	0,69	0,89	0,51
$L_1 = 1,4L_2$	1	0,70	0,87	0,50	1	0,70	0,87	0,50
$L_1 = 1,45L_2$	1	0,71	0,85	0,49	1	0,71	0,85	0,49
$L_1 = 1,5L_2$	1	0,72	0,83	0,48	1	0,72	0,83	0,48
$L_1 = 1,55L_2$	1	0,73	0,82	0,47	1	0,73	0,82	0,47
$L_1 = 1,6L_2$	1	0,74	0,80	0,46	1	0,74	0,80	0,46
$L_1 = 1,65L_2$	1	0,74	0,79	0,45	1	0,74	0,79	0,45
$L_1 = 1,7L_2$	1	0,75	0,77	0,44	1	0,75	0,77	0,44
$L_1 = 1,75L_2$	1	0,76	0,76	0,43	1	0,76	0,76	0,43
$L_1 = 1,8L_2$	1	0,77	0,74	0,43	1	0,77	0,74	0,43
$L_1 = 1,85L_2$	1	0,78	0,73	0,42	1	0,78	0,73	0,42
$L_1 = 1,9L_2$	1	0,78	0,72	0,41	1	0,78	0,72	0,41
$L_1 = 1,95L_2$	1	0,79	0,71	0,41	1	0,79	0,71	0,41
$L_1 = 2L_2$	1	0,80	0,69	0,40	1	0,80	0,69	0,40
$L_1 = 2,05L_2$	1	0,80	0,68	0,39	1	0,80	0,68	0,39
$L_1 = 2,1L_2$	1	0,81	0,67	0,39	1	0,81	0,67	0,39
$L_1 = 2,15L_2$	1	0,82	0,66	0,38	1	0,82	0,66	0,38
$L_1 = 2,2L_2$	1	0,82	0,65	0,37	1	0,82	0,65	0,37
$L_1 = 2,25L_2$	1	0,83	0,64	0,37	1	0,83	0,64	0,37
$L_1 = 2,3L_2$	1	0,83	0,63	0,36	1	0,83	0,63	0,36
$L_1 = 2,35L_2$	1	0,84	0,62	0,36	1	0,84	0,62	0,36
$L_1 = 2,4L_2$	1	0,84	0,61	0,35	1	0,84	0,61	0,35
$L_1 = 2,45L_2$	1	0,85	0,60	0,35	1	0,85	0,60	0,35
$L_1 = 2,5L_2$	1	0,85	0,59	0,34	1	0,85	0,59	0,34
$L_1 = 2,55L_2$	1	0,86	0,59	0,34	1	0,86	0,59	0,34
$L_1 = 2,6L_2$	1	0,86	0,58	0,33	1	0,86	0,58	0,33
$L_1 = 2,65L_2$	1	0,87	0,57	0,33	1	0,87	0,57	0,33
$L_1 = 2,7L_2$	1	0,87	0,56	0,32	1	0,87	0,56	0,32
$L_1 = 2,75L_2$	1	0,88	0,55	0,32	1	0,88	0,55	0,32
$L_1 = 2,8L_2$	1	0,88	0,55	0,31	1	0,88	0,55	0,31
$L_1 = 2,85L_2$	1	0,89	0,54	0,31	1	0,89	0,54	0,31
$L_1 = 2,9L_2$	1	0,89	0,53	0,31	1	0,89	0,53	0,31
$L_1 = 2,95L_2$	1	0,89	0,53	0,30	1	0,89	0,53	0,30
$L_1 = 3L_2$	1	0,90	0,52	0,30	1	0,90	0,52	0,30
$L_1 = 3,05L_2$	1	0,90	0,51	0,30	1	0,90	0,51	0,30
$L_1 = 3,1L_2$	1	0,90	0,51	0,29	1	0,90	0,51	0,29
$L_1 = 3,15L_2$	1	0,91	0,50	0,29	1	0,91	0,50	0,29
$L_1 = 3,2L_2$	1	0,91	0,50	0,28	1	0,91	0,50	0,28
$L_1 = 3,25L_2$	1	0,91	0,49	0,28	1	0,91	0,49	0,28
$L_1 = 3,3L_2$	1	0,92	0,48	0,28	1	0,92	0,48	0,28
$L_1 = 3,35L_2$	1	0,92	0,48	0,27	1	0,92	0,48	0,27
$L_1 = 3,4L_2$	1	0,92	0,47	0,27	1	0,92	0,47	0,27
$L_1 = 3,45L_2$	1	0,93	0,47	0,27	1	0,93	0,47	0,27
$L_1 = 3,5L_2$	1	0,93	0,46	0,27	1	0,93	0,46	0,27



Стены. Продольное армирование.

Требуемые коэффициенты использования для нормальной эксплуатации при $K_d = 1$.



Стены. Поперечное армирование.

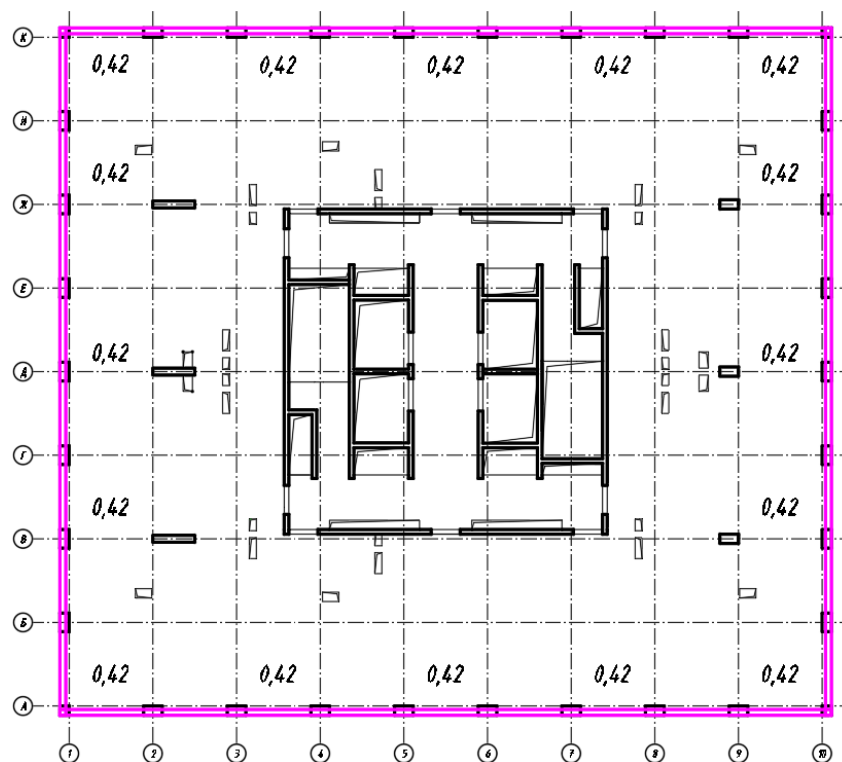
Требуемые коэффициенты использования для нормальной эксплуатации при $K_d = 1$.

Справочная таблица 28. Контурная балка. Сводные расчетные коэффициенты.

		Поперечная сила от наибольшего нагрузочного эффекта	Верхнее и нижнее армирование от наибольшего нагрузочного эффекта
1.	Средневзвешенный коэффициент надежности по нагрузке γ_f	1,15	1,15
2.	Коэффициент надежности по ответственности γ_n	1,1	1,1
3.	P_{pl} Перераспределение усилий на другие элементы	1	1
4.	Коэффициент надежности по арматуре γ_s	1,15	1,15
5.	Коэффициент надежности по бетону на сжатие γ_b	1	1
6.	Коэффициент надежности по бетону γ_{bt}	1	1
7.	Коэффициент учитывающий нарастание прочности бетона во времени β_b	1,15	1
8.	Коэффициент учитывающий работу арматуры за пределом текучести β_s	1	1,15
Вариант №1. $K_d = 1$			
9.	Коэффициент динамической прочности бетона φ_b	1	1
10.	Коэффициент динамической прочности арматуры φ_s	1	1
Вариант №2. $K_d = 2$			
9.	Коэффициент динамической прочности бетона φ_b	1,15	1
10.	Коэффициент динамической прочности арматуры φ_s	1	1,15

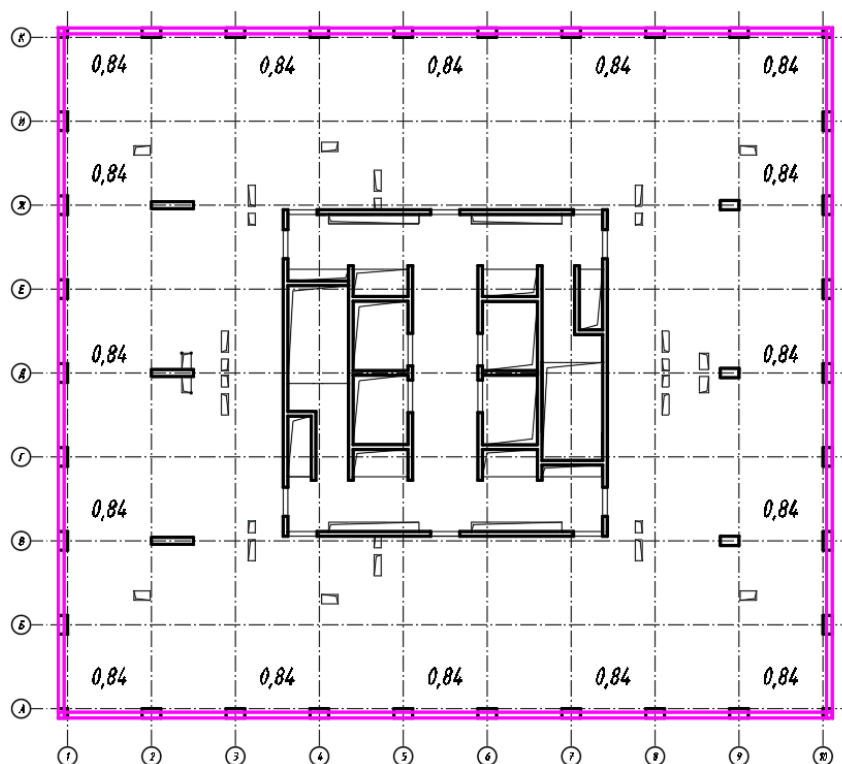
Справочная таблица 29. Контурная балка. $K_{исп}$

Рассматриваемый пролет	Поперечное армирование от наибольшего нагрузочного эффекта				Продольное армирование от наибольшего нагрузочного эффекта			
	Большой пролет	Большой пролет	Малый пролет	Малый пролет	Большой пролет	Большой пролет	Малый пролет	Малый пролет
	1	2	1	2	1	2	1	2
K_d								
$L_1 = 1L_2$	0,84	0,48	0,84	0,48	0,42	0,24	0,42	0,24
$L_1 = 1,05L_2$	0,86	0,49	0,82	0,47	0,44	0,25	0,40	0,23
$L_1 = 1,1L_2$	0,88	0,50	0,80	0,46	0,46	0,26	0,38	0,22
$L_1 = 1,15L_2$	0,89	0,51	0,78	0,45	0,48	0,28	0,36	0,21
$L_1 = 1,2L_2$	0,91	0,52	0,76	0,44	0,50	0,29	0,35	0,20
$L_1 = 1,25L_2$	0,93	0,53	0,74	0,43	0,52	0,30	0,33	0,19
$L_1 = 1,3L_2$	0,95	0,54	0,73	0,42	0,53	0,31	0,32	0,18
$L_1 = 1,35L_2$	0,96	0,55	0,71	0,41	0,55	0,32	0,30	0,17
$L_1 = 1,4L_2$	0,98	0,56	0,70	0,40	0,57	0,33	0,29	0,17
$L_1 = 1,45L_2$	0,99	0,57	0,68	0,39	0,59	0,34	0,28	0,16
$L_1 = 1,5L_2$	1	0,58	0,67	0,38	0,60	0,35	0,27	0,15
$L_1 = 1,55L_2$	1	0,58	0,66	0,38	0,62	0,36	0,26	0,15
$L_1 = 1,6L_2$	1	0,59	0,64	0,37	0,63	0,36	0,25	0,14
$L_1 = 1,65L_2$	1	0,60	0,63	0,36	0,65	0,37	0,24	0,14
$L_1 = 1,7L_2$	1	0,61	0,62	0,36	0,66	0,38	0,23	0,13
$L_1 = 1,75L_2$	1	0,61	0,61	0,35	0,68	0,39	0,22	0,13
$L_1 = 1,8L_2$	1	0,62	0,60	0,34	0,69	0,40	0,21	0,12
$L_1 = 1,85L_2$	1	0,62	0,59	0,34	0,70	0,41	0,21	0,12
$L_1 = 1,9L_2$	1	0,63	0,58	0,33	0,72	0,41	0,20	0,11
$L_1 = 1,95L_2$	1	0,64	0,57	0,33	0,73	0,42	0,19	0,11
$L_1 = 2L_2$	1	0,64	0,56	0,32	0,74	0,43	0,19	0,11
$L_1 = 2,05L_2$	1	0,65	0,55	0,32	0,76	0,43	0,18	0,10
$L_1 = 2,1L_2$	1	0,65	0,54	0,31	0,77	0,44	0,17	0,10
$L_1 = 2,15L_2$	1	0,66	0,53	0,31	0,78	0,45	0,17	0,10
$L_1 = 2,2L_2$	1	0,66	0,52	0,30	0,79	0,45	0,16	0,09
$L_1 = 2,25L_2$	1	0,67	0,51	0,30	0,80	0,46	0,16	0,09
$L_1 = 2,3L_2$	1	0,67	0,51	0,29	0,81	0,47	0,15	0,09
$L_1 = 2,35L_2$	1	0,67	0,50	0,29	0,82	0,47	0,15	0,09
$L_1 = 2,4L_2$	1	0,68	0,49	0,28	0,83	0,48	0,14	0,08
$L_1 = 2,45L_2$	1	0,68	0,48	0,28	0,84	0,49	0,14	0,08
$L_1 = 2,5L_2$	1	0,69	0,48	0,27	0,85	0,49	0,14	0,08
$L_1 = 2,55L_2$	1	0,69	0,47	0,27	0,86	0,50	0,13	0,08
$L_1 = 2,6L_2$	1	0,69	0,46	0,27	0,87	0,50	0,13	0,07
$L_1 = 2,65L_2$	1	0,70	0,46	0,26	0,88	0,51	0,13	0,07
$L_1 = 2,7L_2$	1	0,70	0,45	0,26	0,89	0,51	0,12	0,07
$L_1 = 2,75L_2$	1	0,71	0,45	0,26	0,90	0,52	0,12	0,07
$L_1 = 2,8L_2$	1	0,71	0,44	0,25	0,91	0,52	0,12	0,07
$L_1 = 2,85L_2$	1	0,71	0,43	0,25	0,92	0,53	0,11	0,06
$L_1 = 2,9L_2$	1	0,72	0,43	0,25	0,93	0,53	0,11	0,06
$L_1 = 2,95L_2$	1	0,72	0,42	0,24	0,93	0,54	0,11	0,06
$L_1 = 3L_2$	1	0,72	0,42	0,24	0,94	0,54	0,10	0,06
$L_1 = 3,05L_2$	1	0,72	0,41	0,24	0,95	0,55	0,10	0,06
$L_1 = 3,1L_2$	1	0,73	0,41	0,23	0,96	0,55	0,10	0,06
$L_1 = 3,15L_2$	1	0,73	0,40	0,23	0,96	0,55	0,10	0,06
$L_1 = 3,2L_2$	1	0,73	0,40	0,23	0,97	0,56	0,09	0,05
$L_1 = 3,25L_2$	1	0,74	0,39	0,23	0,98	0,56	0,09	0,05
$L_1 = 3,3L_2$	1	0,74	0,39	0,22	0,99	0,57	0,09	0,05
$L_1 = 3,35L_2$	1	0,74	0,38	0,22	0,99	0,57	0,09	0,05
$L_1 = 3,4L_2$	1	0,74	0,38	0,22	1	0,57	0,09	0,05
$L_1 = 3,45L_2$	1	0,75	0,38	0,22	1	0,58	0,08	0,05
$L_1 = 3,5L_2$	1	0,75	0,37	0,21	1	0,58	0,08	0,05



Контурная балка. Верхнее и нижнее армирование.

Требуемые коэффициенты использования для нормальной эксплуатации при $K_d = 1$.



Контурная балка. Поперечное армирование.

Требуемые коэффициенты использования для нормальной эксплуатации при $K_d = 1$.

Справочная таблица 30. Плиты и контурные балки при падении перекрытия

		Продавливание плиты от наибольшего нагрузочного эффекта	Верхнее армирование от наибольшего нагрузочного эффекта	Нижнее армирование от наибольшего нагрузочного эффекта
1.	NK_d Нагрузочный фактор, связанный с увеличением момента, нормальной и поперечной силы $K_d = 1,5$	2,5	2,5	2,5
2.	Средневзвешенный коэффициент надежности по нагрузке γ_f	1,15	1,15	1,15
3.	Коэффициент надежности по ответственности γ_n	1,1	1,1	1,1
4.	P_{pl} Перераспределение усилий на другие смежные элементы	1	1	1
5.	Коэффициент надежности по арматуре γ_s	1	1,15	1,15
6.	Коэффициент надежности по бетону на сжатие γ_b	1	1	1
7.	Коэффициент надежности по бетону γ_{bt}	Осреднение по арматуре и бетону на растяжение $(1,5+1,15)/2=1,3$	1	1
8.	Коэффициент учитывающий нарастание прочности бетона во времени β_b	1,15	1	1
9.	Коэффициент учитывающий работу арматуры за пределом текучести β_s	1	1,15	1,15
10.	Коэффициент динамической прочности бетона φ_b	1,15	1	1
11.	Коэффициент динамической прочности арматуры φ_s	1	1,15	1,15

Справочная таблица 31. Плита. $K_{зап}$ и $K_{исп}$

		Поперечное армирование от наибольшего нагрузочного эффекта	Продольное армирование от наибольшего нагрузочного эффекта	Поперечное армирование от наибольшего нагрузочного эффекта
1	$K_{зап}$	1,15	1,30	1,30
2	$K_{исп}$	0,87	0,77	0,77

Библиография

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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