

"Расчет сборно-монолитных каркасов связевой конструктивной схемы с преднапряженными колоннами безопалубочного формования"

Соавторы:

1. Сергей Викторович Макаркин - доцент кафедры САПРС объектов строительства Строительного института УрФУ, к.т.н., главный конструктор ООО "ПКЦ" Каркасные технологии",
2. Кирилл Сергеевич Макаркин - главный конструктор проекта ООО «Синара Девелопмент Проект»,
3. Анна Ивановна Старикевич - старший преподаватель Строительного института УрФУ,
4. Марсель Радикович Гильмутдинов - студент Строительного института УрФУ.

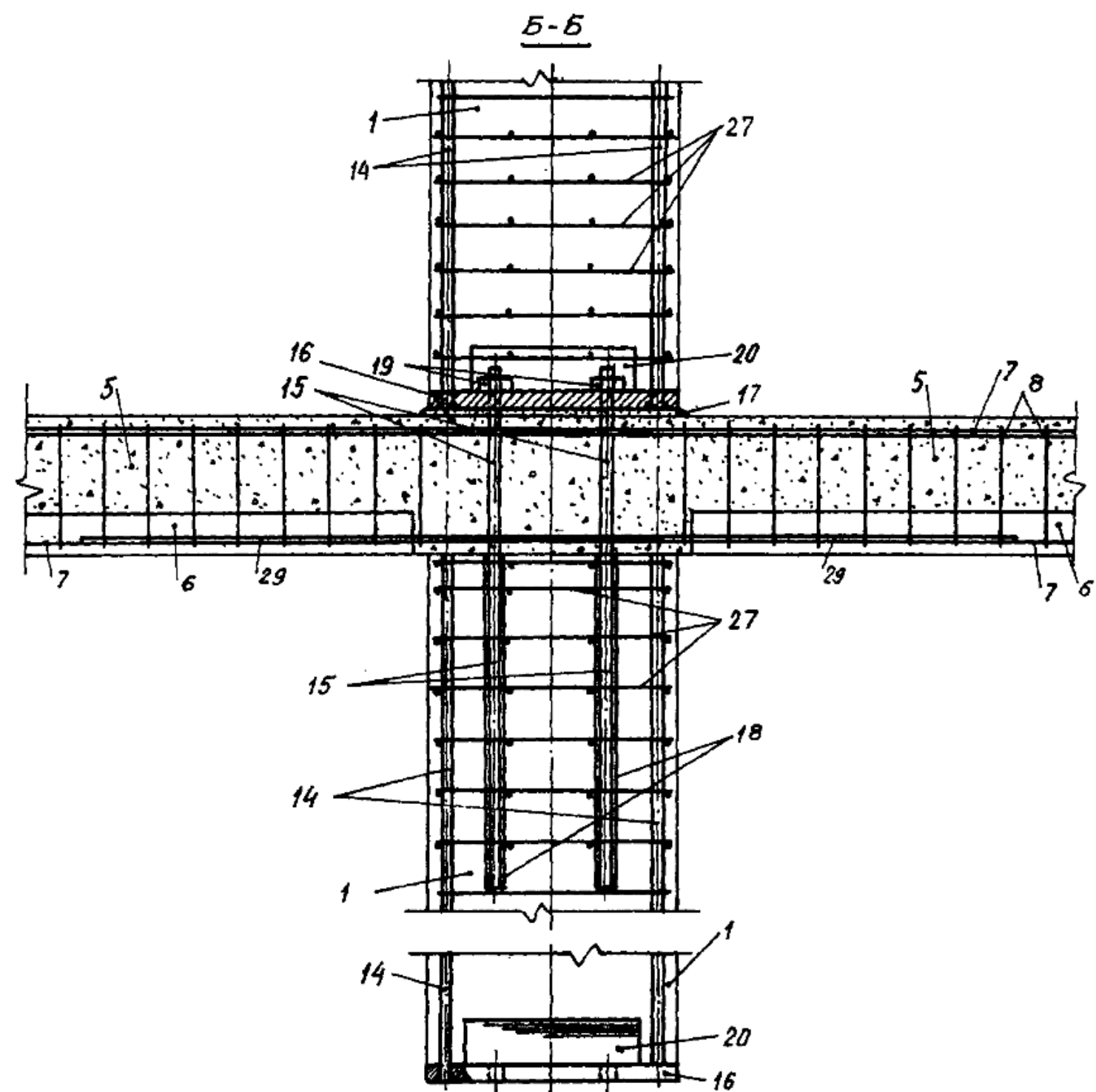
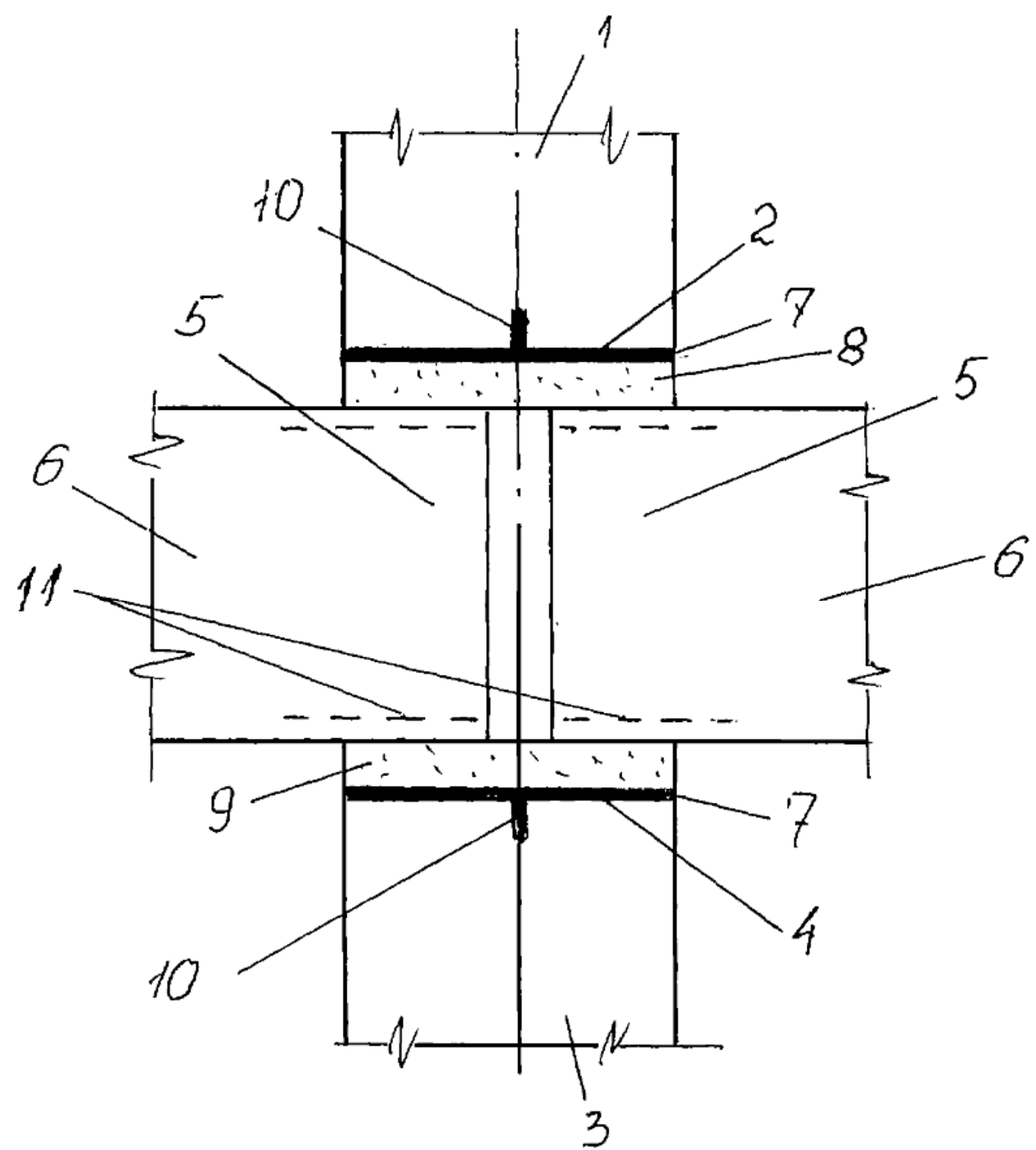


Рис.1 СТЫКИ

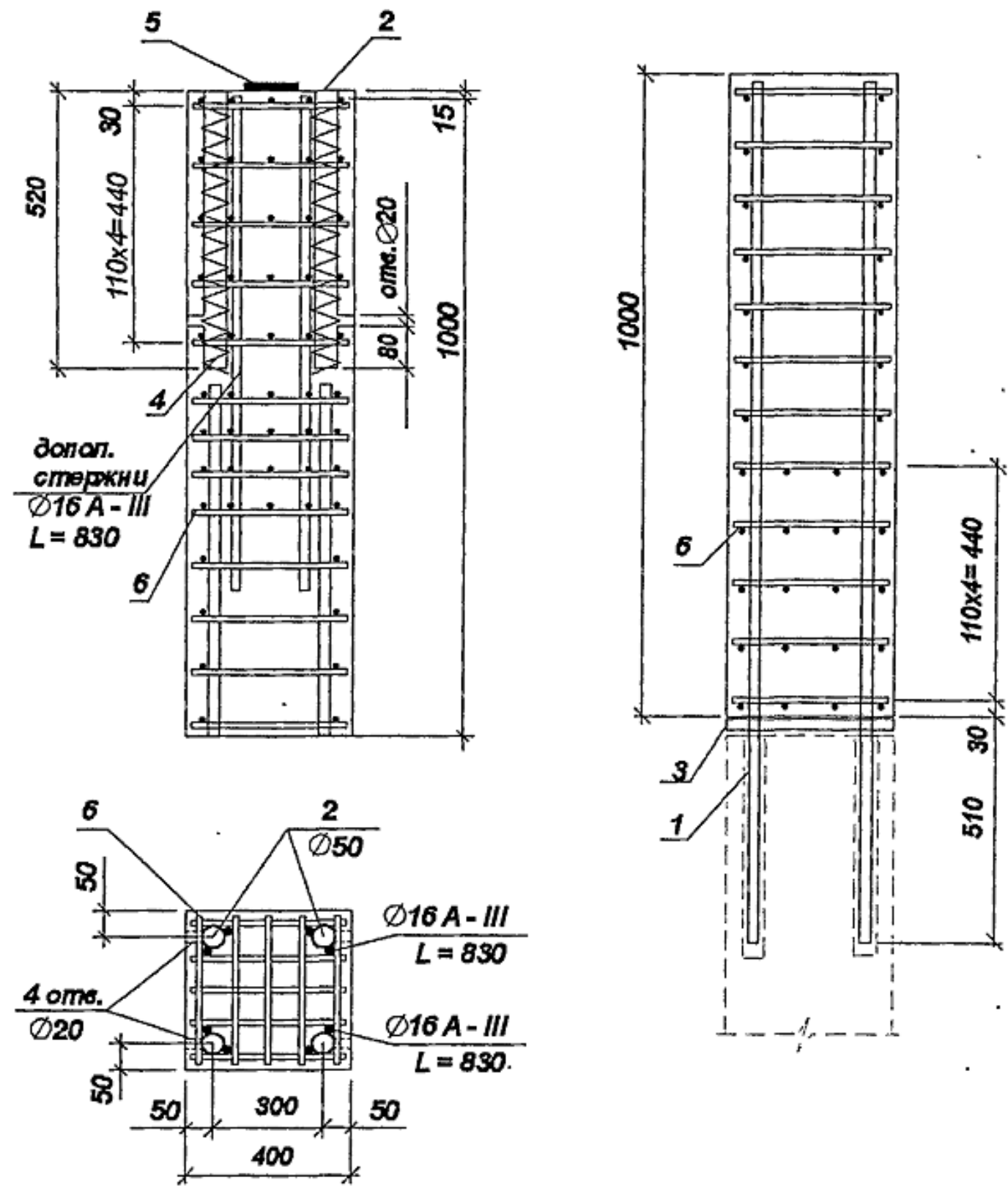


Рис.2 Фрагмент железобетонной колонны со штепсельным стыком

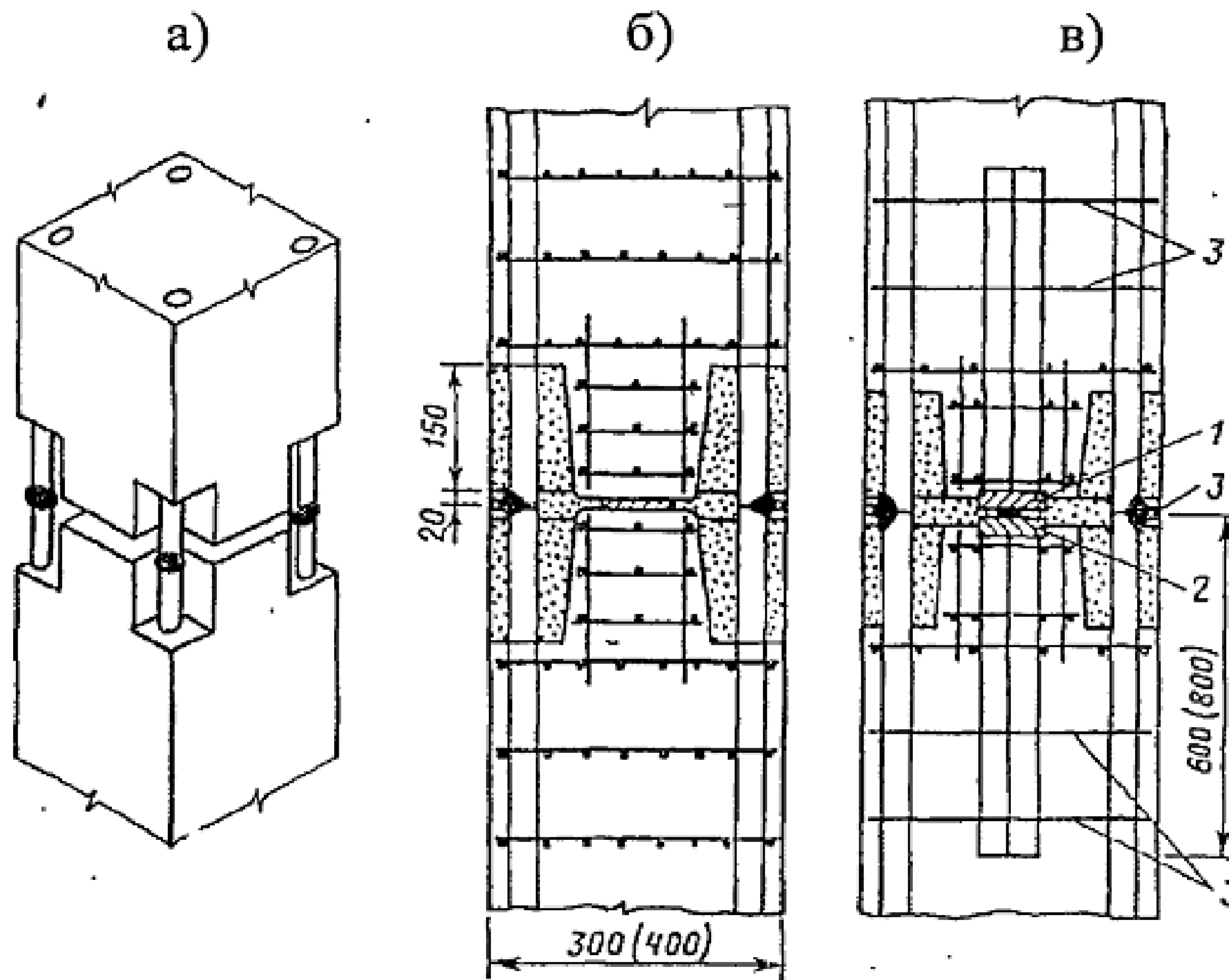


Рис.3

Конструкция и схема армирования сварных стыков колонн
 а) – общий вид стыка с ванной сваркой продольной арматуры; б) – стык с косвенным армированием; в) – стык с арматурным сердечником; 1) – приваренная пластина толщиной 20-40 мм; 2) – центрирующая пластина толщиной 5 мм; 3- хомут диаметром 12 мм.

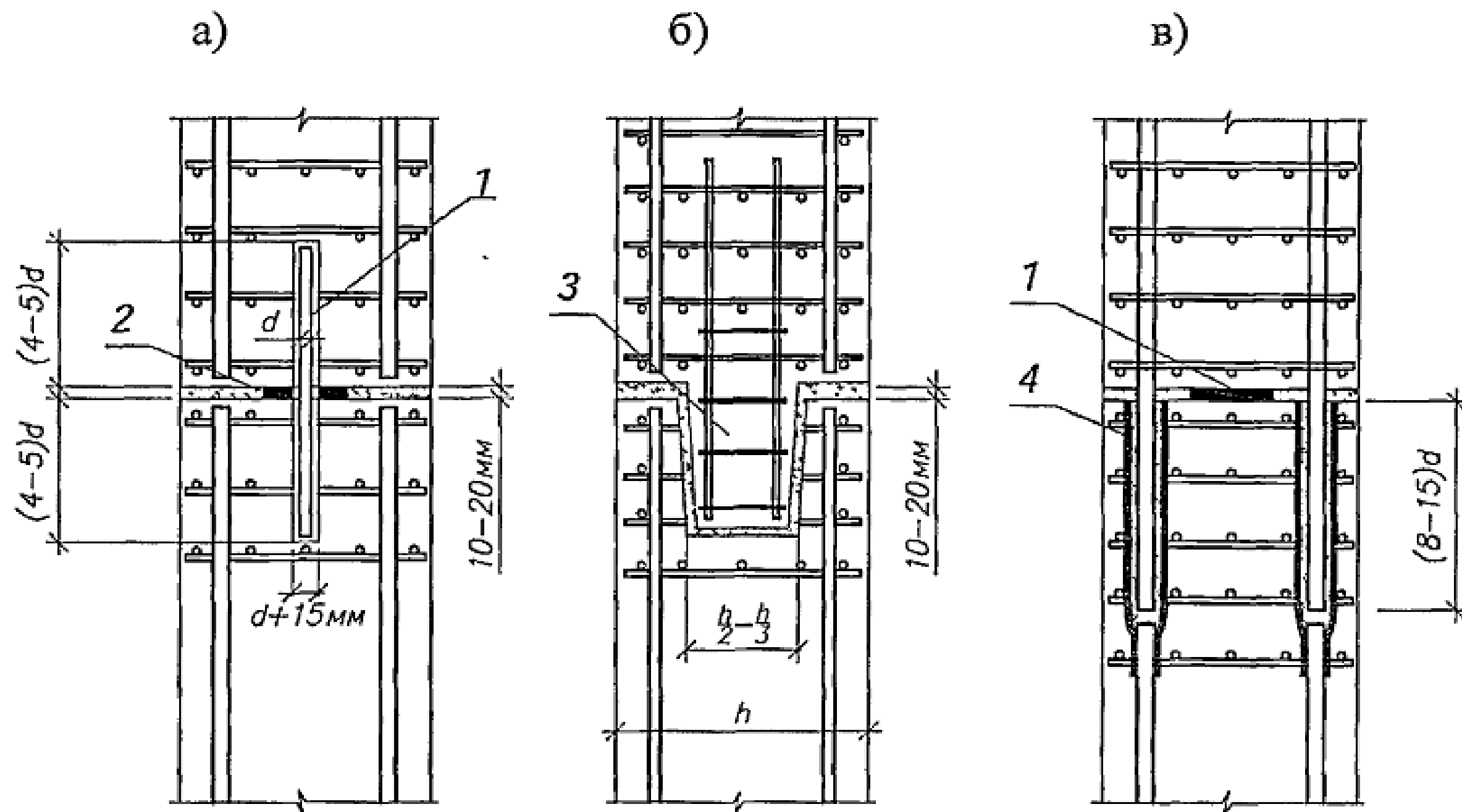


Рис.4

Некоторые бессварные стыки колонн.

а) контактный стык; б) гильзовый; в) муфтовый (трубчатый);
 1 – центрирующий штырь; 2 – центрирующая прокладка; 3 – выступ
 верхней части колонны; 4 – стальная трубка

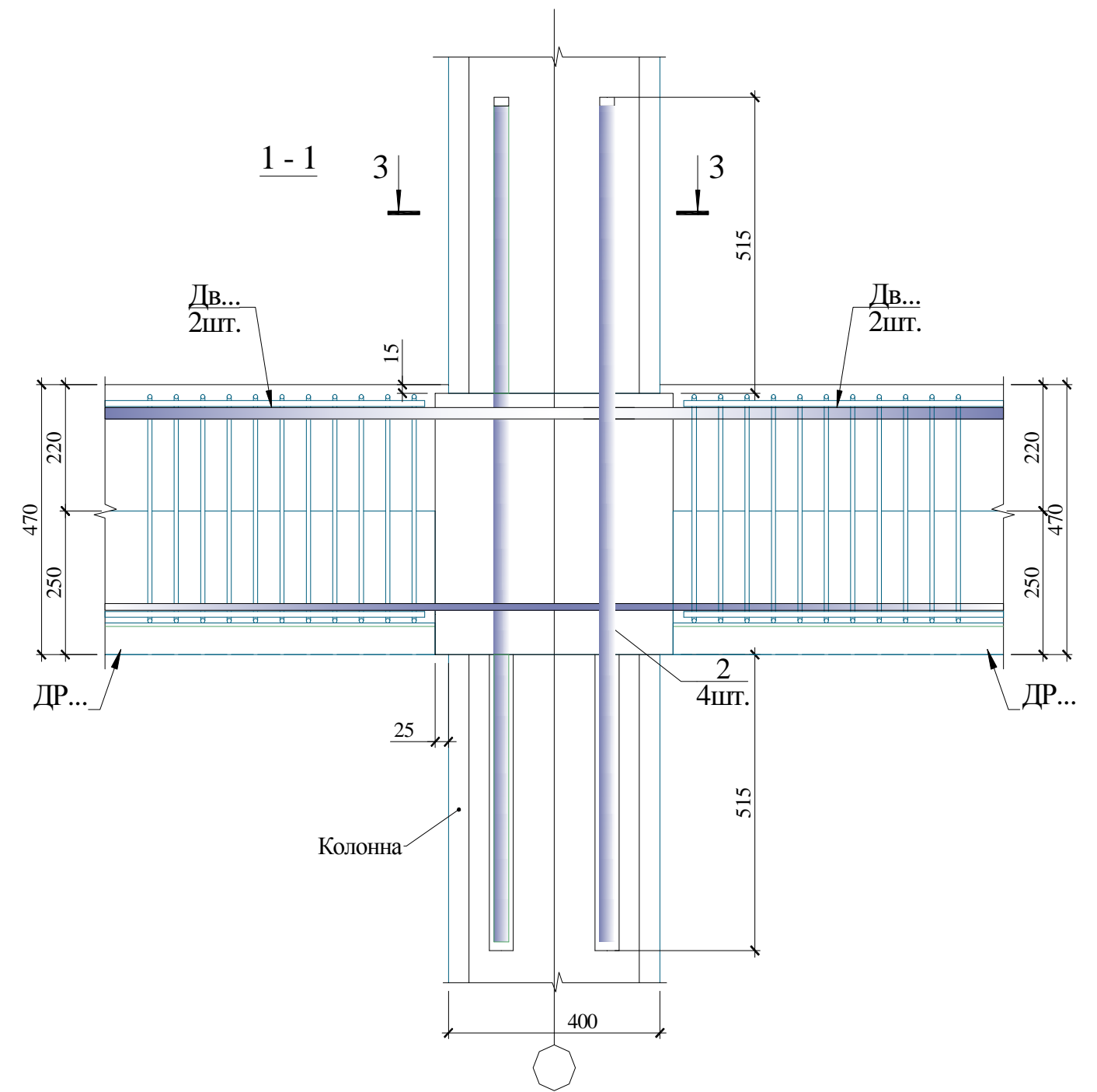
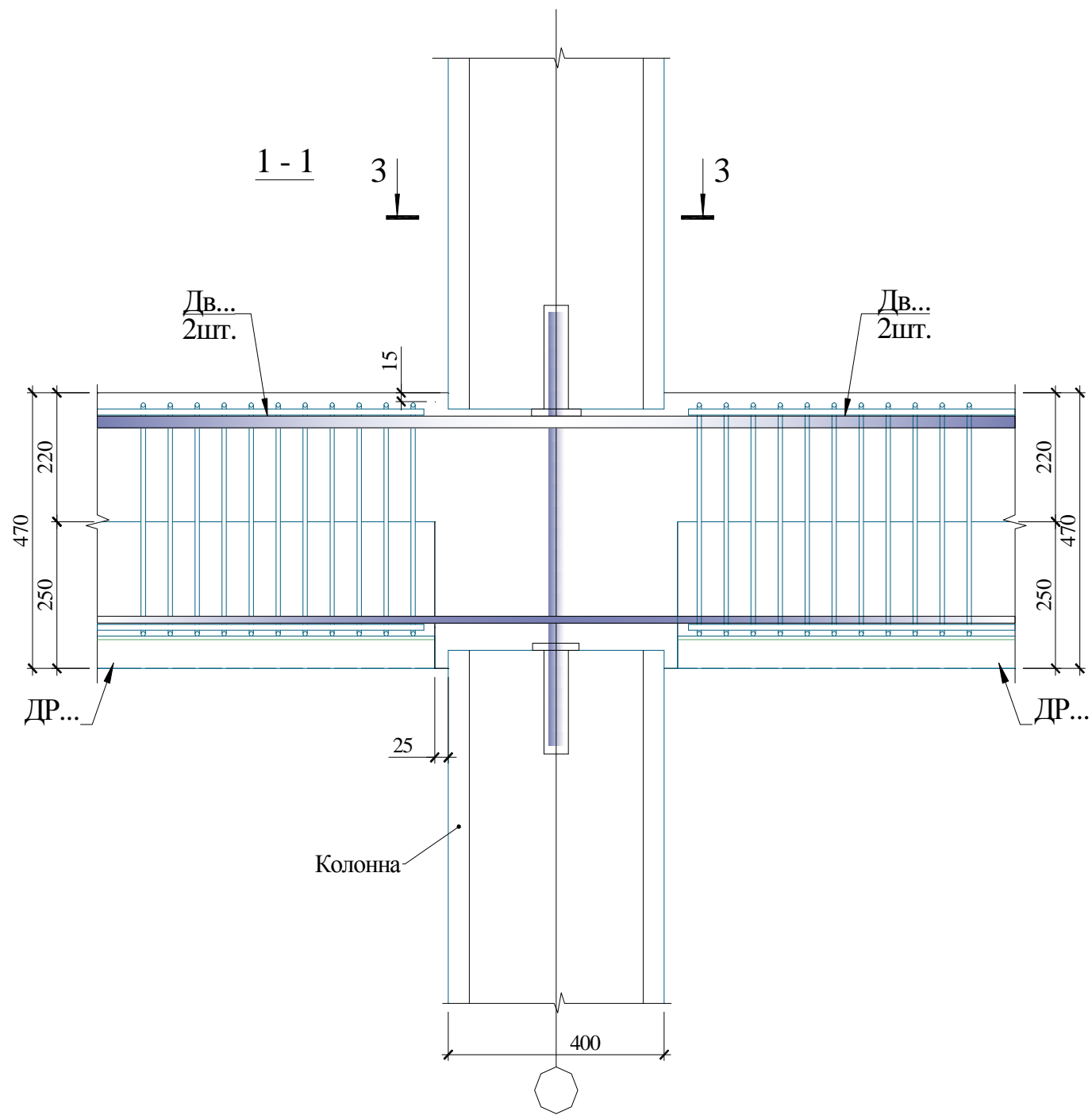


Рис.5 Стыки, разработанные в ООО “ПКЦ” Каркасные технологии”

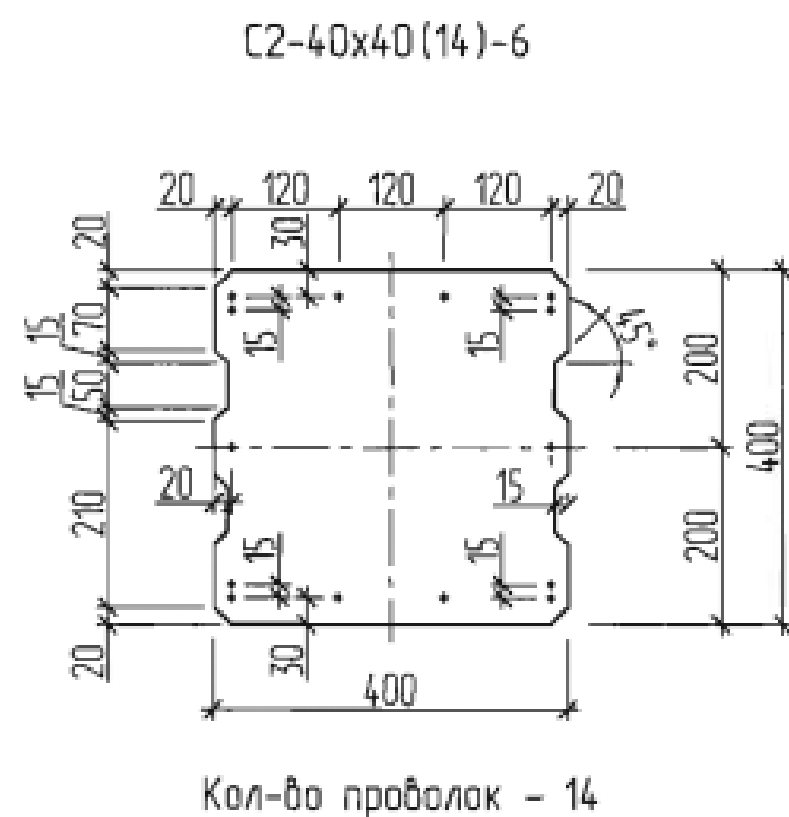
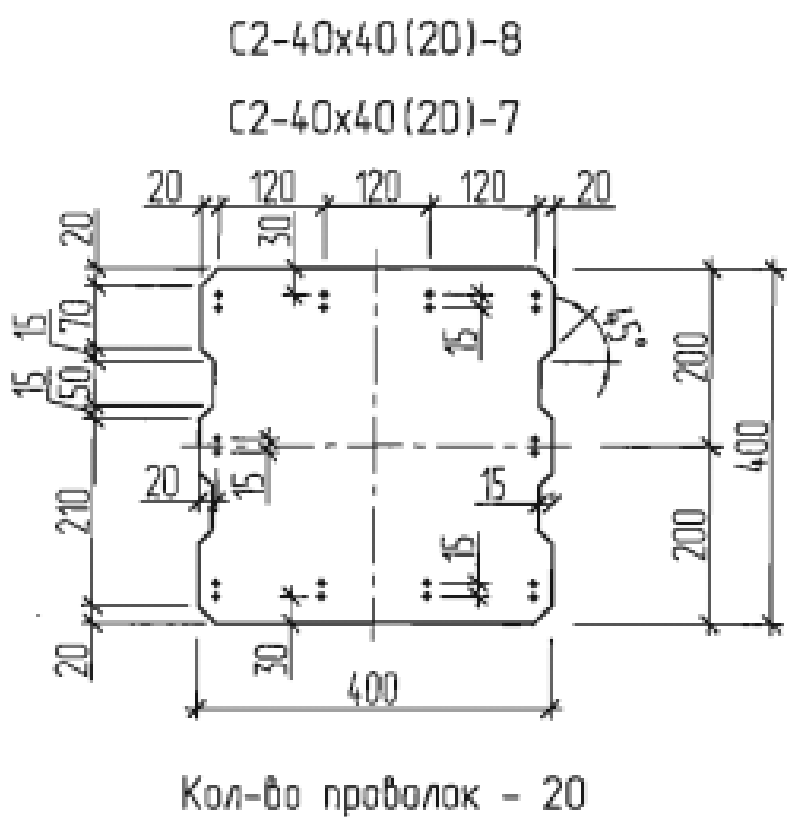
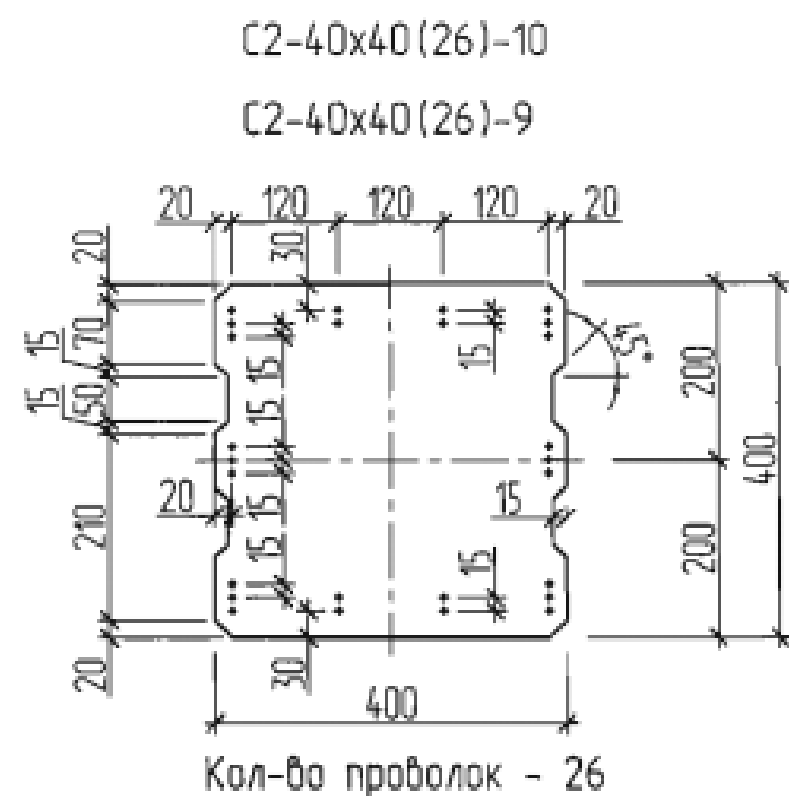
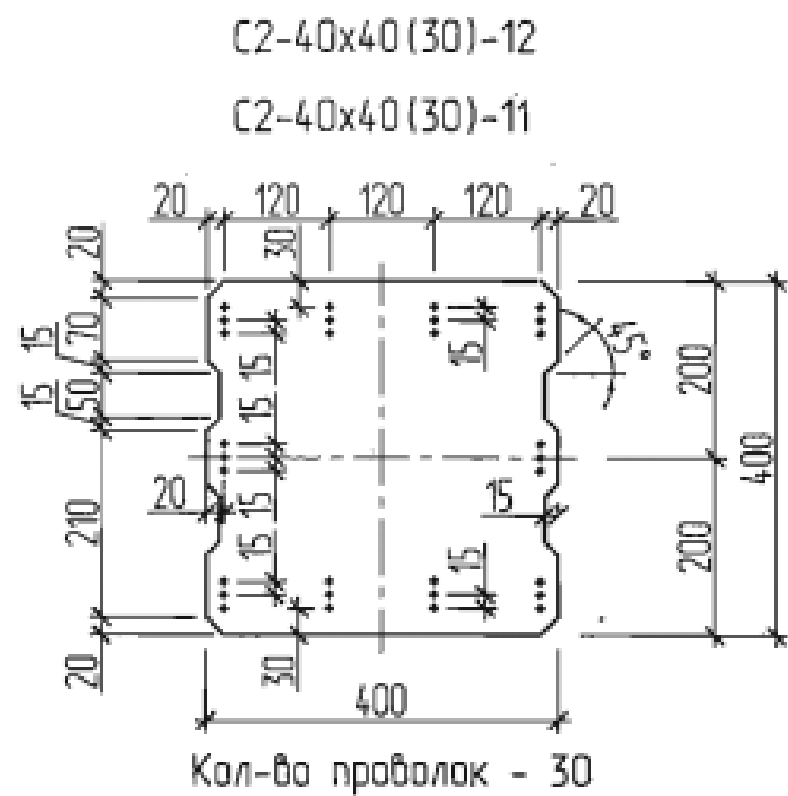


Рис.6 Армирование свай 40x40 с шагом 120мм

Сваи сечением С2-40х40(14) (В25 и В30)

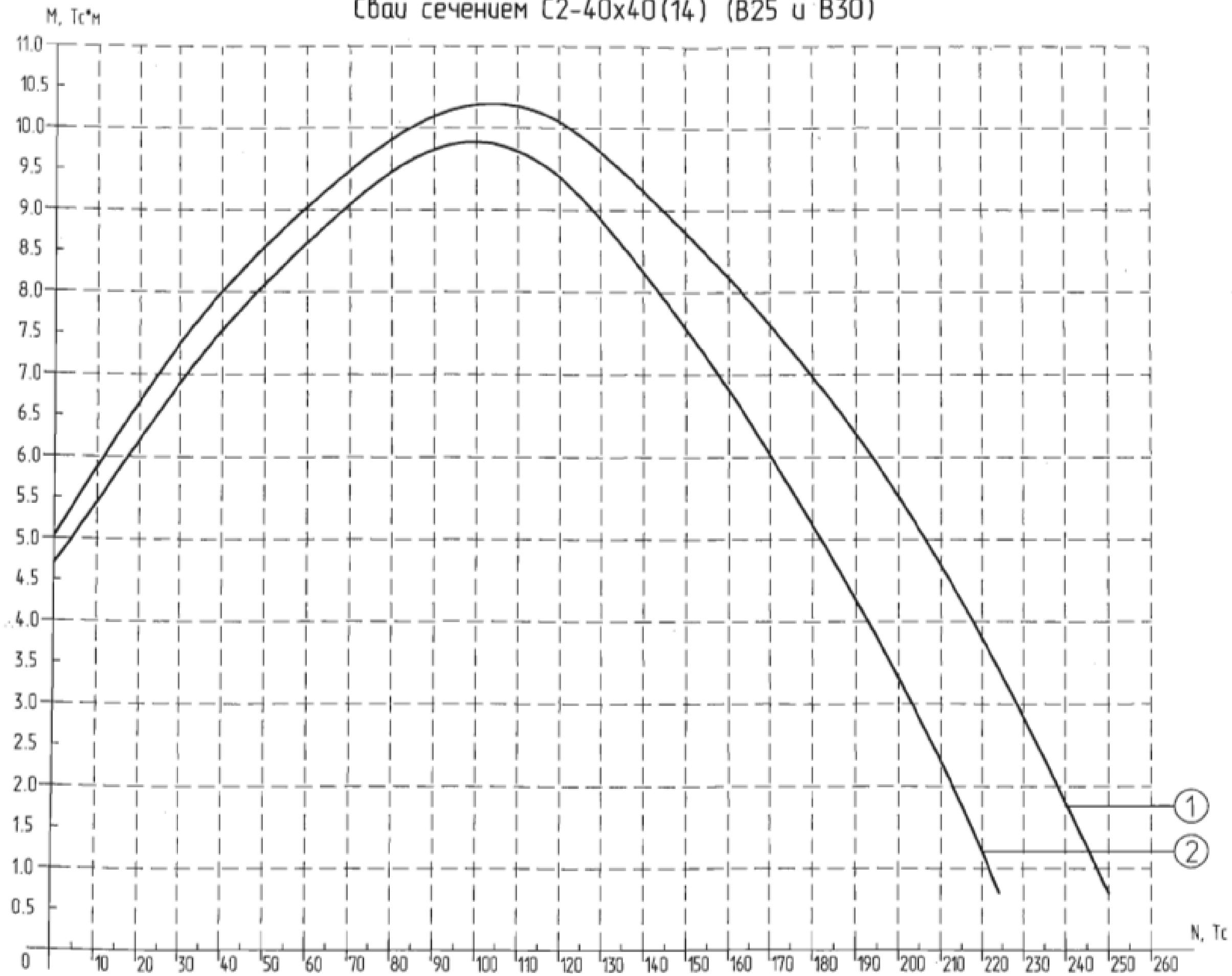


Рис.7 Графики несущей способности сечений

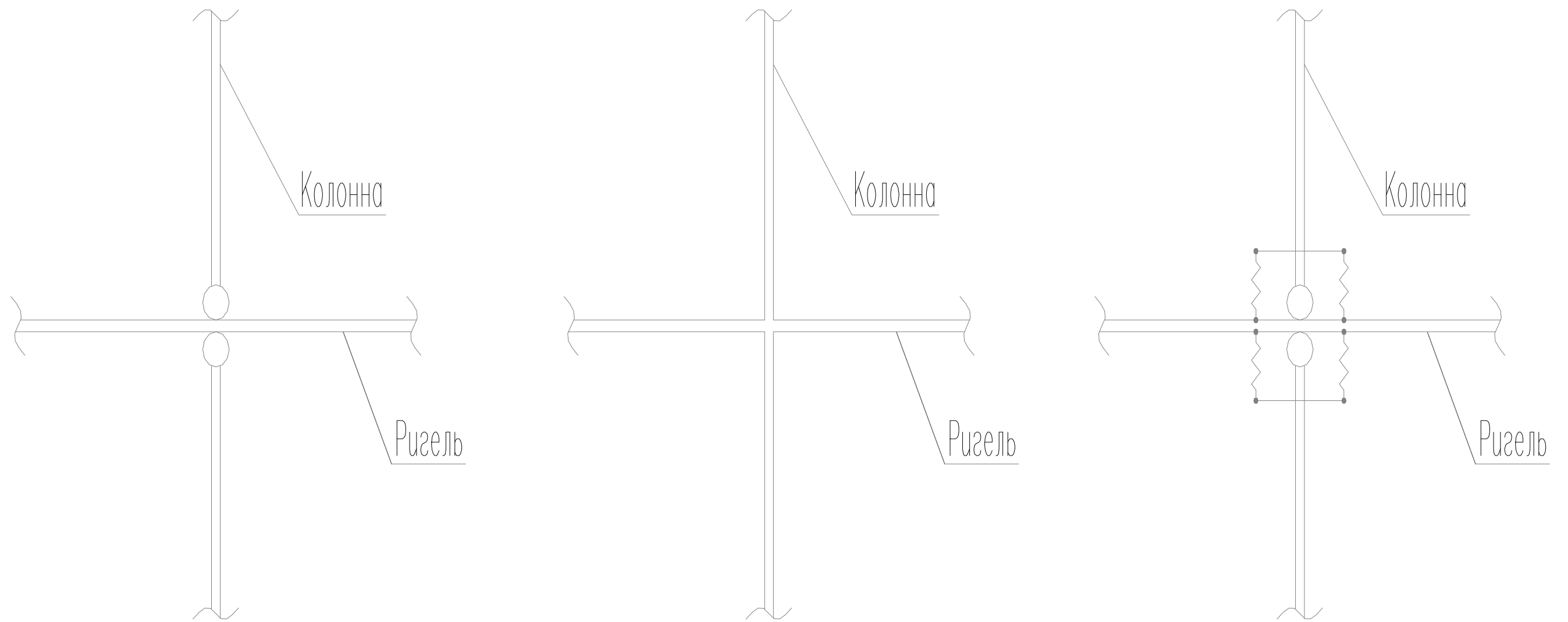


Рис.8 Принципиальные решения узлов сопряжения колонн с ригелями

Цели:

- проверить выполнение условия потери устойчивости сжатой бетонной колонны сечением 300х300мм, нагруженной продольной силой, приложенной со случайным эксцентриситетом, расчетом КЭ модели в физически нелинейной постановке в ПК "Ли́ра",
- оценить влияние наличия предварительно напряженной арматуры в колонне, величины предварительного напряжения на величину нагрузки при которой происходит разрушение колонны вследствие потери устойчивости,
- подобрать величину предварительного напряжения арматуры колонны, при которой в момент разрушения колонны предварительно напряженная арматура останется растянутой.

Задачи:

- определение расчетной нагрузки, принципиальной расчетной схемы,
- расчет коэффициента η , позволяющего учесть влияние прогиба при расчете внецентренно сжатого элемента, определение деформаций в горизонтальном направлении с учетом коэффициента η ,
- выполнить КЭ модель сжатой бетонной колонны в ПК "Ли́ра" (КЭ модель №1),
- сравнить перемещения, полученные по результатам физически нелинейного расчета в ПК "Ли́ра" с результатами "ручного" расчета с учетом коэффициента η ,
- выполнить анализ полученных результатов расчета,
- выполнить КЭ модель сжатой бетонной колонны в ПК "Ли́ра" с учетом предварительного напряжения арматуры (КЭ модель №2),
- задавшись величиной предварительного напряжения арматуры, равной 15% от разрушающей нагрузки на сжатие, выполнить расчет,
- выполнить анализ полученных результатов расчета.

Принципиальная расчетная схема

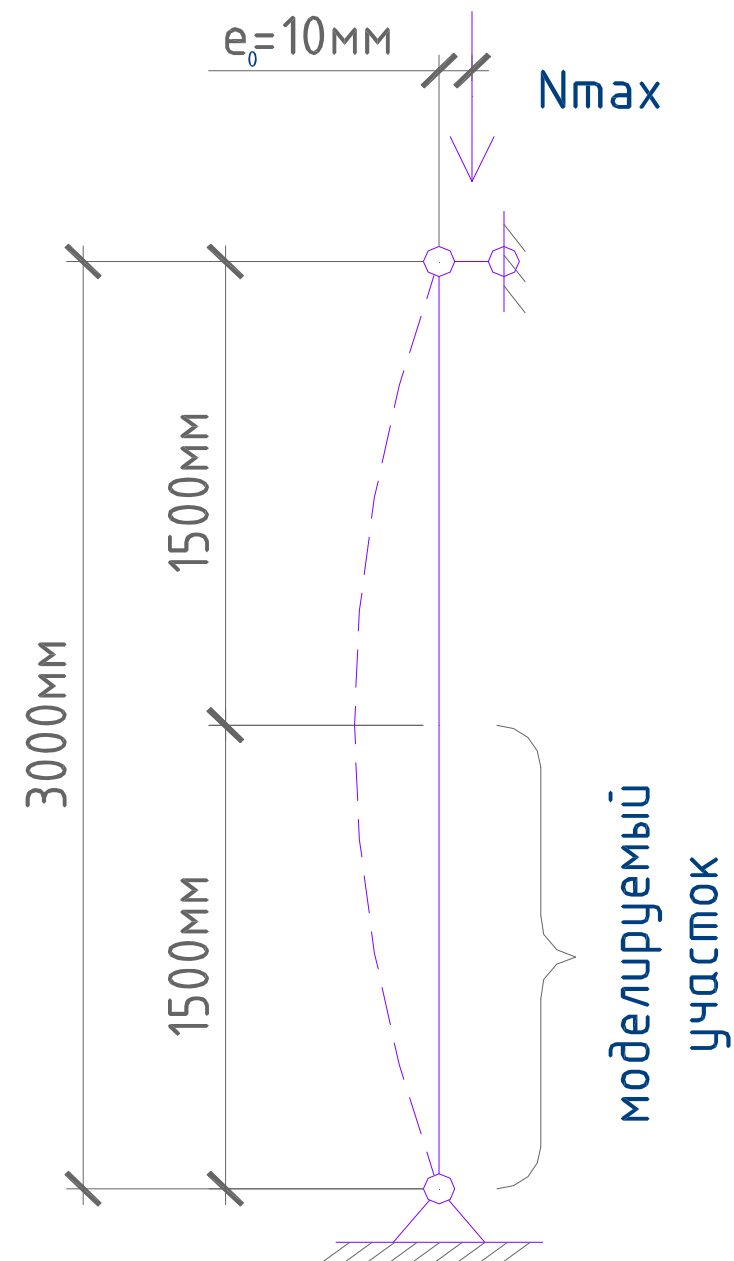


Рис.9

$$N_{\max} = R_{b,n} \cdot A_{\text{кол}} = 2243 \frac{\text{т}}{\text{м}^2} \cdot (0.3\text{м})^2 = 202\text{т} - \text{прикладываем нагрузку при которой должно произойти разрушение}$$

колонны вследствие достижения бетоном колонны предела прочности на сжатие.

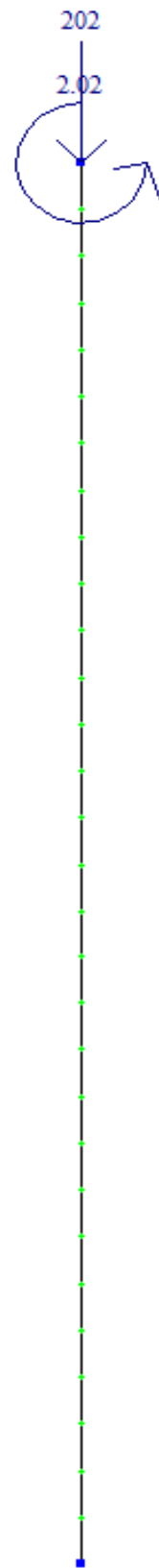
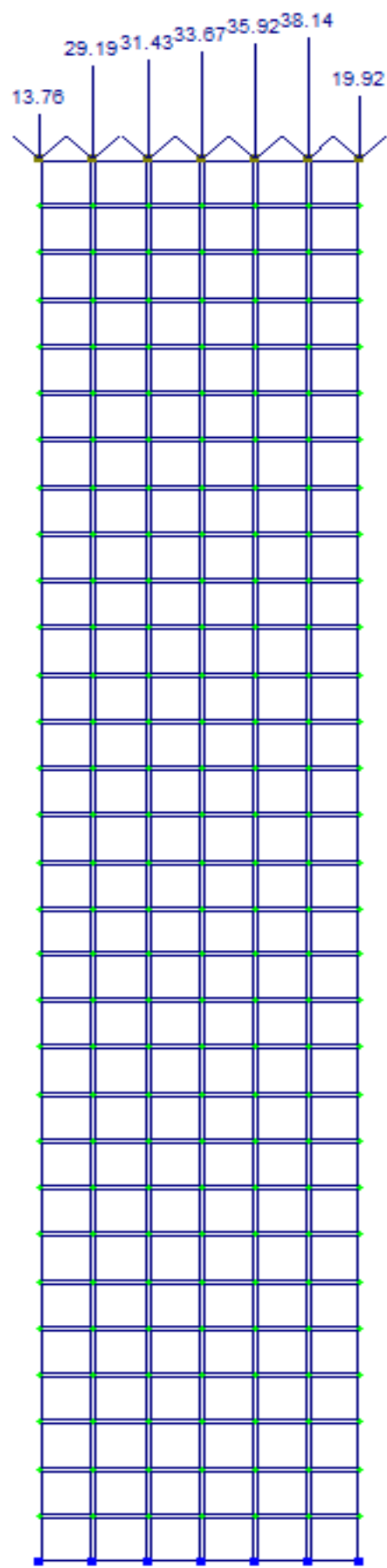
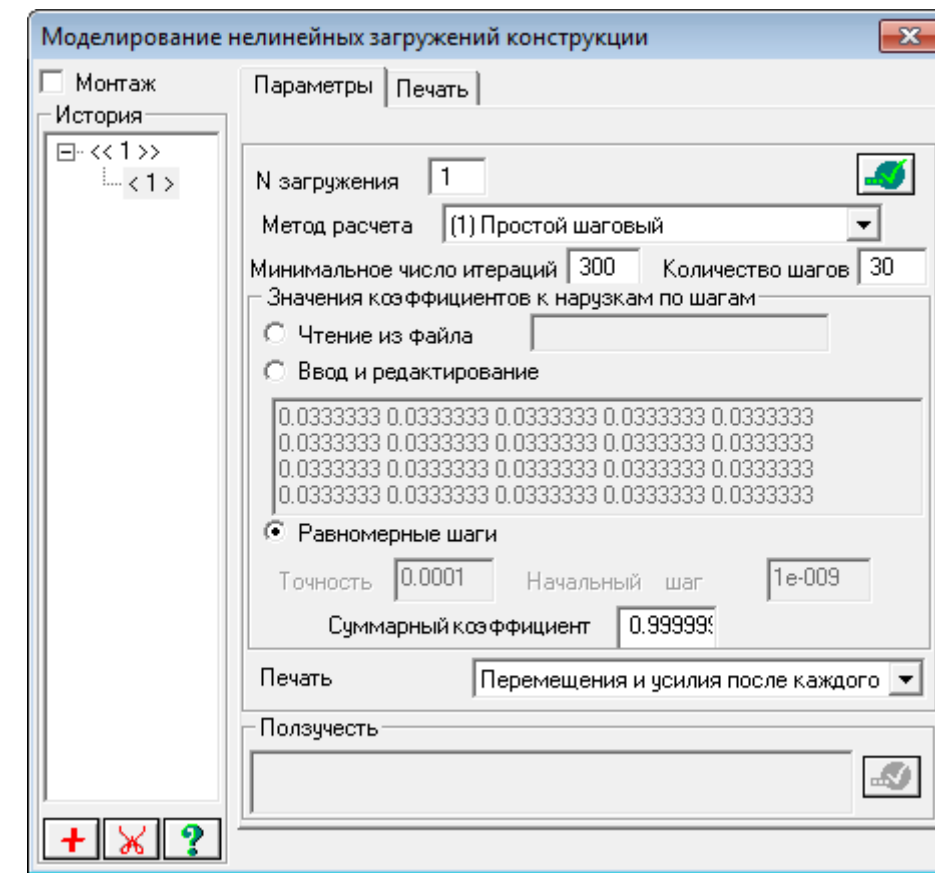
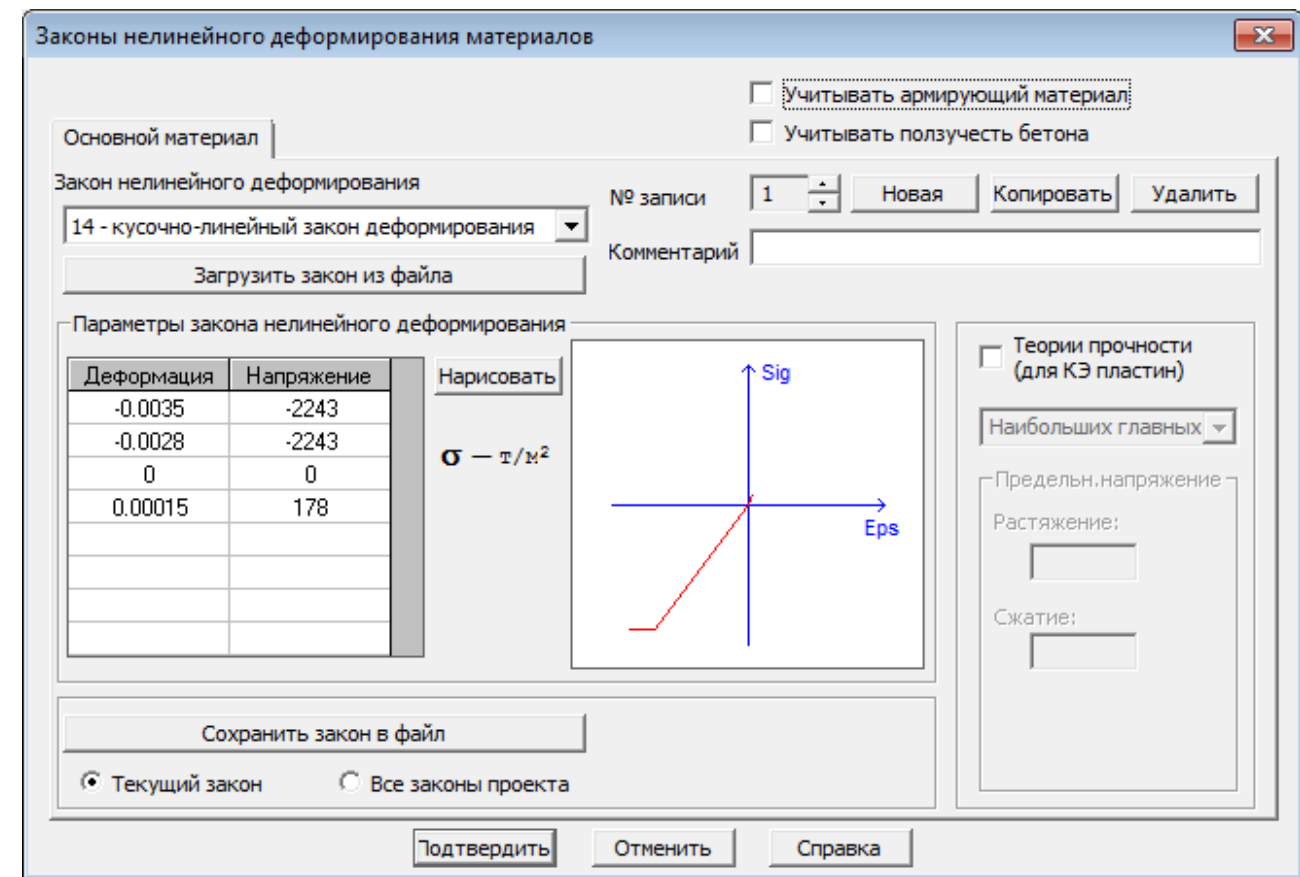


Рис.10

Общий вид КЭ модели №1
(колонна моделируется пластинами)

Общий вид КЭ модели №2
(колонна моделируется стержнями)



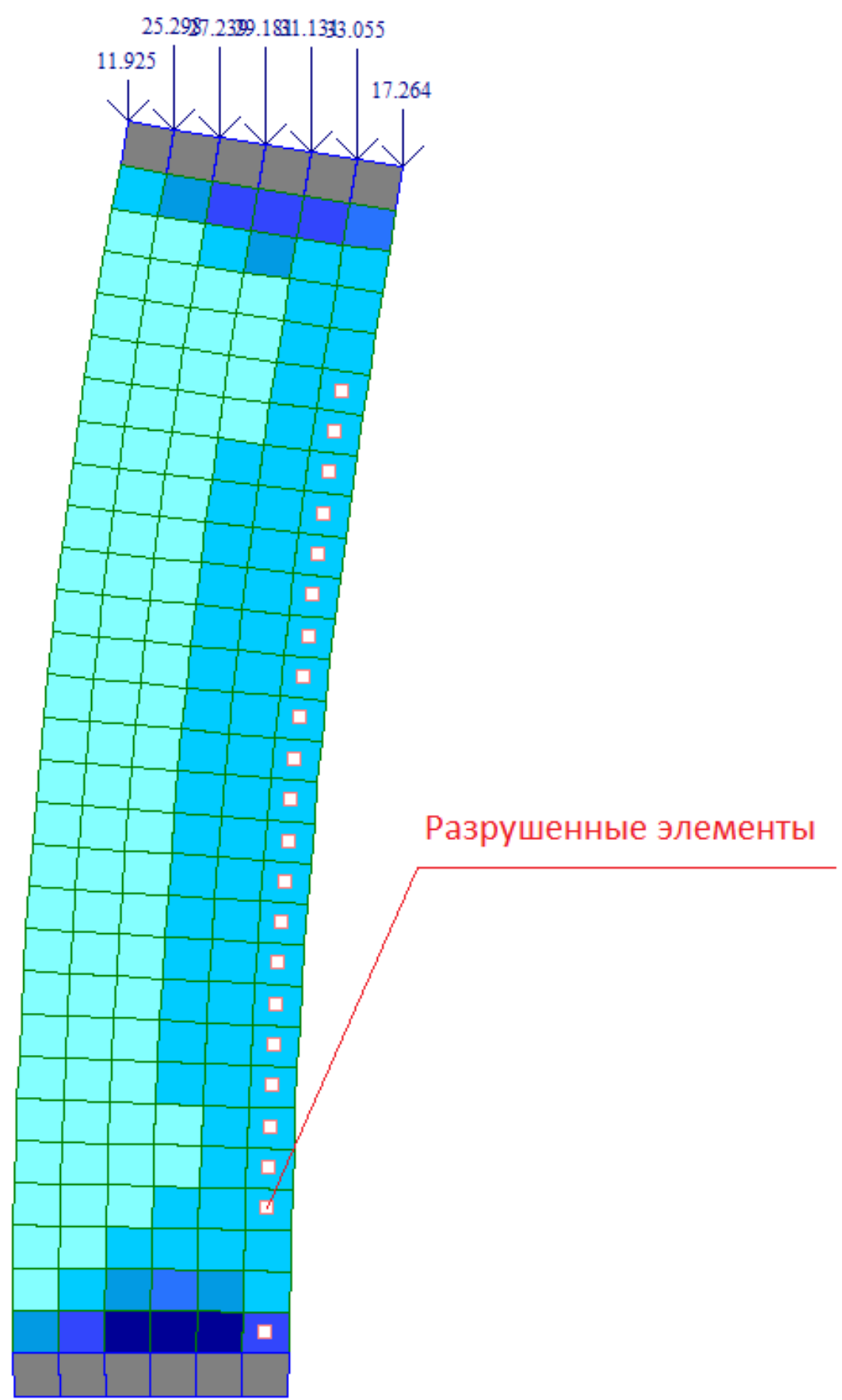
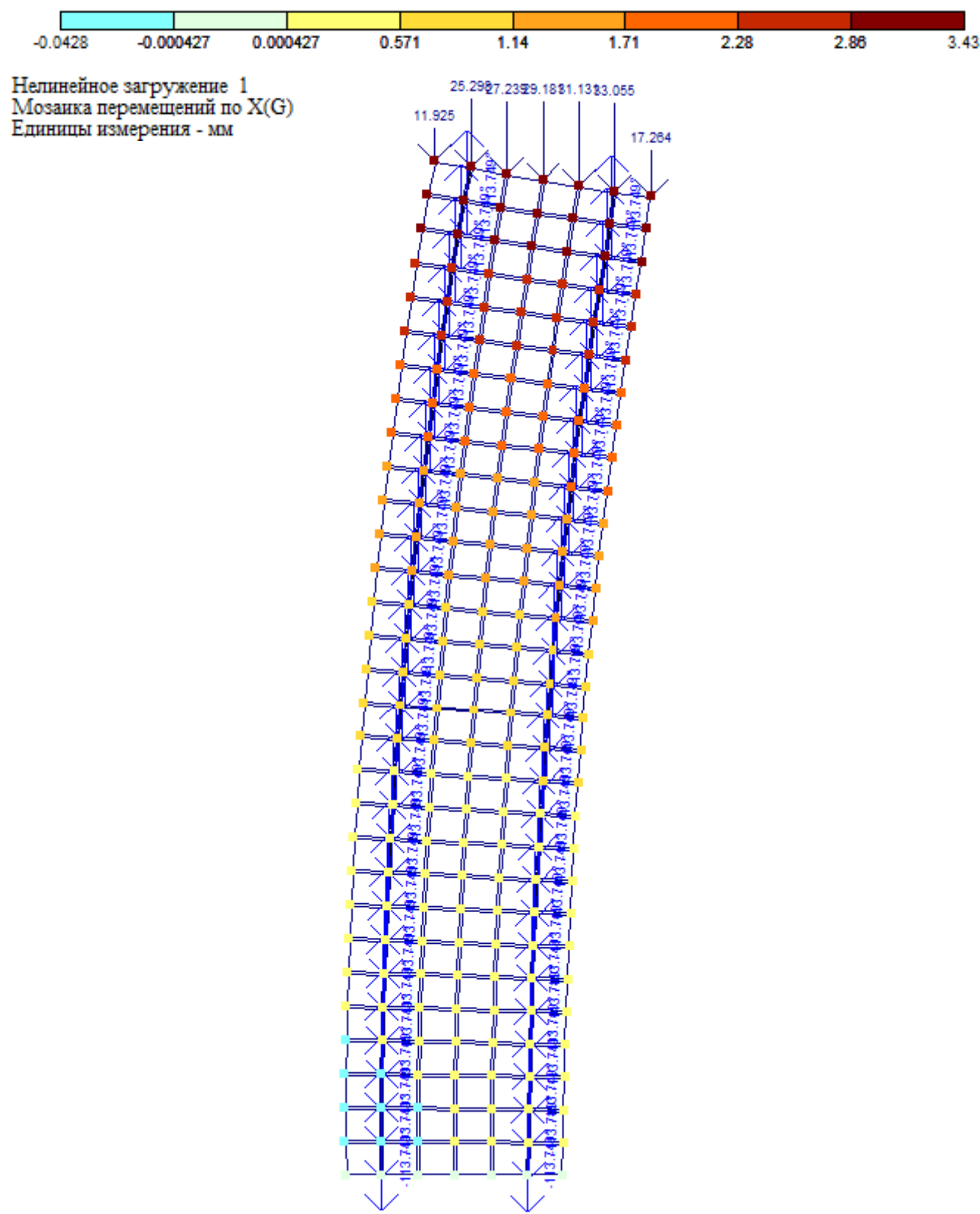


Рис.11

Картина разрушения, при коэффициенте к нагрузке $K=0.866$, что соответствует нагрузке 175.1т

Подберем величину предварительного напряжения таким образом, чтобы не снижать несущей способности бетонной колонны по отношению к расчету без предварительного напряжения. Положительные результаты были получены при величине предварительного напряжения, равной $0.15 \cdot N_{пред} = 0.15 \cdot 30t = 4.5t$.



Деформированная схема. Перемещения вдоль горизонтальной оси X в мм, при коэффициенте к нагрузке $K_{пред2}=0.867$, $N_{пред}=4.5t$.

Нелинейное нагружение 1
Эпюра N
Единицы измерения - т

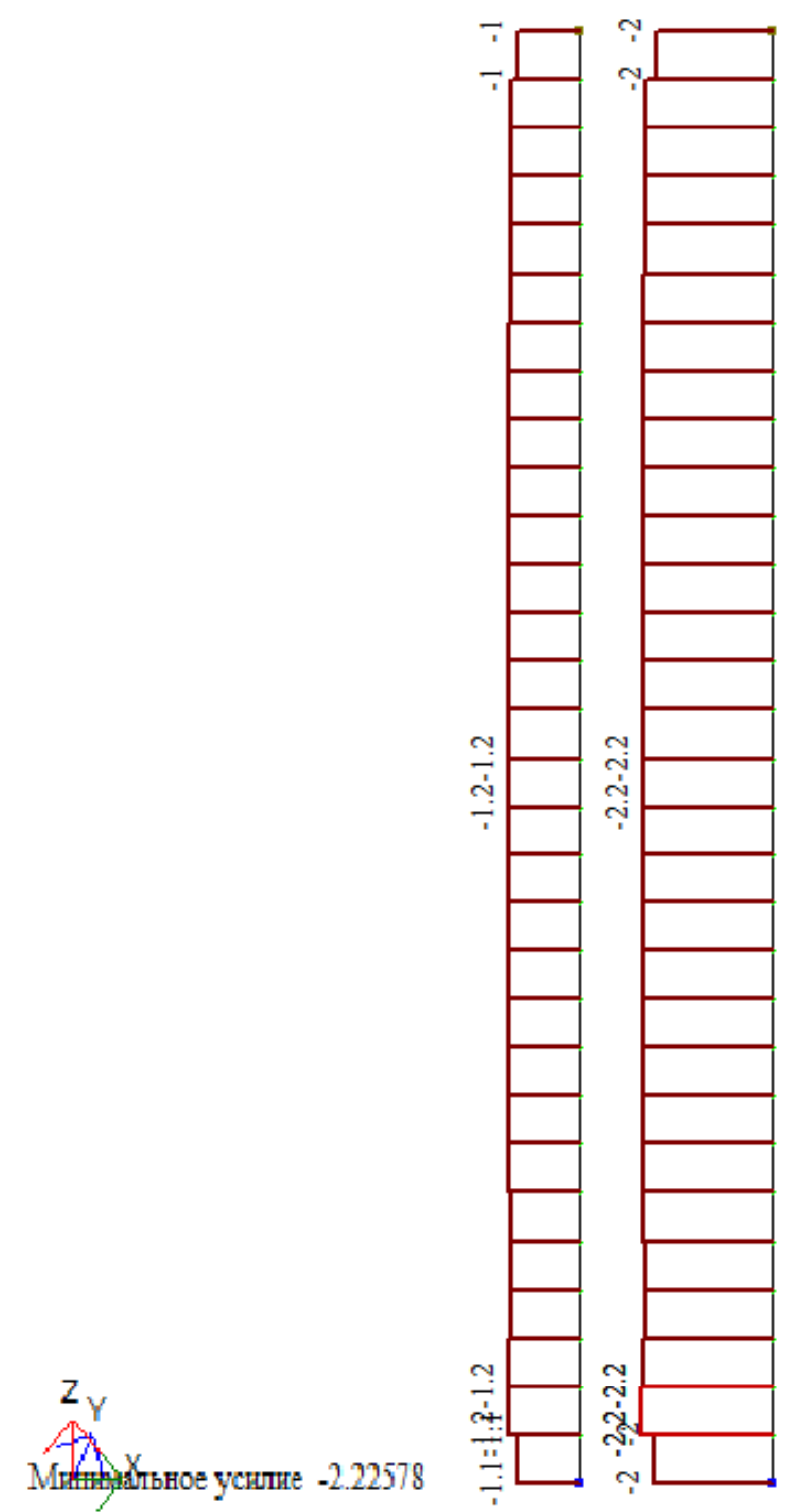
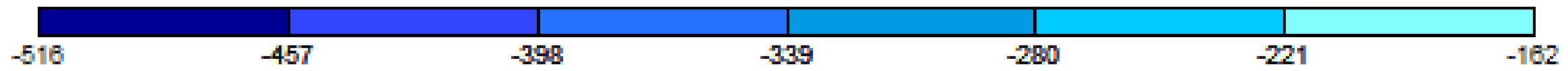


Рис.12

Продольные усилия в предварительно напряженной арматуре в тоннах, при коэффициенте к нагрузке $K_{пред2}=0.867$, $N_{пред}=4.5t$.



Нелинейное нагружение 1
 Картина разрушения
 Нижний слой
 Мозаика главных напряжений N1
 Единицы измерения - т/м**2

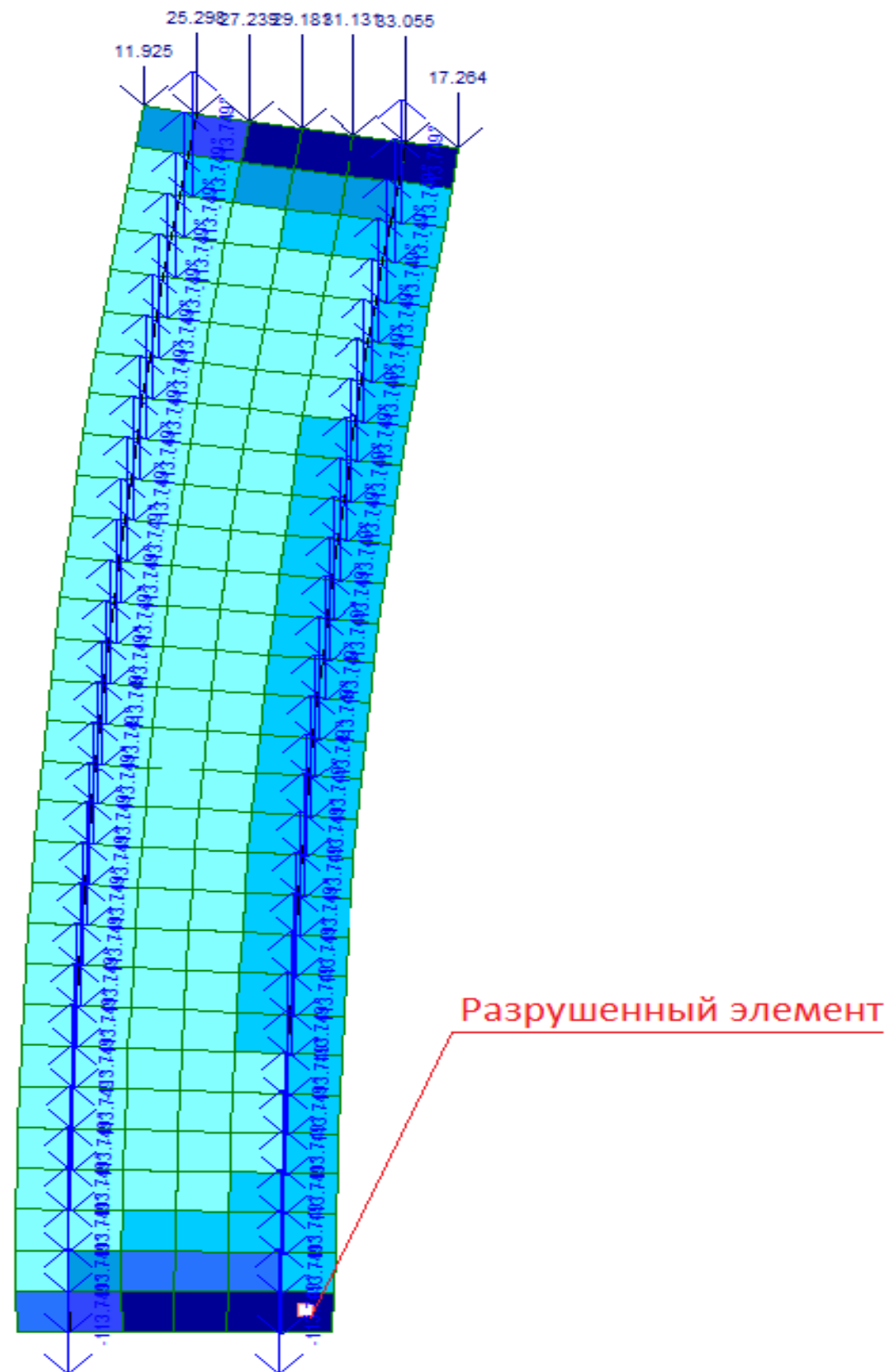
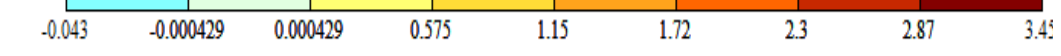
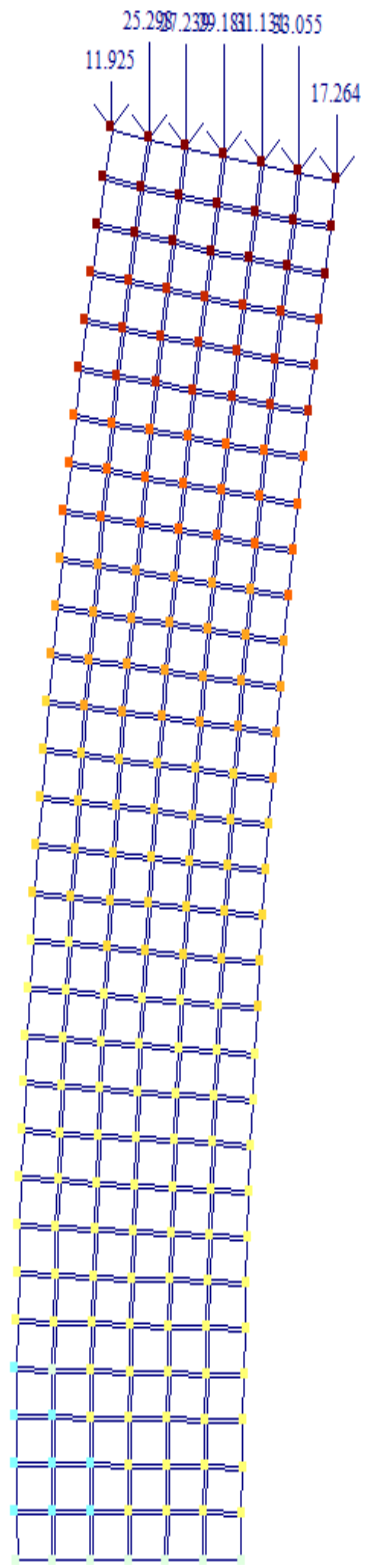


Рис.13 Картина разрушения, при коэффициенте к нагрузке $K_{пред2}=0.867$.



Нелинейное нагружение 1
Мозаика перемещений по X(G)
Единицы измерения - мм



Деформированная схема.

при коэффициенте к нагрузке $K=0.866$ (175.1т)



Нелинейное нагружение 1
Мозаика перемещений по X(G)
Единицы измерения - мм

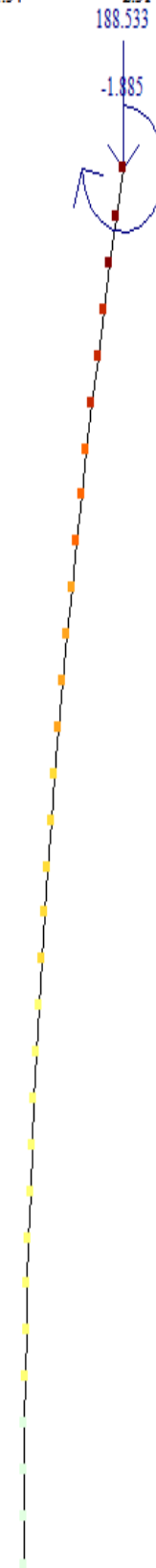


Рис.14

Физ. нелин. эл-ты стержней

Перемещения вдоль горизонтальной оси X в мм,
при коэффициенте к нагрузке $K=0.933$ (188.5т)



Нелинейное нагружение 1
Мозаика перемещений по X(G)
Единицы измерения - мм



Физ. нелин. + геом нелин. эл-ты стержней

при коэффициенте к нагрузке $K=0.866$ (175.1т)

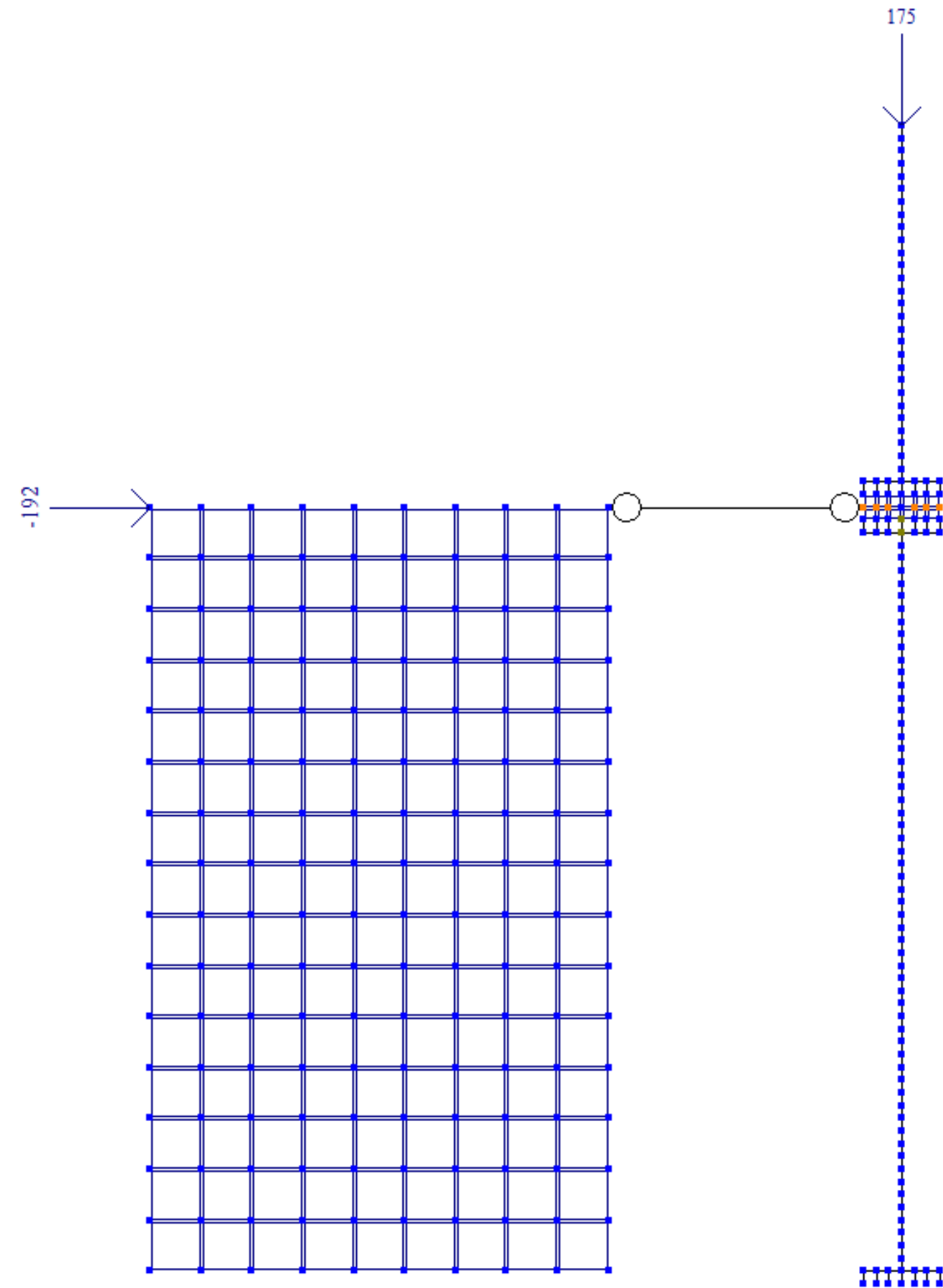
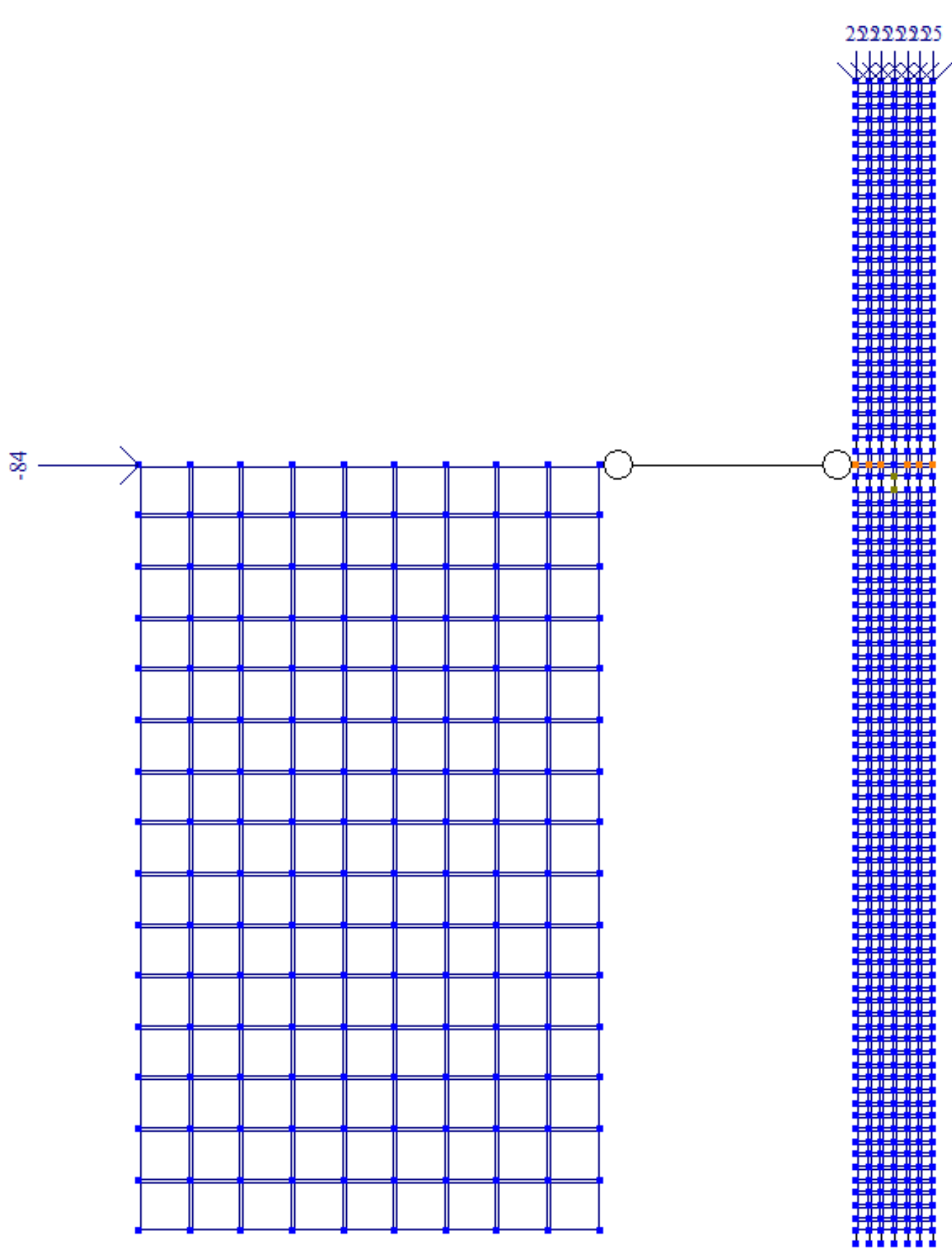


Рис.15

Общий вид расчетных схем (колонна в составе конструкции)

Колонна выполнена пластинами

Колонна выполнена стержнями

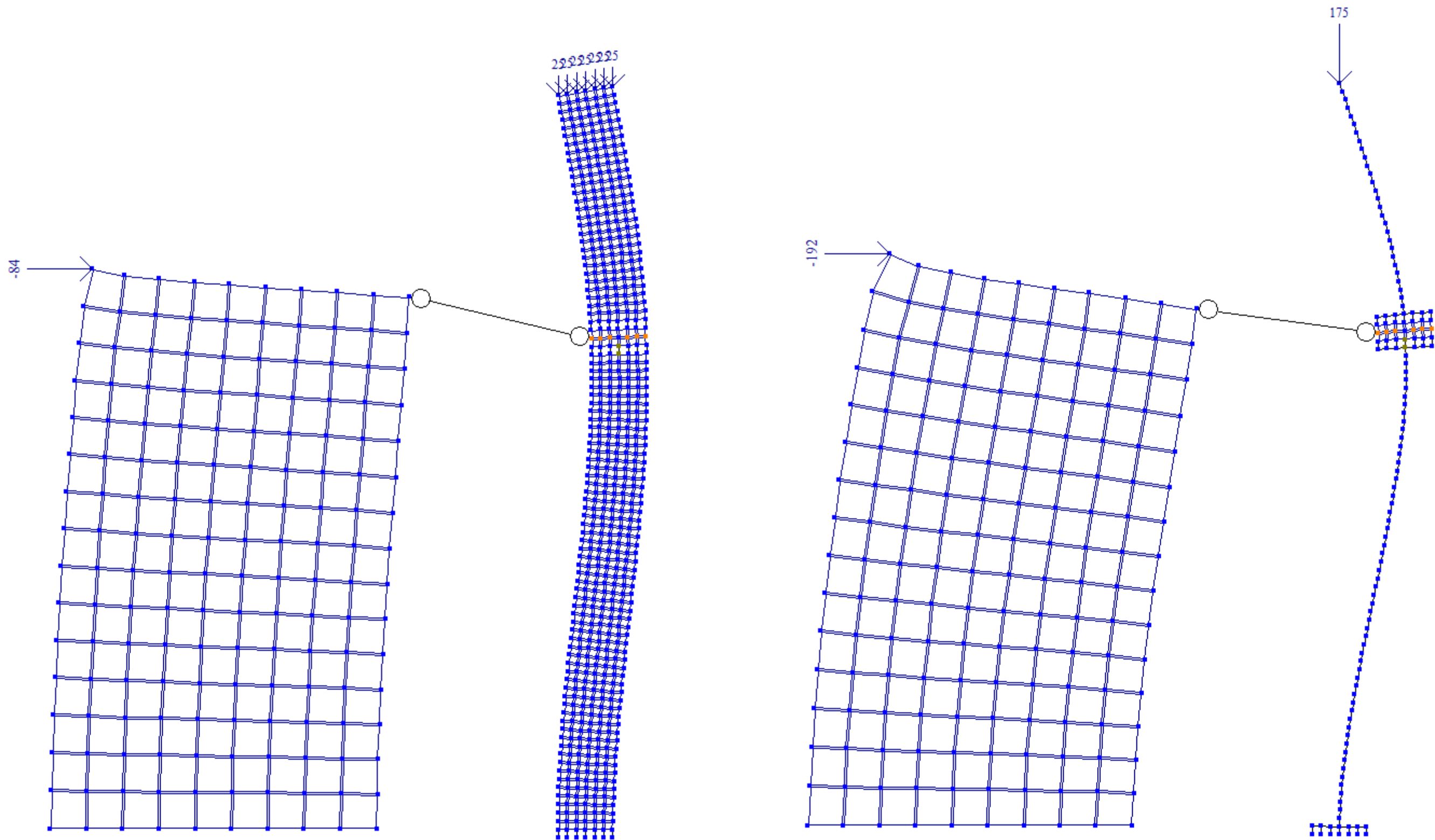


Рис.16

Деформированная схема

Колонна выполнена пластинами

Колонна выполнена стержнями

-482 -428 -374 -321 -267 -213 -160

Нелинейное нагружение 1
Картина разрушения
Средний слой
Мозаика главных напряжений N1
Единицы измерения - т/м**2

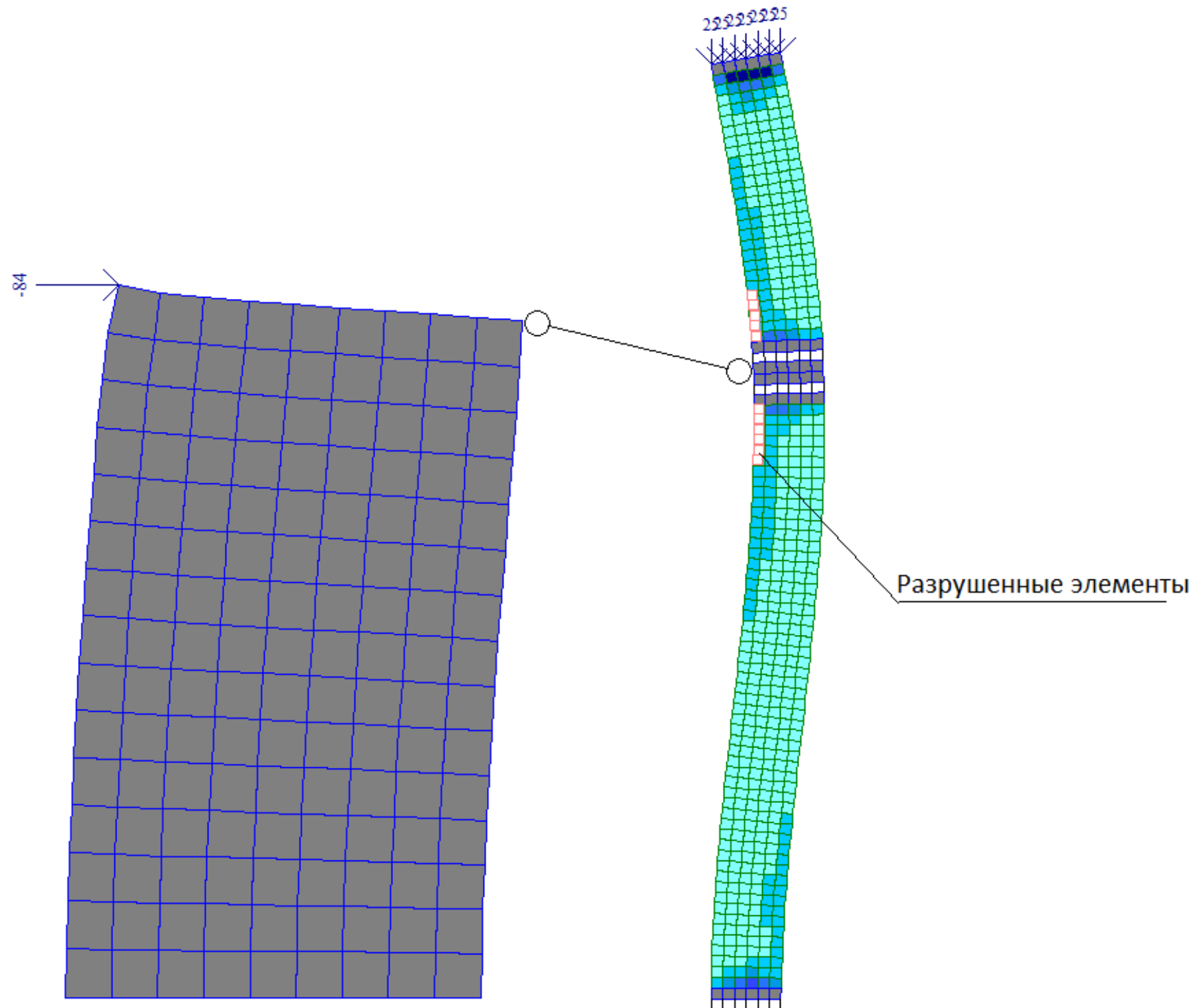
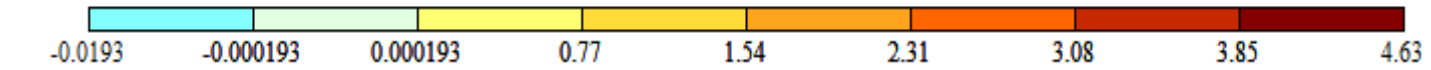
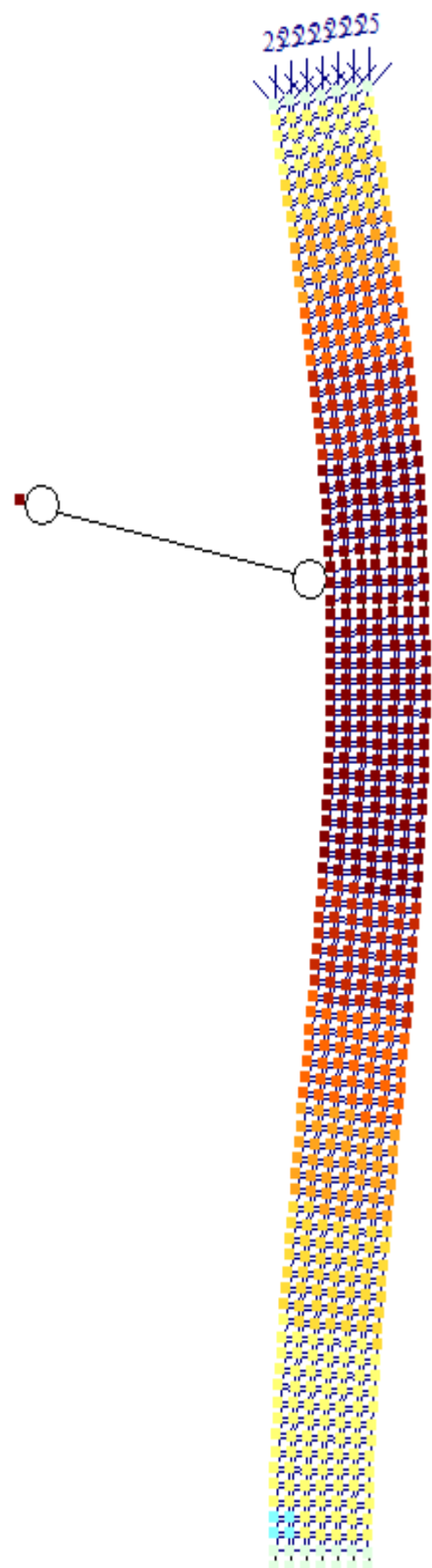


Рис.17 Картина разрушения для колонны, выполненной пластинами



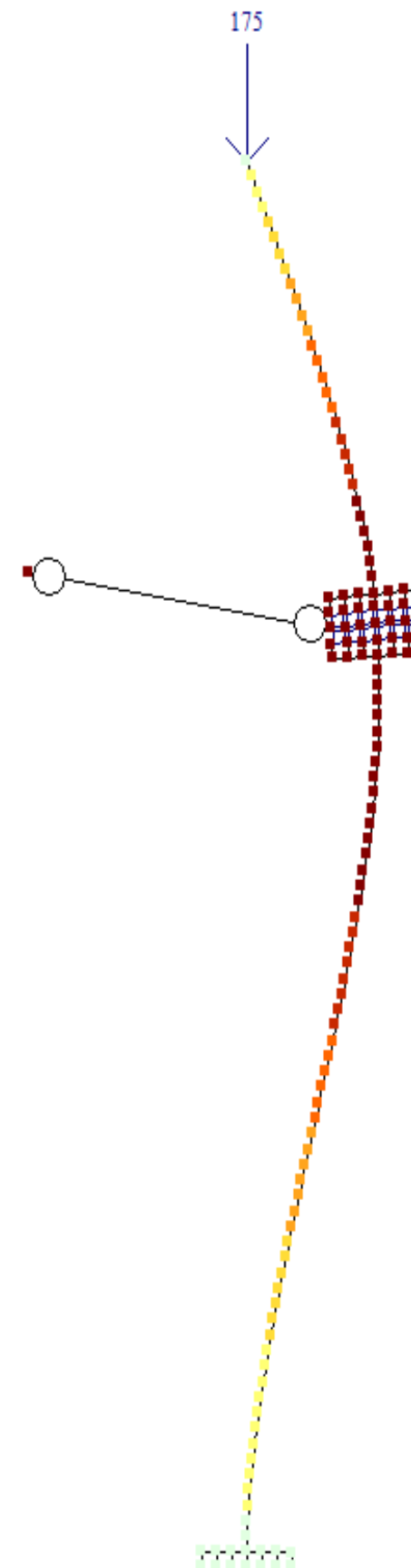
Нелинейное нагружение 1
 Мозаика перемещений по X(G)
 Единицы измерения - мм



Колонна выполнена пластинами



Нелинейное нагружение 1
 Мозаика перемещений по X(G)
 Единицы измерения - мм



Колонна выполнена стержнями

Рис.18

Перемещения вдоль горизонтальной оси X в мм

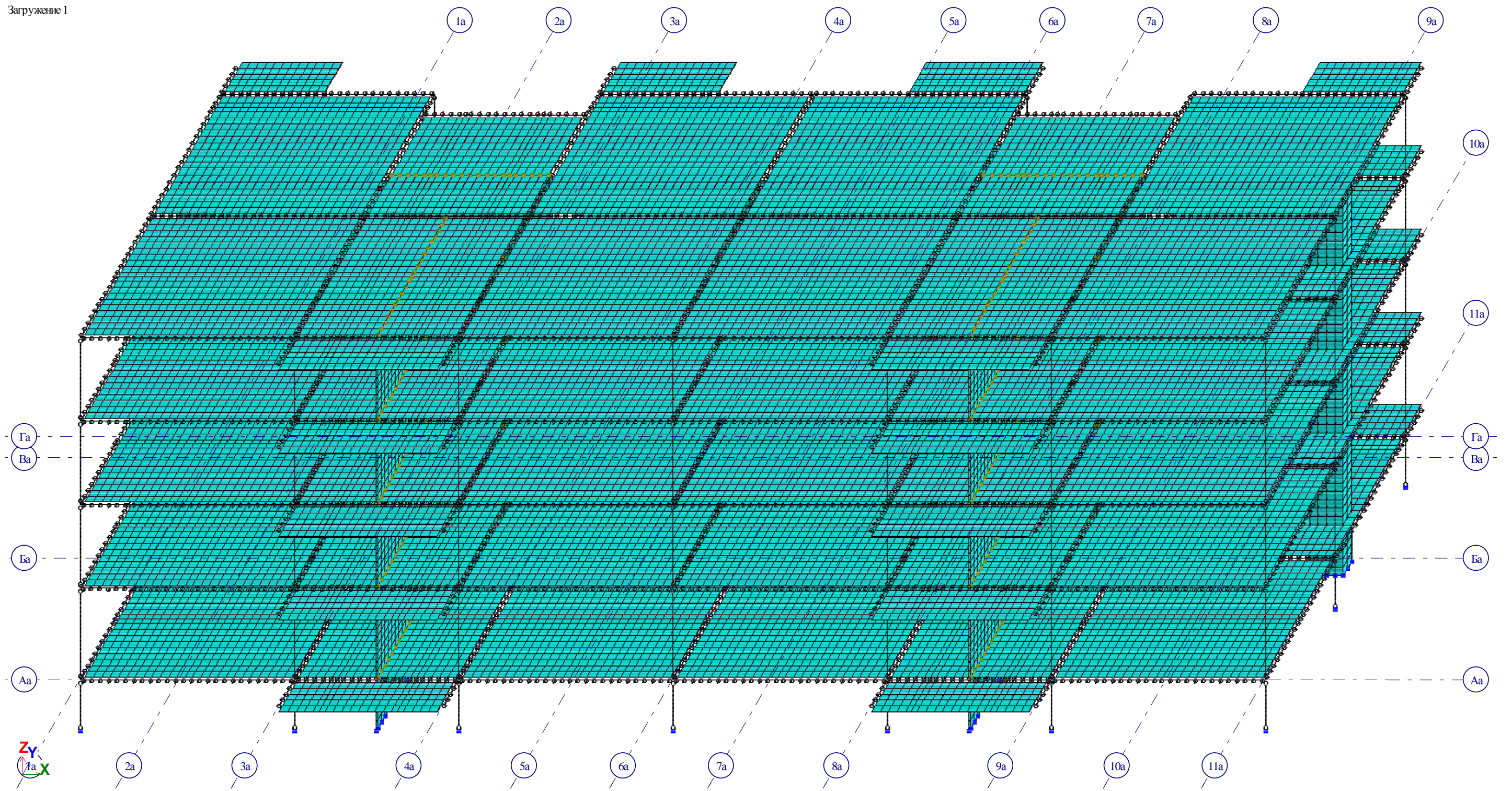


Рис.19

Пространственная схема каркасного здания

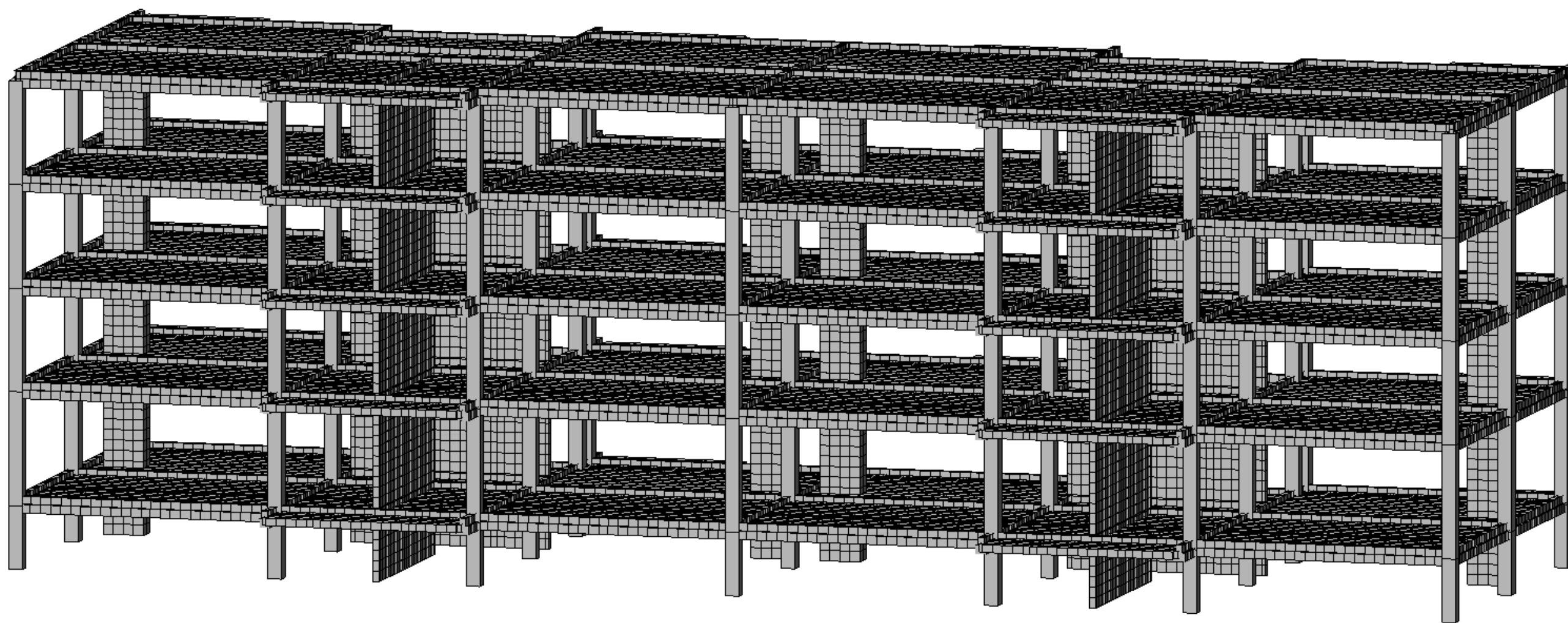


Рис.20

Пространственная схема каркасного здания. Объемный вид

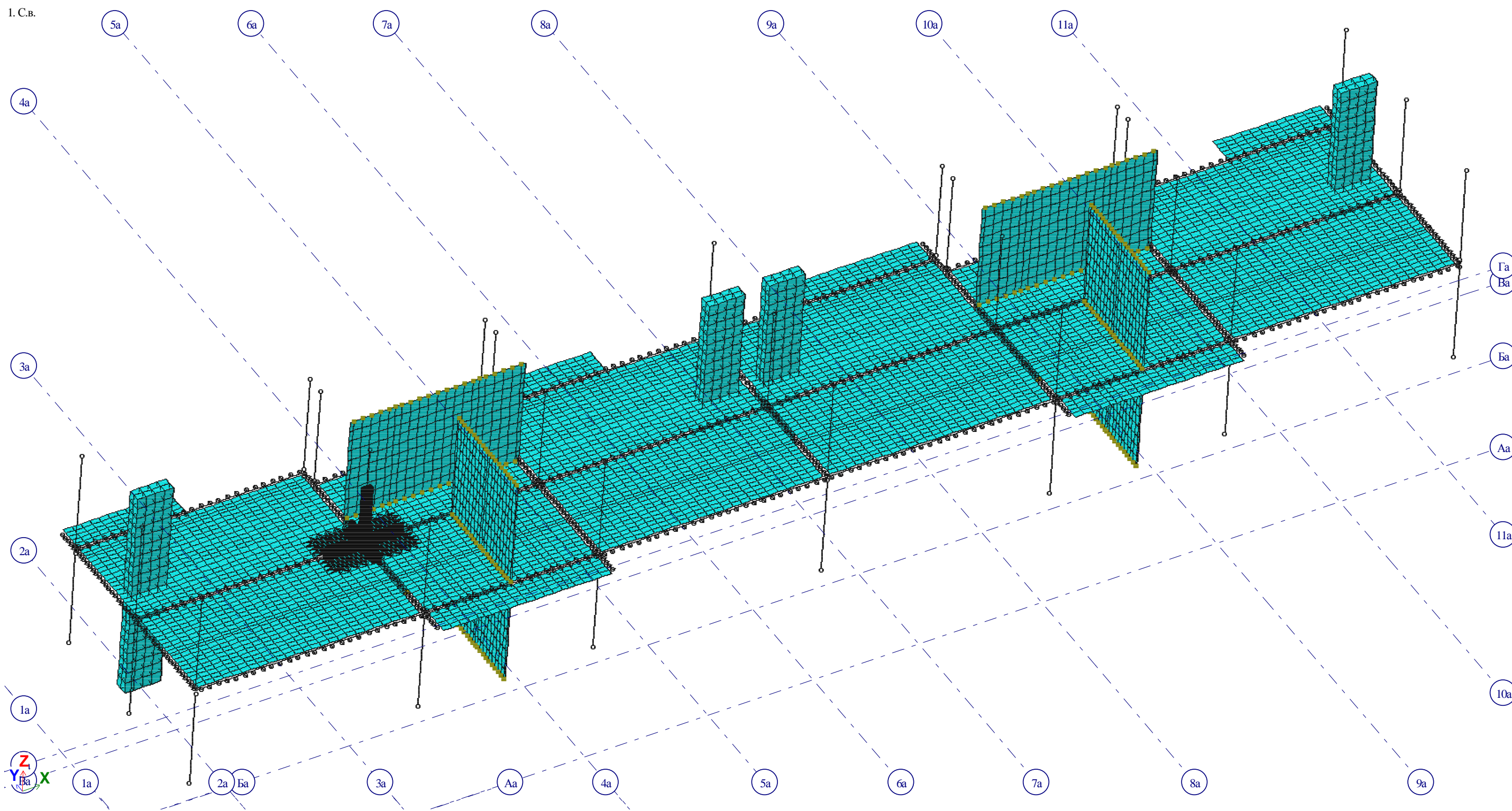


Рис.21

Конструкции типового этажа

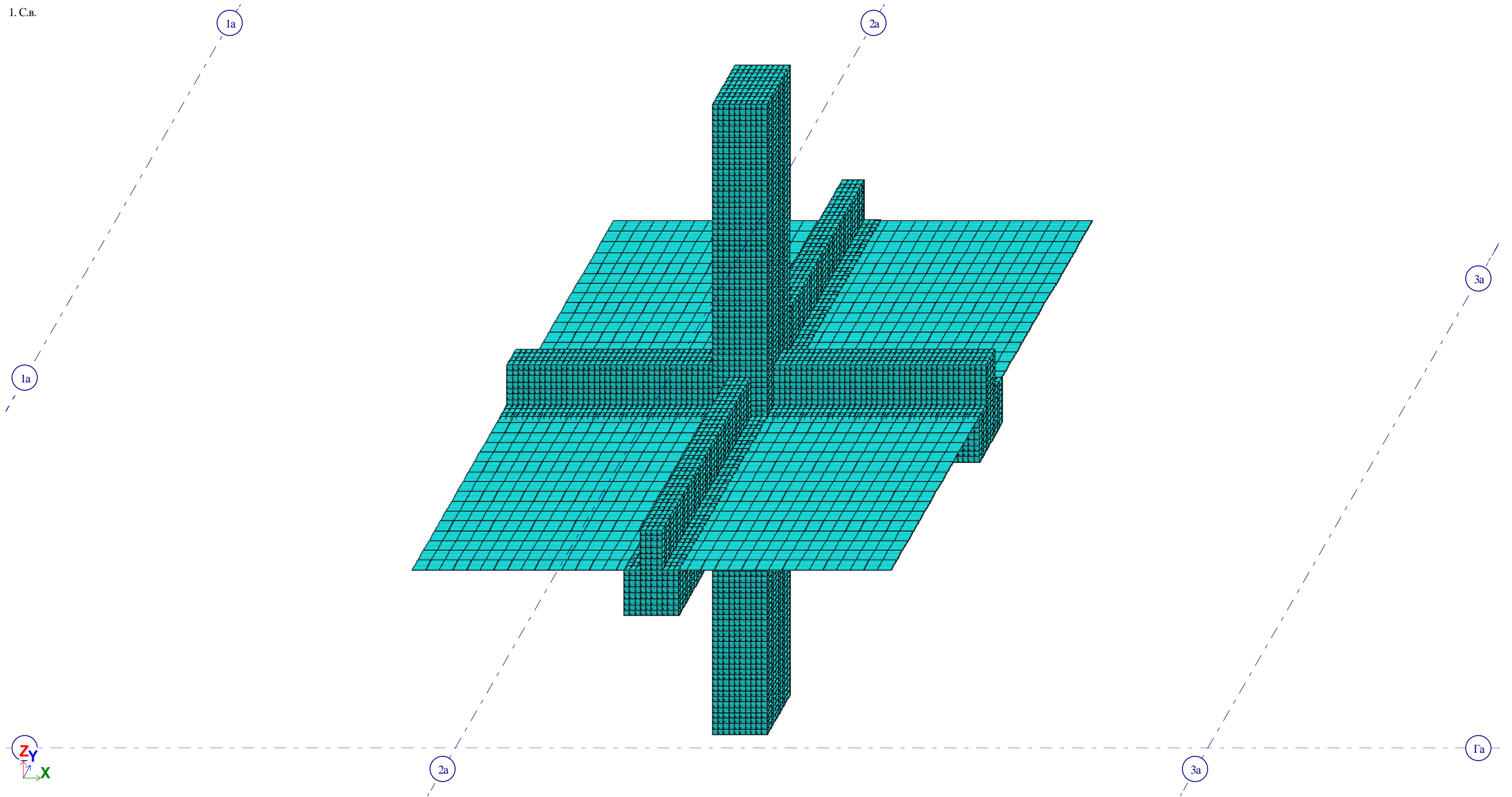


Рис.22

Узел сопряжения колонн и ригелей, выполненный объемными конечными элементами

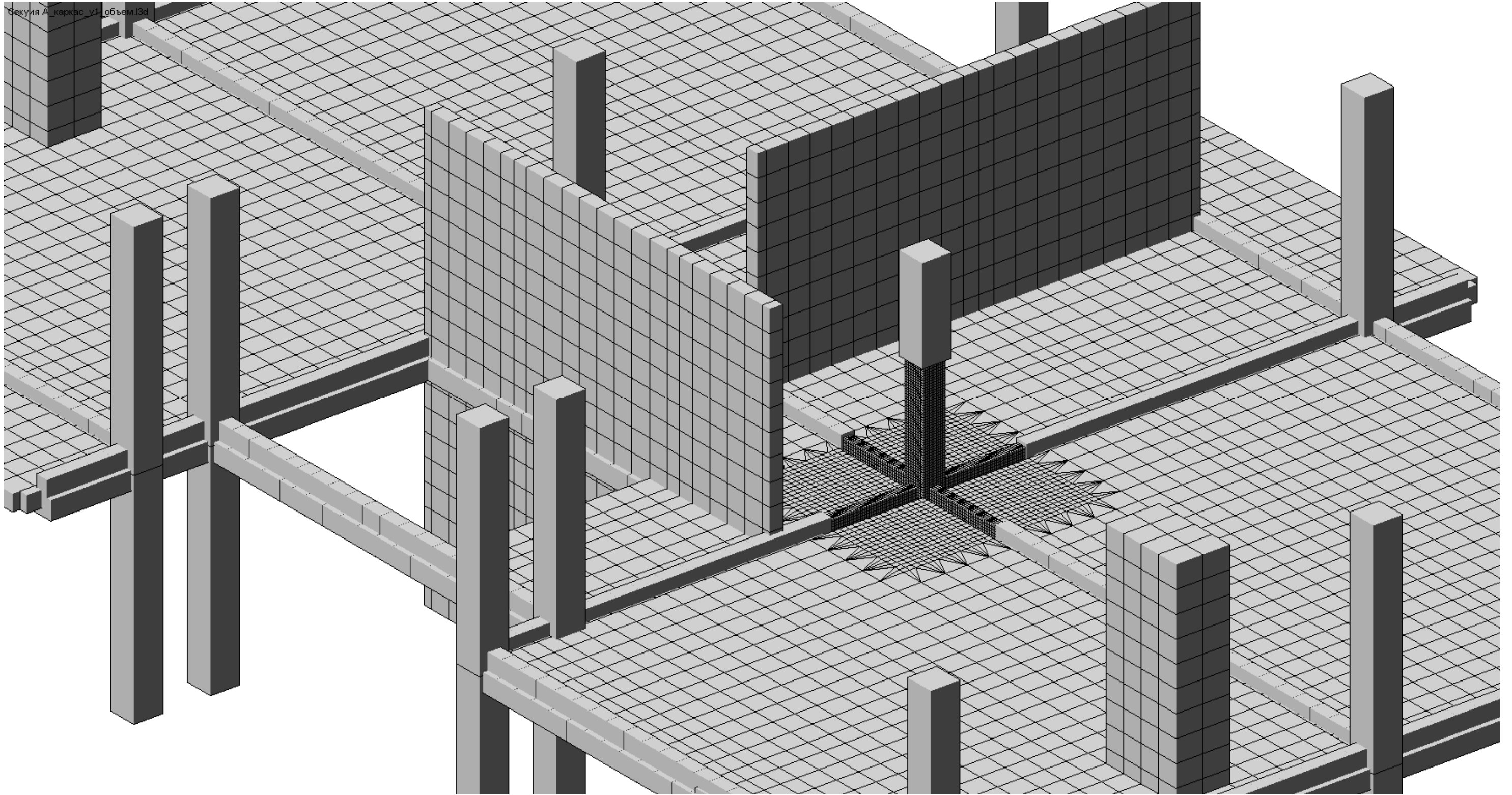


Рис.23

Фрагмент плиты перекрытия. Объемный вид

Выводы.

- 1) При коэффициенте к нагрузке $K=0.833$ происходит разрушение колонны в следствии потери устойчивости, при этом значение коэффициента η , полученное по результатам расчета в ПК "Ли́ра" совпадает со значение, рассчитанным по нормативным документам с точностью 0.2%.
- 2) Наличие предварительного напряжения арматуры позволяет уменьшить деформации на 4.1%, но при этом разрушение элемента происходит при меньшей нагрузке, т.е. несущая способность уменьшается на 12%.
- 3) При величине предварительного напряжения, равной $0.15 \cdot N_{пред} = 0.15 \cdot 30m = 4.5m$, наличие предварительного напряжения арматуры позволяет уменьшить деформации на 0.15%, и при этом разрушение элемента происходит при большей нагрузке, т.е. несущая способность увеличивается на 4%.
- 4) Величина усилия преднапряжения арматуры колонны $N_{пред} = 9m$, при котором в момент разрушения колонны предварительно напряженная арматура останется растянутой.
- 5) Результаты конечно-элементного моделирования изгиба сжатой бетонной колонны при расчете по деформированной схеме согласуются с результатами расчета по СНиП по недеформированной схеме.
- 6) Статический расчет зданий с применением колонн безопалубочного формования необходимо проводить как для связевой конструктивной схемы с учетом податливости в узлах стыка колонн. Конструктивный расчет колонн проводить по методике СНиП 2.03.84 как для преднапряженного внецентренно сжатого элемента статически неопределимой системы.