

Глава 8. Расчет армокаменной конструкции в APM Structure3D

Задание

Выполнить прочностной расчет армокаменной конструкции (рис. 8.1). Здание с жесткой пространственной схемой с шарнирным опиранием сборных перекрытий (расчетная длина армокаменных конструктивных элементов $l_0 = H$).

Исходные данные:

- Каменные столбы:
 - Материал – кирпич силикатный М75, раствор М50 с органическим пластификатором.
 - Сечения – квадрат 380х380 мм
- Каменные стены:
 - Материал – кирпич силикатный М75, раствор М50 с органическим пластификатором.
 - Толщина – 380 мм
- Железобетонные перемычки и ригели
 - Материал – Бетон В25 (минимальный класс бетона п. 7.2 СП 52-103-2007).
 - Сечения – квадрат 250х250 мм

Действующие нагрузки:

- Постоянные: собственный вес с учетом коэффициента надежности по нагрузке 1,1; равномерно распределенная расчетная нагрузка $q_G = 1,3$ т/м.
- Временные: равномерно распределенная расчетная нагрузка $q_{st} = 2,88$ т/м, доля длительности 0,35.

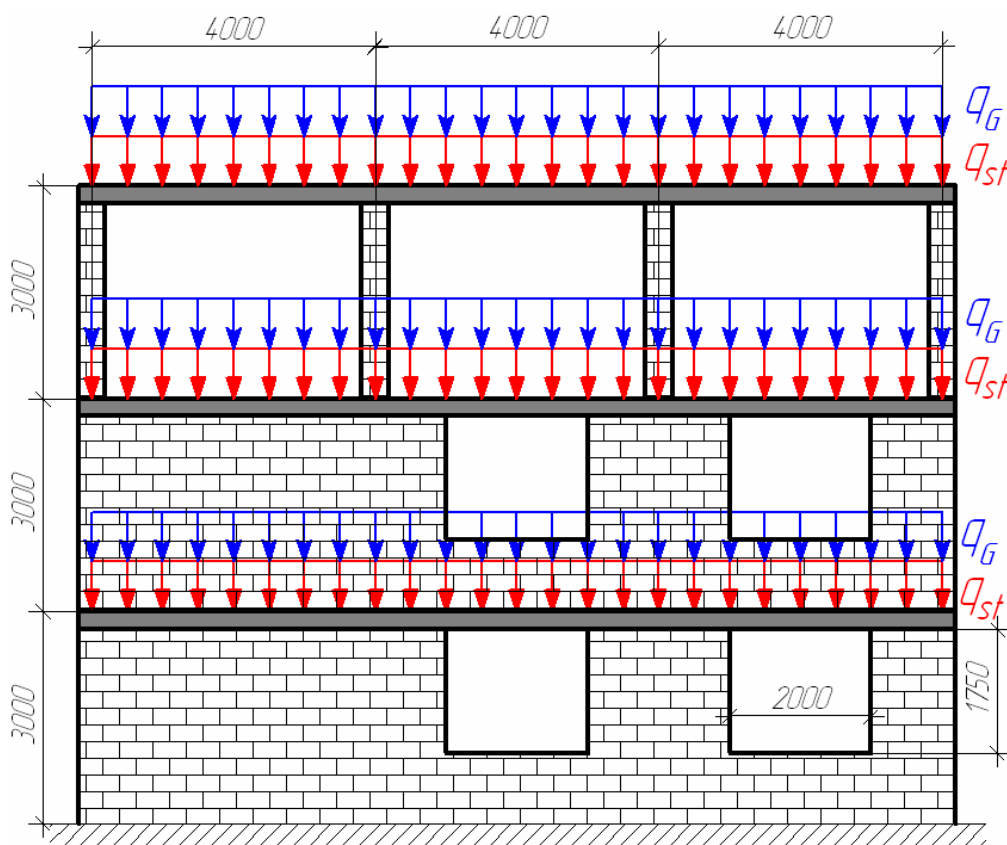




Рис. 8.1. Расчетная схема армокаменной конструкции

Общий порядок расчета

1. Построение модели плоской рамы
 - 1.1. Включение режима отмены операций
 - 1.2. Создание базового (начального) узла
 - 1.3. Построение стержневой модели каркасной схемы
 - 1.4. Задание кирпичных стен
2. Задание параметров материала
3. Задание толщины пластин
4. Задание сечений
5. Задание закреплений
6. Создание армированных конструктивных элементов
 - 6.1. Создание железобетонных конструктивных элементов
 - 6.2. Создание армокаменных конструктивных элементов – столбов
 - 6.3. Дополнительное разбиение стержней
 - 6.4. Создание армокаменных конструктивных элементов – простенков
7. Учет способа опирания – установка шарниров
8. Моделирование режима нагружения
 - 8.1. Загружения
 - 8.2. Настройка единиц измерения нагрузок
 - 8.3. Задание постоянных и временных нагрузок
 - 8.4. Создание комбинации загружений
9. Вычисление расчетного сочетания усилий
10. Задание параметров и подбор армирования
 - 10.1. Общие принципы работы с конструктивными элементами
 - 10.2. Задание параметров и расчет армокаменных столбов
 - 10.3. Задание параметров и расчет армокаменных простенков
 - 10.4. Задание параметров и расчет железобетонных поясов жесткости и перемычек

1. Построение модели плоской рамы


1.1. Включение режима отмены операций


Перед началом построения рекомендуется включить режим отмены операций. Включить/выключить этот режим можно с помощью флажка опции **Отмена операций** меню **Редактирование**. При включенном флажке становятся активными кнопки  **Отменить** и  **Повторить** панели инструментов **Файл**.


1.2. Создание базового (начального) узла

Для создания и редактирования модели предназначены инструменты панели **Нарисовать**, которая по умолчанию расположена вертикально слева.

Создавать модель можно в любом из четырех окон, при этом она будет автоматически отображаться на всех остальных видах. Рекомендуется выполнять построение расчетной модели на том из видов (**Спереди**, **Сверху**, **Слева** и т. п.), который наиболее удобен для изображения плоских повторяющихся элементов (рамы). Процесс создания модели планируем таким образом, чтобы как можно большая ее часть могла быть получена путем умножения плоской рамы в определенном направлении.

В данном случае в качестве рабочего выберем окно **Вид спереди**. Построение модели начинаем с того, что в произвольном месте выбранного окна ставим начальный (базовый) узел: нажимаем кнопку  **Новый узел** панели инструментов **Нарисовать** (меню **Рисование/Узел/По координатам**) и щелкаем ЛЕВОЙ кнопкой мыши в произвольной точке поля окна **Вид спереди**.

Предположим, что в этой точке расположен левый нижний узел рамы. Если в режиме  **Новый узел** щелкнуть на таком узле ПРАВОЙ кнопкой мыши, то в появившемся диалоговом окне можно ввести с клавиатуры его координаты, а именно (0, 0, 0).

Для удобства построения можно включить режим отображения номеров узлов, нажав кнопку  **Номера узлов** панели инструментов **Фильтры вида**, расположенной в нижней части окна редактора APM Structure3D.

1.3. Построение стержневой модели каркасной схемы

Для построения стержневой модели каркасной схемы удобнее всего воспользоваться параметрическими моделями. Для этого активируем команду меню **Файл/Параметрическая мо-**

дель. В появившемся окне выбираем первую параметрическую модель – многоэтажный каркас (рис. 8.2). Далее в диалоговом окне необходимо задать параметры модели согласно рис. 8.3.

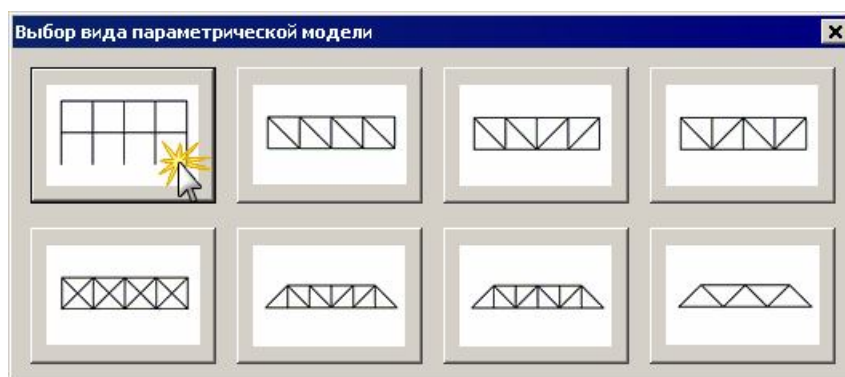


Рис. 8.2 Выбор параметрической модели

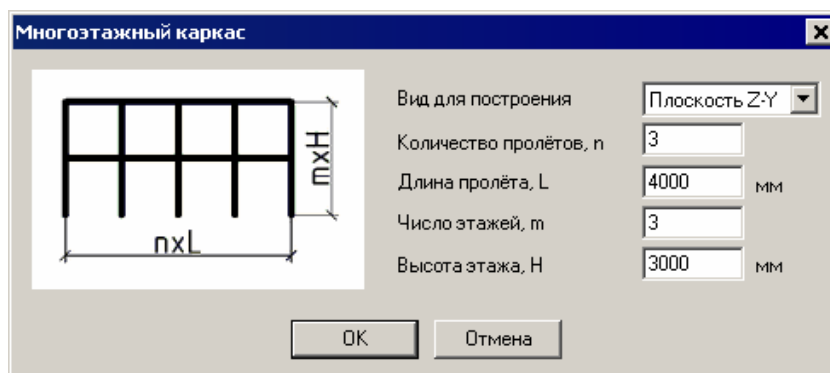




Рис. 8.3 Параметры многоэтажного каркаса

В заключение создания стержневого каркаса необходимо удалить лишние элементы – нижние и боковые стержни. Для этого вначале выделяем эти стержни: нажимаем кнопку **Выбрать**  панели инструментов **Нарисовать** (меню **Редактирование/Выбрать элемент**) и, удерживая клавишу **Shift**, щелкаем на нужных стержнях ЛЕВОЙ кнопкой мыши. Выделенные элементы окрашиваются в красный цвет (рис. 8.4). Удаление происходит после нажатия на клавиатуре клавиши **Delete**. Ту же операцию можно выполнить в режиме **Удалить выбранное** . Для этого также выделяем подлежащие удалению стержни и, нажав на соответствующую кнопку – это самая нижняя кнопка в левой вертикальной панели инструментов **Нарисовать** (меню **Рисование/Удалить выбранное**) – удаляем выделенные элементы после дополнительного предупреждения.

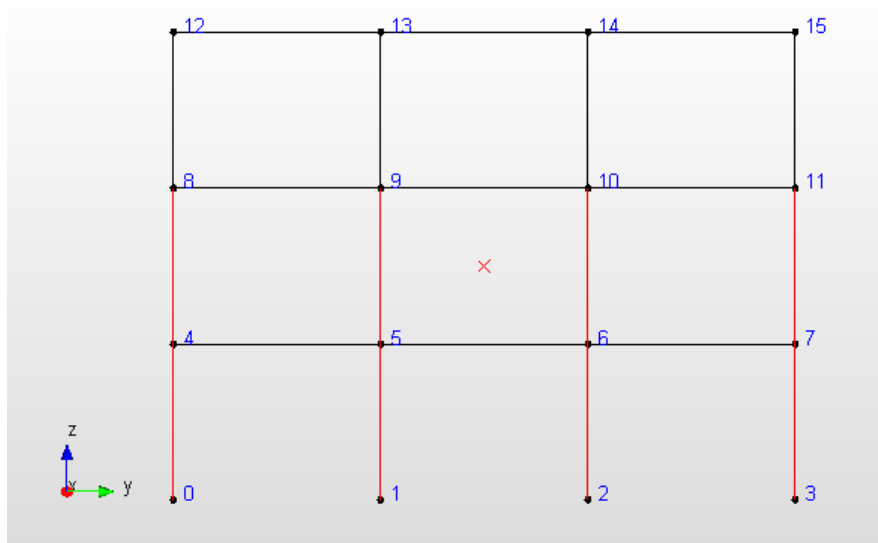



Рис. 8.4 Удаление «лишних» элементов конструкции

1.4. Задание кирпичных стен

Кирпичные стены моделируются пластинами. Для отрисовки пластин переходим в режим

 **Четырехугольная прямоугольная пластина** панели инструментов **Нарисовать** (меню **Рисование/Пластина/Четырехугольная прямоугольная пластина**). Далее следует последовательно щелкнуть по узлам (0, 3, 11), соблюдая направление обхода.

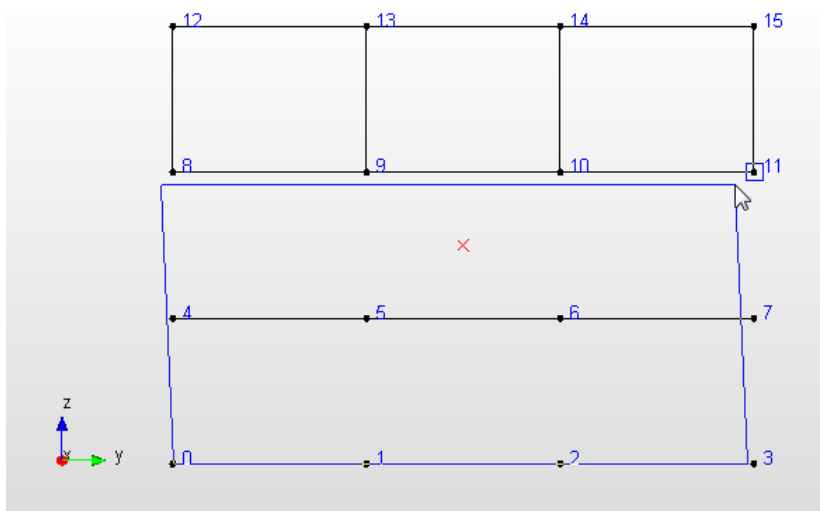




Рис. 8.5 Задание четырехугольной прямоугольной пластины

Замечание: Создать армокаменный конструктивный элемент можно только из пластин, ось Y ЛСК которых направлена вверх. При отрисовке пластин с помощью команды  **Четырехугольная прямоугольная пластина** ЛСК пластины ориентируется согласно следующему правилу: первые две точки определяют направление X , а третья точка определяет направление оси Y перпендикулярно X . При необходимости ЛСК пластин можно повернуть с помощью команд меню **Свойства / Ориентировать с.к. выделенных пластин**.

Затем построенную пластину необходимо разбить, чтобы узлы пластины совпадали с узлами стержней для обеспечения совместности деформаций. Для этого выбираем команду  **Разбить пластину** панели инструментов **Рисование** (команда меню **Рисование/Пластина/Разбить пластину**) и щелкаем по пластине, после чего появится диалоговое окно задания параметров разбиения. Для обеспечения совместности деформации достаточно выполнить разбиение по осям ЛСК пластины – по X : 3, по Y : 2. Учтем, что впоследствии будем выполнять разбиение стержней на 4 части, поэтому выполним разбиение пластины – по X : $4 \cdot 3 = 12$, по Y : $4 \cdot 2 = 8$ (рис. 8.7).

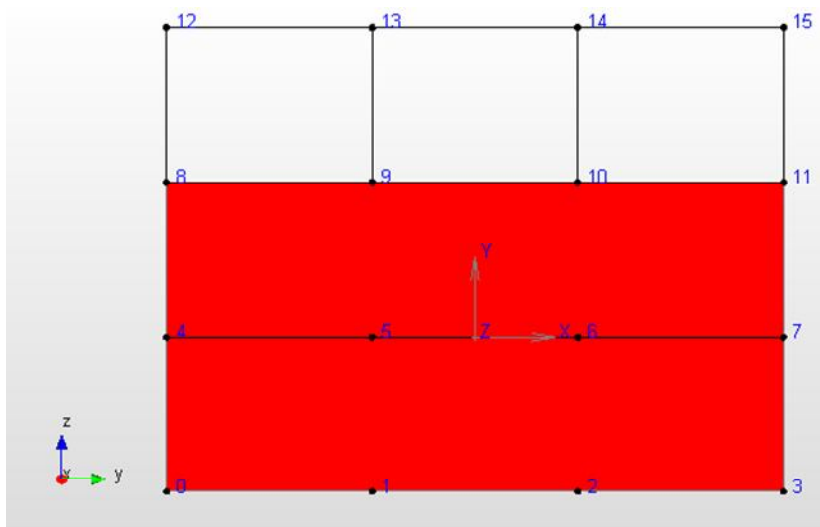


Рис. 8.6 Разбиение пластины

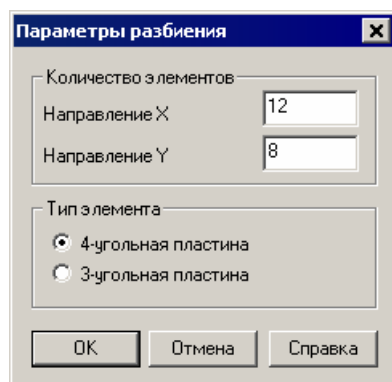




Рис. 8.7 Диалоговое окно параметров разбиения

Далее необходимо удалить конечные элементы оконных проемов. Для этого с помощью команды  **Выбрать группу** (меню **Редактирование/Выбрать группу элементов**) выделим СЕКУЩЕЙ рамкой справа налево центральный узел каждого «окна». При таком способе выделятся все элементы, которым принадлежит данный узел (рис. 8.8). Для удаления выделенных конечных элементов нажмите клавишу **Delete** на клавиатуре или воспользуйтесь кнопкой  **Удалить выбранное** панели инструментов **Рисование**.

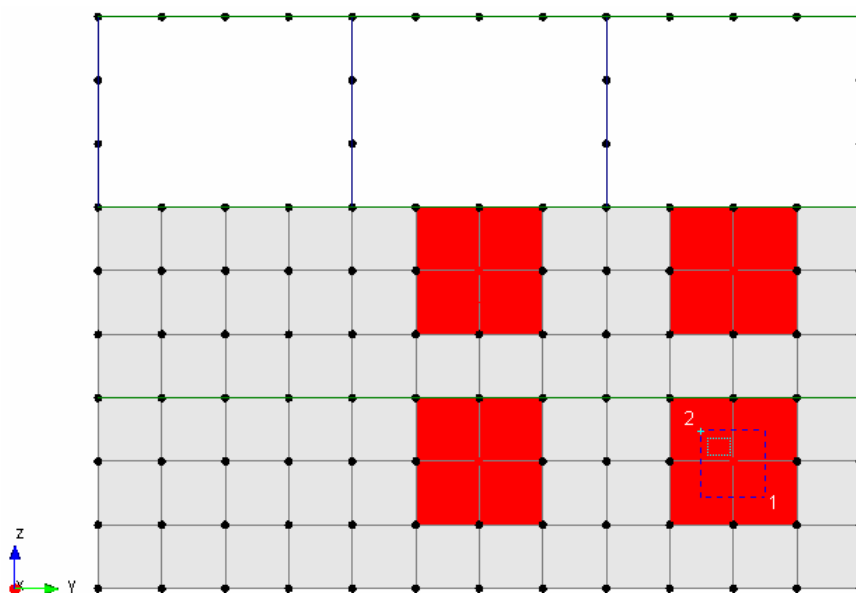



Рис. 8.8 Модель после выполнения разбиения

2. Задание параметров материала

Команда  **Материалы** (меню **Свойства/Материалы**) позволяет работать со списком материалов. После вызова команды на экране появляется одноименное диалоговое окно (рис. 8.9). Нажатием кнопки **Добавить...** вызовите диалог выбора типа материала (общий, бетон или кладка). Из выпадающего списка выберите тип материала **Кладка** и нажмите кнопку **ОК** (рис. 8.10).

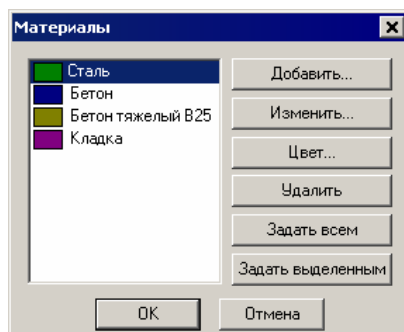


Рис. 8.9. Диалоговое окно **Материалы**

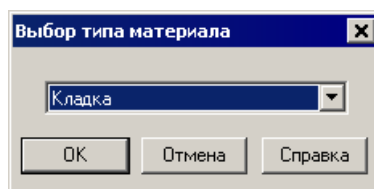


Рис. 8.10 Диалоговое окно выбора типа материала

Далее появится диалоговое окно параметров материала Кладка (рис. 8.12). Задайте тип и марку для камня и раствора согласно заданию. При этом значения расчетных сопротивлений будут выбраны автоматически из таблиц 2-9 СНиП II-22-81. При необходимости значения характеристик материала можно изменить. При этом значение, отличное от СНиП II-22-81, будет выделено синим цветом. Кнопка **Восстановить данные** позволяет возвратиться к характеристикам кладки по СНиП II-22-81.

Рис. 8.11 Диалоговое окно параметров материала – Кладка

Выберите в списке материалов (см. рис. 8.9) **Кладка** и нажмите кнопку **Задать всем**.

Теперь добавим в список материал **Бетон тяжелый В25**. Нажмите кнопку **Добавить...** (рис. 8.9) и выберите тип материала **Бетон**. Далее в появившемся диалоговом окне (рис. 8.12) для вызова базы данных нажмите кнопку **DB...** Выберите тип материала **Бетон**, затем в выпадающем списке – **Бетон тяжелый В25** (рис. 8.13), и подтвердите выбор нажатием кнопки **ОК**.

Материал

Название:

Параметры материала:

Предел текучести по сжатию, [Н/мм²]:

Предел текучести по растяжению, [Н/мм²]:

Предел текучести по сдвигу, [Н/мм²]:

Модуль Юнга, [Н/мм²]:

Коэффициент Пуассона, [-]:

Плотность, [кг/мм³]:

Коэффициент температурного расширения, [1/°C]:

Коэффициент теплопроводности, [Вт/(°C*мм)]:

Предел прочности по сжатию, [Н/мм²]:

Предел прочности по растяжению, [Н/мм²]:

Предел усталостной прочности (н), [Н/мм²]:

Предел усталостной прочности (к), [Н/мм²]:

Расчетное сопротивление по сжатию (I группа предельных состояний), [Н/мм²]:

Расчетное сопротивление по растяжению (II группа предельных состояний), [Н/мм²]:

Ok Отмена Справка DB...
График... Удалить график

Рис. 8.12. Диалоговое окно **Материал**



База данных по материалам


Стандарты: Типы материалов: Подгруппы:

Обозначение	Предел Текучести	Модуль Юнга	Плотность	Коэффициент Пуассона	Предел Прочности	Устал
Бетон тяжелый В10	7.500	19000.000	0.000	0.200	6.000	0.000
Бетон тяжелый В15	11.000	24000.000	0.000	0.200	8.500	0.000
Бетон тяжелый В20	15.000	27500.000	0.000	0.200	11.500	0.000
Бетон тяжелый В25	18.500	30000.000	0.000	0.200	14.500	0.000
Бетон тяжелый В30	22.000	32500.000	0.000	0.200	17.000	0.000
Бетон тяжелый В35	25.500	34500.000	0.000	0.200	19.500	0.000
Бетон тяжелый В40	29.000	36000.000	0.000	0.200	22.000	0.000
Бетон тяжелый В45	32.000	37000.000	0.000	0.200	25.000	0.000
Бетон тяжелый В50	36.000	38000.000	0.000	0.200	27.500	0.000
Бетон тяжелый В55	39.500	39000.000	0.000	0.200	30.000	0.000
Бетон тяжелый В60	43.000	39500.000	0.000	0.200	33.000	0.000

OK Отмена

Рис. 8.13. База данных по материалам

Чтобы присвоить материал **Бетон тяжелый В25** горизонтальным стержням их необходимо выделить. С помощью команды  **Выбрать группу** (меню **Редактирование/Выбрать группу элементов**) выделим ОХВАТЫВАЮЩЕЙ рамкой слева направо все горизонтальные стержни. Вызовите диалоговое окно **Материалы** нажатием кнопки  **Материалы** панели инструментов **Текущее представление** (меню **Свойства/Материалы**). Выберите в списке материал **Бетон тяжелый В25** и нажмите кнопку **Задать выделенным**.

Для отображения элементов модели по цвету материала (см. рис. 8.9) нажмите кнопку  **Цветные материалы** панели инструментов **Текущее представление**.

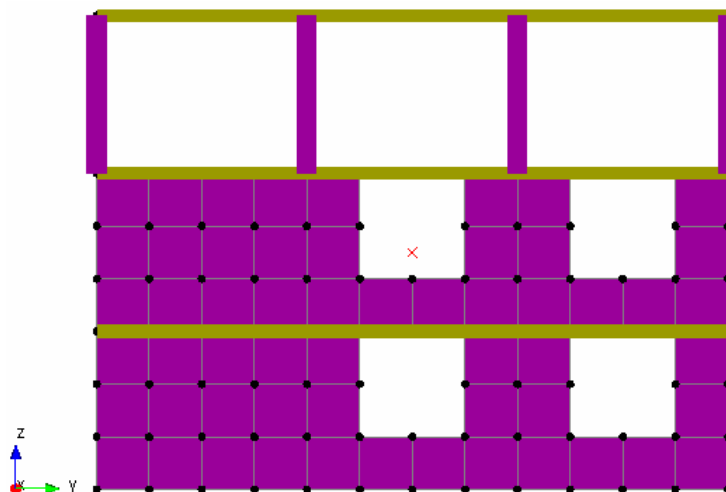



Рис. 8.14. Цветное отображение материалов

3. Задание толщины пластин

Толщину можно задавать как сразу всем пластинам, так и предварительно выделенным. Для данной модели удобно воспользоваться командой  **Задать толщину Всем** панели инструментов **Свойства** (меню **Свойства/Толщину Всем Пластинам...**). В появившемся диалоговом окне (рис. 8.15) необходимо ввести численное значение толщины пластин.

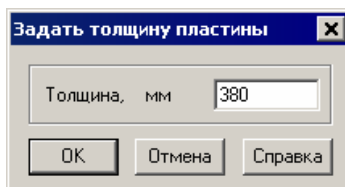



Рис. 8.15. Диалоговое окно задания толщины пластин

4. Задание сечений

К моменту запуска на расчет всем стержневым элементам модели должно быть присвоено определенное поперечное сечение. В рассматриваемом случае поперечное сечение выберем из библиотеки стандартных сечений по ГОСТ и ТУ, поставляемой в комплекте с APM Structure3D.

Команда  **Сечение** (меню **Свойства/Сечения...**) вызывает появление одноименного диалогового окна работы со списком сечений (рис. 8.16). Нажимаем кнопку **Загрузить...**, после чего открывается окно **Библиотека** (рис. 8.17). Для загрузки необходимой библиотеки служит кнопка **Загрузить...** этого диалога. Поставляемые вместе с системой библиотеки находятся в той же директории, в которой установлена система. По умолчанию это C:\Program Files\APM Civil Engineering... Выбираем библиотеку сечений **Квадратные бетонные.slb**, а из списка – поперечное сечение **Квадрат 250х250**, и нажимаем кнопку **Ок**. После этого выбранное сечение будет добавлено в рабочий список сечений.

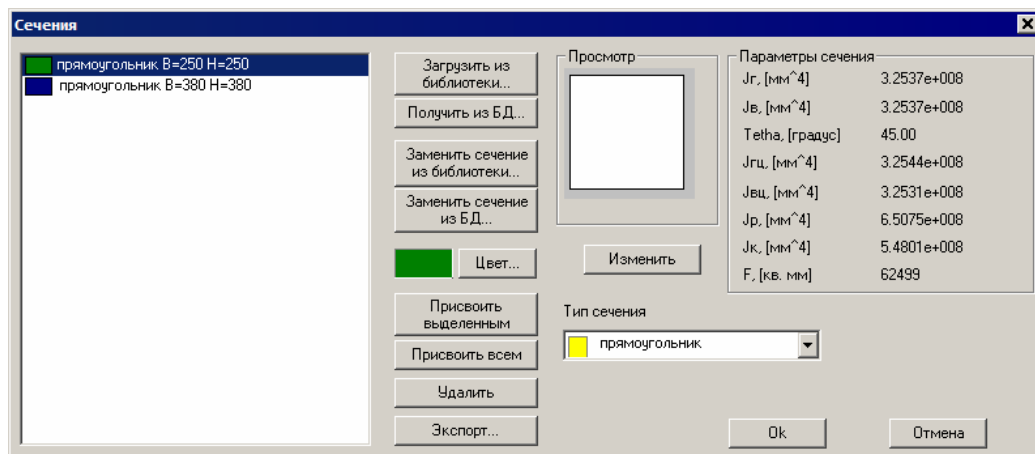


Рис. 8.16. Диалоговое окно работы со списком сечений

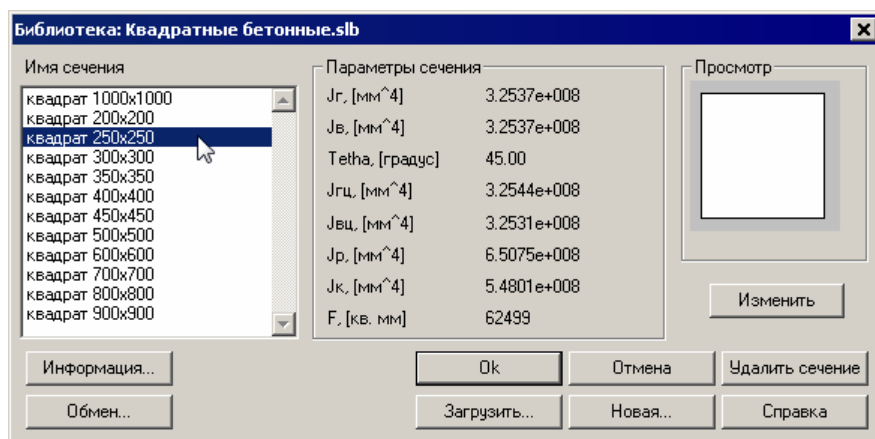


Рис. 8.17. Библиотека **Квадратные бетонные**

Для армокаменных столбов используется сечение **380х380** мм. Для задания такого сечения воспользуемся параметрической библиотекой. Кнопка **Загрузить из базы** диалогового окна **Сечение** (рис. 8.16) вызывает базу данных **APM Database**. База данных **APM Section Data** содержит параметрические модели сечений (рис. 8.18). В дереве базы данных выбираем: **Стандарты / ГОСТ / Строительные нормы / Поперечные сечения квадратные / Разрез**. После появления в правой части диалогового окна схемы сечения и размерного ряда следует нажать кнопку **OK** для перехода к диалогу переменных параметрической модели. Для редактирования значения выберите строчку с переменной *b* (ширина квадратного сечения) (рис. 8.19) и нажмите кнопку **Изменить...** (или дважды щелкните по строке с переменной). В появившемся окне в поле **Значение** введите значение **380** и нажмите **OK**. Значение переменной ширины квадратного сечения изменено. После нажатия кнопки **OK** будет предложено ввести название сечения (по умолчанию – **Прямоугольник В=380 Н=380**). Затем осуществляется расчет геометрических характеристик и сечение будет добавлено в список (см. рис. 8.16).

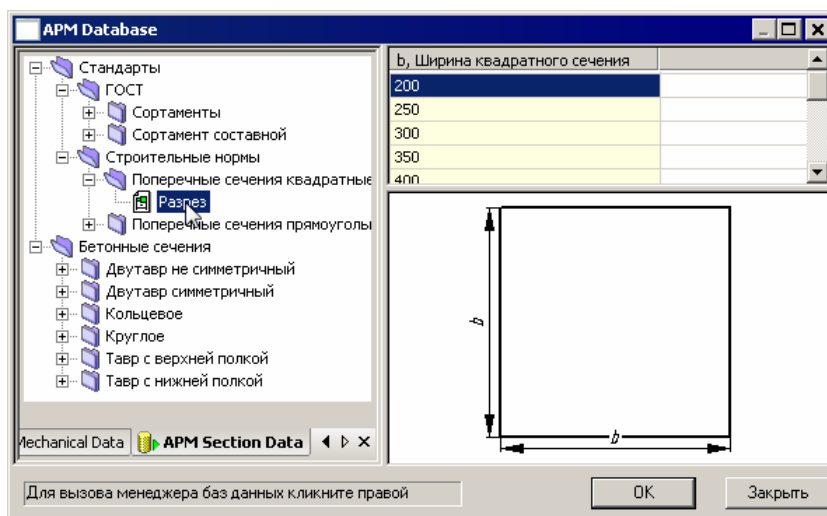


Рис. 8.18. Квадратное параметрическое сечение библиотеки APM Section Data

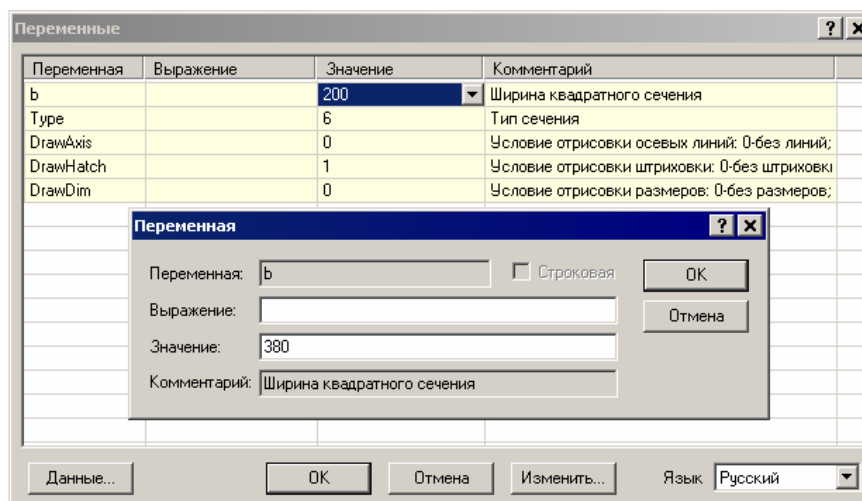


Рис. 8.19. Редактирование переменных параметрической модели

Далее в диалоге **Сечение** (см. рис. 8.16) выбираем **Прямоугольник B=380 H=380** и нажимаем кнопку **Присвоить всем**.

Присвоим сечение **Квадрат 250x250** горизонтальным стержням. Для этого с помощью команды **Выбрать группу** (меню **Редактирование/Выбрать группу элементов**) выделим ОХВАТЫВАЮЩЕЙ рамкой слева направо все горизонтальные стержни (рис. 8.20). Кнопка **Сечения** (меню **Свойства/Сечения...**) вызывает диалоговое окно со списком сечений. Затем выбираем из списка **Квадрат 250x250** и нажимаем кнопку **Присвоить выделенным**.

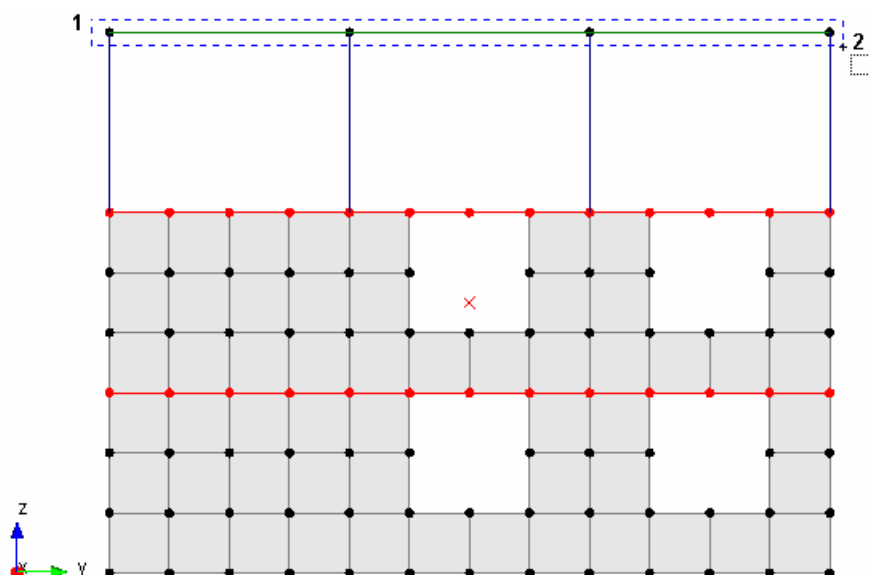


Рис. 8.20. Выделение всех горизонтальных стержней

Для отображения на модели стержней с учетом присвоенных им сечений (рис. 8.21) нажмите кнопку **Объемные сечения** панели инструментов **Фильтры вида** (панель фильтры вида расположена в нижней части окна APM Structure3D). Цвет стержней соответствует цвету сечения (см. рис. 8.16).

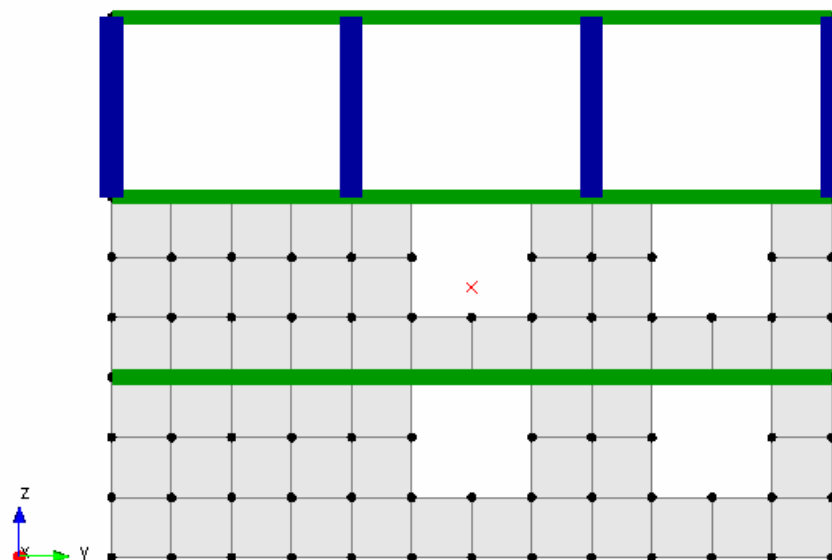


Рис. 8.21. Цветное отображение сечений на модели

5. Задание закреплений

Вначале необходимо выделить все узлы, в которых установлены опоры. Сделать это удобно с помощью команды **Выбрать группу** (меню **Редактирование/Выбрать группу элементов**) ОХВАТЫВАЮЩЕЙ слева направо рамкой. Затем нажимаем на панели инструментов **Нарисовать** кнопку **Опора** (меню **Рисование/Опора**) и щелкаем левой кнопкой мыши на любом из выделенных узлов. В появившемся диалоговом окне **Установка опоры** (рис. 8.22) задаем тип **Жесткая опора**, нажав соответствующую кнопку .

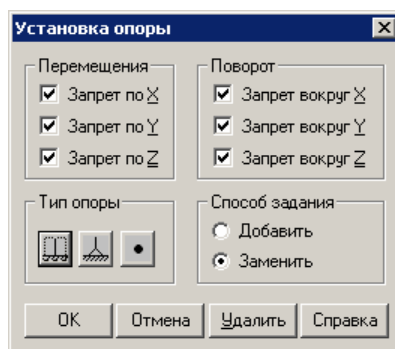


Рис. 8.22. Диалоговое окно **Установка опоры**

6. Создание армированных конструктивных элементов

Выбираем пункт меню **Проектирование/Типы конструктивных элементов/ ☒ Армированные конструктивные элементы**. Для создания армокаменных и железобетонных конструктивных элементов используются разные команды меню **Проектирование**:



- Выделенные объекты в конструктивный элемент (железобетонный)**
- Выделенные объекты в отдельные конструктивные элементы (железобетонные)**
- Выделенные объекты в армокаменный конструктивный элемент**
- Выделенные объекты в отдельные армокаменные конструктивные элементы.**

6.1. Создание железобетонных конструктивных элементов

Поскольку в построенной модели КАЖДОМУ железобетонному конструктивному элементу соответствует ОДИН конечный элемент, удобно воспользоваться созданием нескольких конструктивных элементов одновременно (подробнее о создании конструктивных элементов см. п. 4, гл. 6). Выделяем горизонтальные железобетонные элементы, используя команду **Выбрать группу**. Затем активируем команду **Выделенные объекты в отдельные конструктивные**

элементы панели инструментов **Конструктивные элементы** (меню **Проектирование/Выделенные объекты в отдельные конструктивные элементы**). При создании каждого конструктивного элемента программа автоматически распознает его тип – в данном случае все элементы являются ригелями.

6.2. Создание армокаменных конструктивных элементов – столбов

Поскольку в построенной модели КАЖДОМУ армокаменному конструктивному элементу соответствует ОДИН конечный элемент, удобно воспользоваться созданием нескольких конструктивных элементов одновременно (подробнее о создании конструктивных элементов см. п. 4, гл. 6). Используя команду  **Выбрать** и удерживая нажатой клавишу **Shift** последовательно выделяем все кирпичные колонны (рис. 8.23). Затем активируем команду  **Выделенные объекты в отдельные армокаменные конструктивные элементы**.

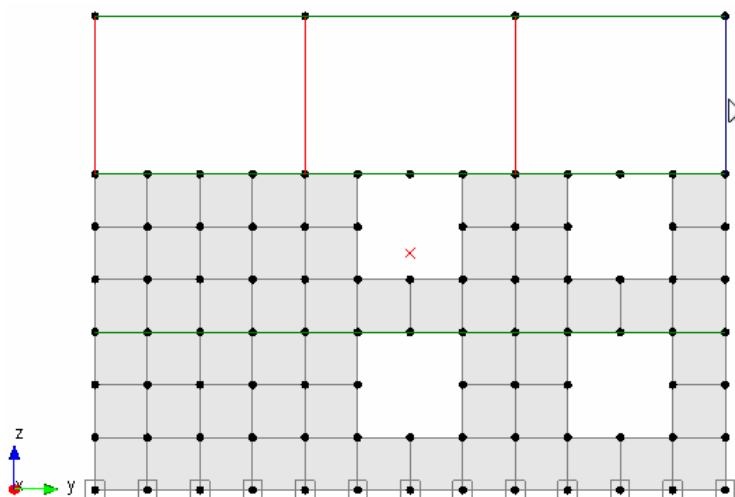


Рис. 8.23. Выделение кирпичных колонн

В системе предусмотрены ограничения на создание конструктивных элементов для предотвращения некорректных действий пользователя. Пример окна предупреждения при попытке создания конструктивного элемента – *Армокаменной колонны* из бетонного горизонтального стержня представлен на рисунке (рис. 8.24). В окне предупреждения представлен список всех ограничений для создания конструктивного элемента – *Армокаменная колонна*. При этом флажками отмечены причины, по которым данный конструктивный элемент не может быть создан.

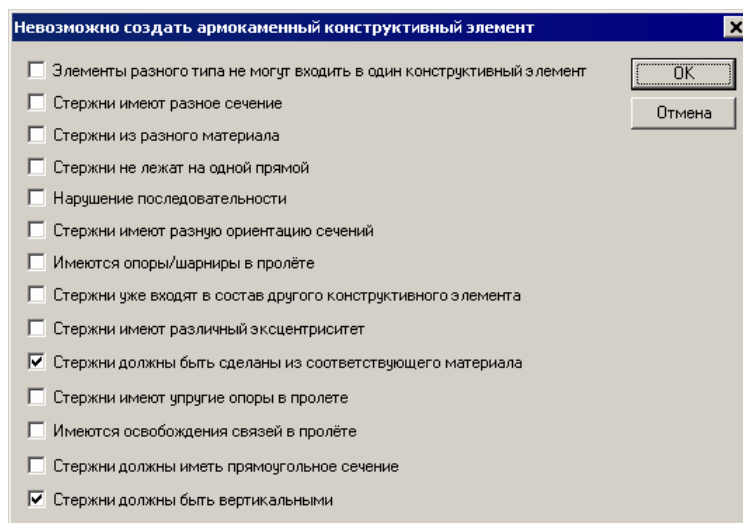




Рис. 8.24. Информационное окно предупреждения для армокаменной колонны


6.3. Дополнительное разбиение стержней

Для корректного конечно-элементного расчета модели необходимо выполнить дополнительное разбиение стержней так, чтобы узлы сопрягаемых пластин совпали с узлами стержней

для обеспечения их совместной работы. Выполнять разбиение целесообразно ДО задания нагрузки, т. к. распределенные по длине нагрузки после разбиения стержня удаляются.

Разбиение стержневых элементов производится следующим образом. Сначала, как обычно, выделяем все стержни модели ОХВАТЫВАЮЩЕЙ или СЕКУЩЕЙ рамкой (команда  **Выбрать группу**). Далее нажимаем кнопку  **Разбить стержень** (меню **Рисование/Стержень/Разбить стержень**) и выбираем любой из выделенных стержней – при этом разбиению подвергнутся все выделенные стержни. Количество элементов разбиения может быть произвольным, как правило, 4-5. В рассматриваемом случае каждый стержень разбиваем на четыре элемента, поэтому в соответствующем поле ввода появившегося диалогового окна **Разбить стержень** записываем число 4.

6.4. Создание армокаменных конструктивных элементов – простенков

Если бы каждый простенок состоял только из одного конечного элемента, то создать конструктивные элементы можно было бы аналогично армокаменным колоннам. Однако в данном примере рассмотрим создание одного конструктивного элемента из нескольких конечных элементов. Для этого с помощью одной из команд выбора выделяем все конечные элементы одного конструктивного элемента – простенка (рис. 8.25) и активируем команду  **Выделенные объекты в армокаменный конструктивный элемент** панели инструментов **Конструктивные элементы** (меню **Проектирование/Выделенные объекты в армокаменный конструктивный элемент**). В результате будет создан один конструктивный элемент – *Армокаменная оболочка*.

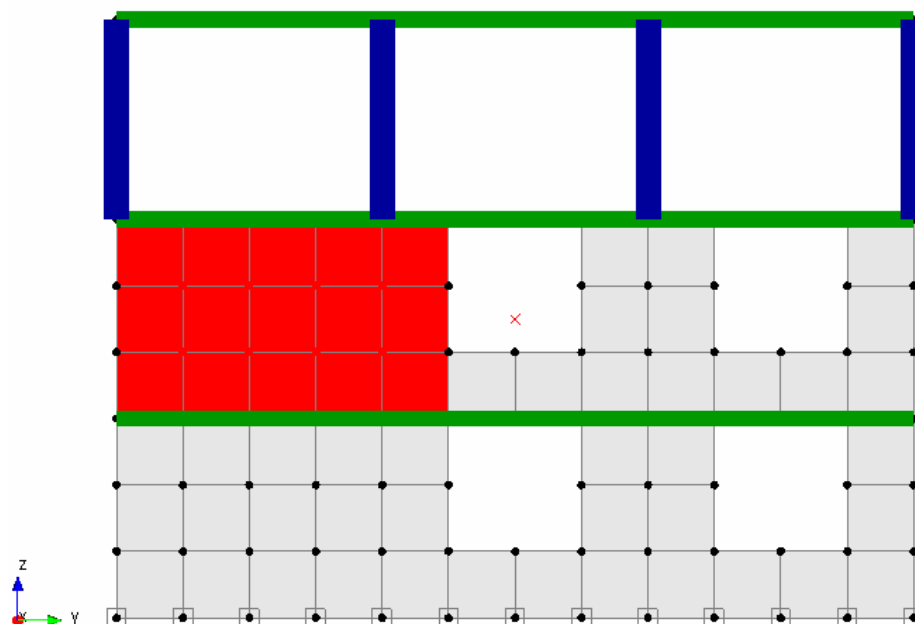


Рис. 8.25. Выделен один конструктивный элемент

Пример окна предупреждения при попытке повторного создания конструктивного элемента – армокаменной оболочки представлен на рисунке (рис. 8.26). В окне предупреждения представлен список всех ограничений для создания конструктивного элемента данного типа. При этом флажками отмечены причины, по которым данный конструктивный элемент, *Армокаменная оболочка*, не может быть создан.

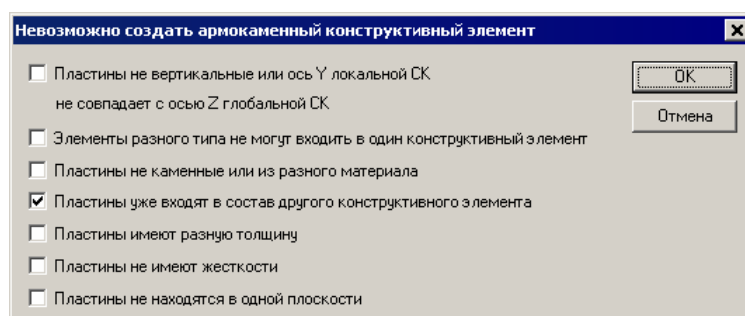



Рис. 8.26. Информационное окно предупреждения для армокаменной оболочки

Для просмотра списка всех созданных конструктивных элементов воспользуетесь командой  **Конструктивные элементы** одноименной панели инструментов (меню **Проектирование/Конструктивные элементы**). В верхней левой части диалогового окна **Результаты армирования** расположен список всех конструктивных элементов, который находится в соответствии с расчетной моделью.

Чтобы найти расположение конструктивного элемента на модели – выделите его в списке. При этом на модели все конечные элементы конструктивного элемента будут выделены красным цветом. И наоборот, чтобы найти конструктивный элемент в списке – выделите на модели *один или несколько* его конечных элементов. После вызова диалогового окна соответствующие конструктивные элементы в списке будут выделены серым цветом, а на модели *все* конечные элементы конструктивного элемента будут выделены красным цветом.

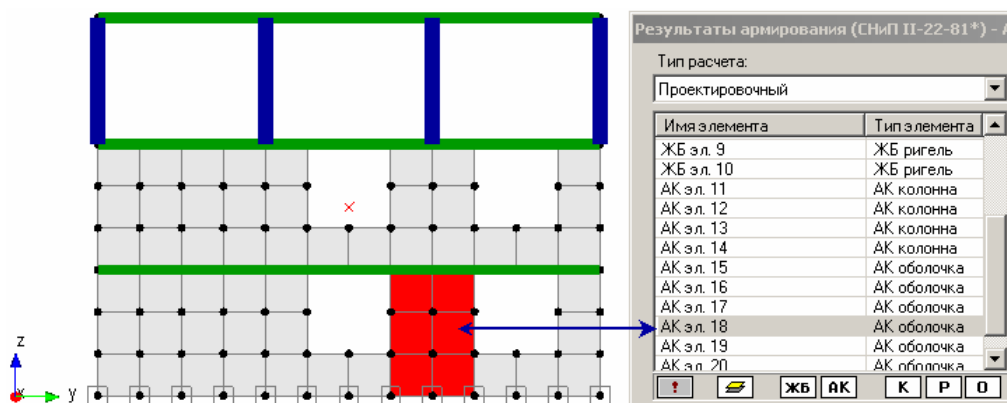



Рис. 8.27. Соответствие конструктивных элементов

7. Учет способа опирания – установка шарниров

Для учета опирания железобетонной балки на кирпичные столбы необходимо установить шарниры. Для этого выбираем команду  **Шарнир на конце стержня** панели инструментов **Рисование** и щелкаем указателем мыши по стержню вблизи того узла, где необходимо установить шарнир (рис. 8.28). Далее в диалоговом окне устанавливаем **Поворот вокруг оси X**. Поворот задается в глобальной системе координат.

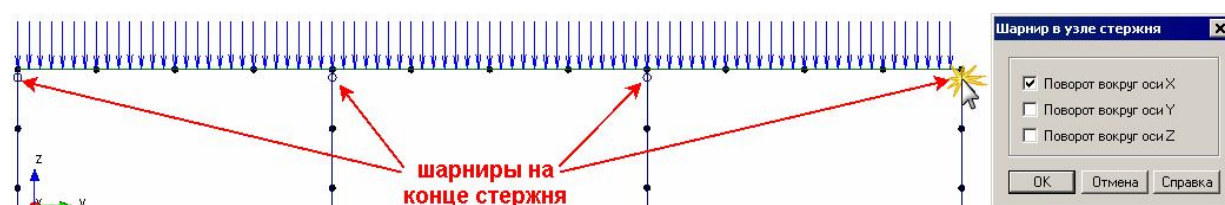



Рис. 8.28. Установка шарниров на конце стержня

8. Моделирование режима нагружения

8.1. Загружения

Для задания нагрузок в соответствии со **СНиП 2.01.07-85* Нагрузки и воздействия** удобно каждый вид нагрузки разместить в отдельном загрузении. Команда  **Загружения...** (меню **Нагрузки/Загружения...**) вызывает диалоговое окно редактирования загрузений (рис. 8.29).

С помощью кнопки **Добавить...** этого диалога создайте два новых загрузения. Для учета собственного веса выберите одно из загрузений и нажмите кнопку **Изменить...** В появившемся диалоговом окне введите название загрузения, а именно **Постоянные**, и множитель собственного веса, равный **1.1**. Аналогичным образом измените названия второго загрузения.

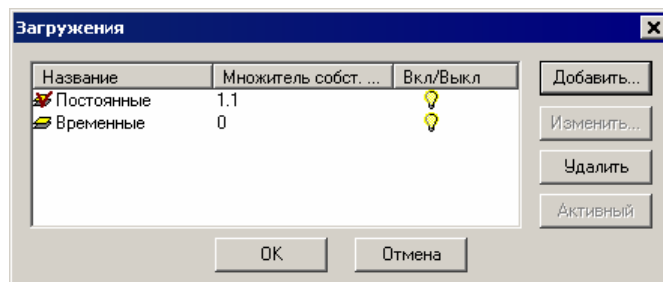


Рис. 8.29. Диалоговое окно **Загрузки**

8.2. Настройка единиц измерения нагрузок

По умолчанию в диалоговых окнах задания равномерно распределенные нагрузки имеют размерность **Н/м**. Исходные данные данного примера заданы в **Т/м**. Для изменения единиц измерения выберите нажмите кнопку **Единицы измерения** панели инструментов **Настройки** или воспользуйтесь соответствующей командой меню **Вид**. В появившемся диалоговом окне (рис. 8.30) установите размерность нагрузки по длине **тс/м**.

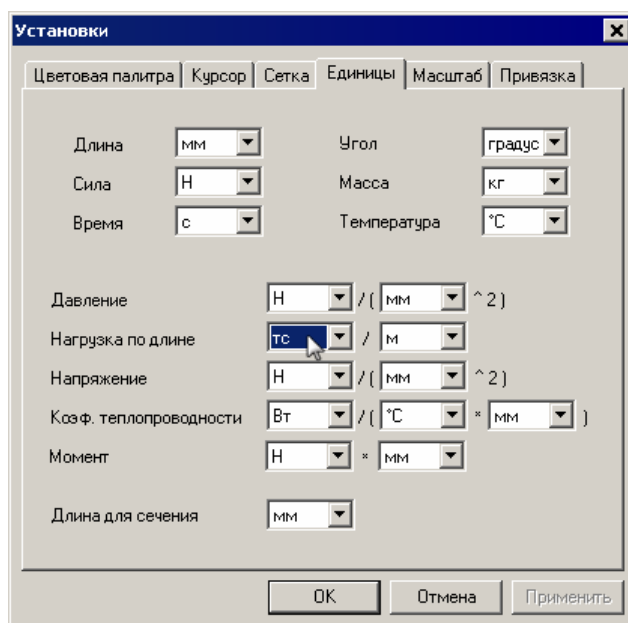


Рис. 8.30. Настройка единиц измерения

8.3. Задание постоянных и временных нагрузок

Для перехода в режим задания постоянной нагрузки выделяем все горизонтальные стержни с помощью команды **Выбрать группу** (меню **Редактирование/Выбрать группу элементов**) и активируем команду **Глобальная нагрузка на стержень** панели инструментов **Нагрузки** (меню **Нагрузки/Глобальная нагрузка на стержень**). Из выпадающего списка загружений появившегося диалогового окна **Распределенная сила** (рис. 8.31) выбираем загрузку **Постоянные**. В поле ввода **Значение силы, тс/м** записываем значение действующей нагрузки 1.3, а с помощью полей группы **Направление в глобальной системе координат** задаем ее направление – в рассматриваемом случае с этой целью записываем в поле **Z**: -1.

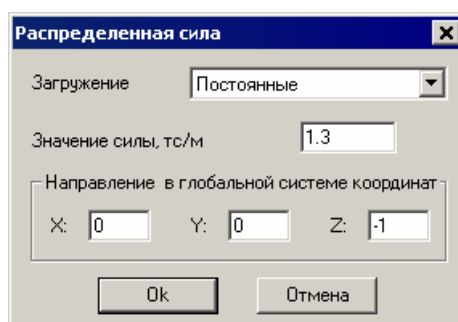


Рис. 8.31. Задание постоянной нагрузки

Задание временных распределенных нагрузок производится аналогично, необходимо только выбрать соответствующее загружение – **Временные**.

8.4. Создание комбинации загружений

Если при задании нагрузки каждого типа использовались загрузки, то для определения нагрузки на опоры необходимо создать комбинацию совместно действующих загружений.

Команда **Комбинация загружений...** меню **Нагрузки** вызывает появление одноименного диалогового окна (рис. 8.32). Чтобы добавить загрузку в комбинацию, нужно вначале выбрать его в выпадающем списке, затем ввести в качестве множителя коэффициент надежности по нагрузке и нажать кнопку **Добавить**. При создании комбинации система предложит ввести ее имя. Предусмотрена возможность создания нескольких комбинаций загружений. Результаты будут выводиться для каждого загружения или комбинации.

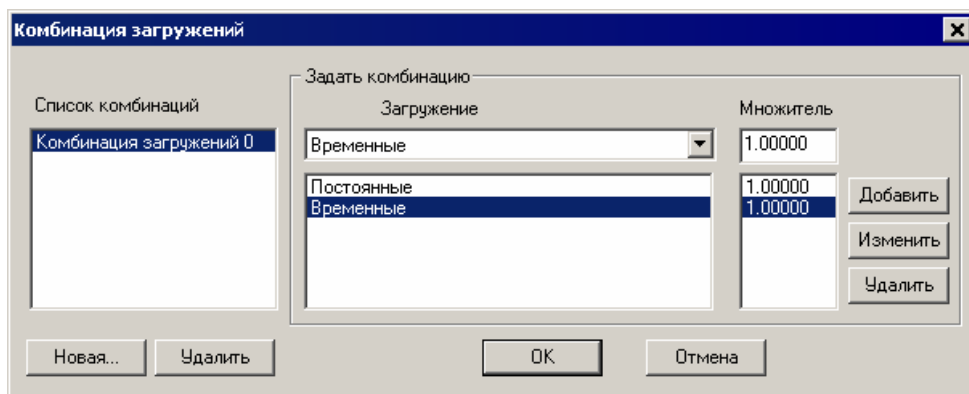


Рис. 8.32. Диалоговое окно **Комбинация загружений**

Для выполнения расчета служит команда меню **Расчет/Расчет**. В появившемся диалоговом окне необходимо отметить пункт **Статический расчет** и нажать кнопку **ОК**.

9. Вычисление расчетного сочетания усилий

Выбираем пункт меню **Расчет/Расчетные комбинации загружений....** В появившемся диалоговом окне **Таблица загружений для вычисления РСУ** (рис. 8.33) формируем таблицу загружений: поочередно выбираем из списка необходимое загружение и его тип, а затем вводим необходимые значения коэффициентов и нажимаем кнопку **Добавить в таблицу**. Доля длительности показывает, какую часть (в долях от 1) временной нагрузки считать длительной, соответственно, оставшуюся часть принимают кратковременной. Для вычисления расчетных сочетаний усилий необходимо нажать кнопку **Расчет**. После выполнения расчета окно автоматически закрывается.

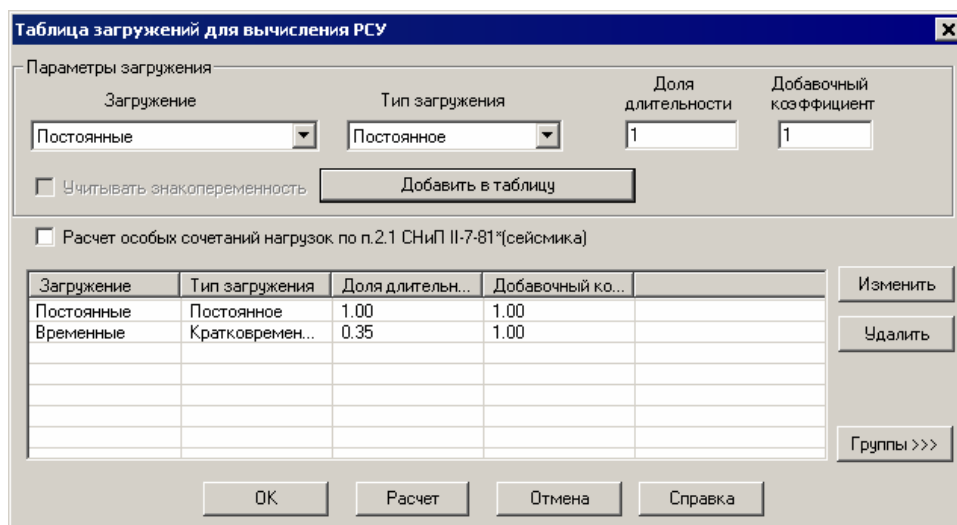



Рис. 8.33. Диалоговое окно **Комбинация загружений**

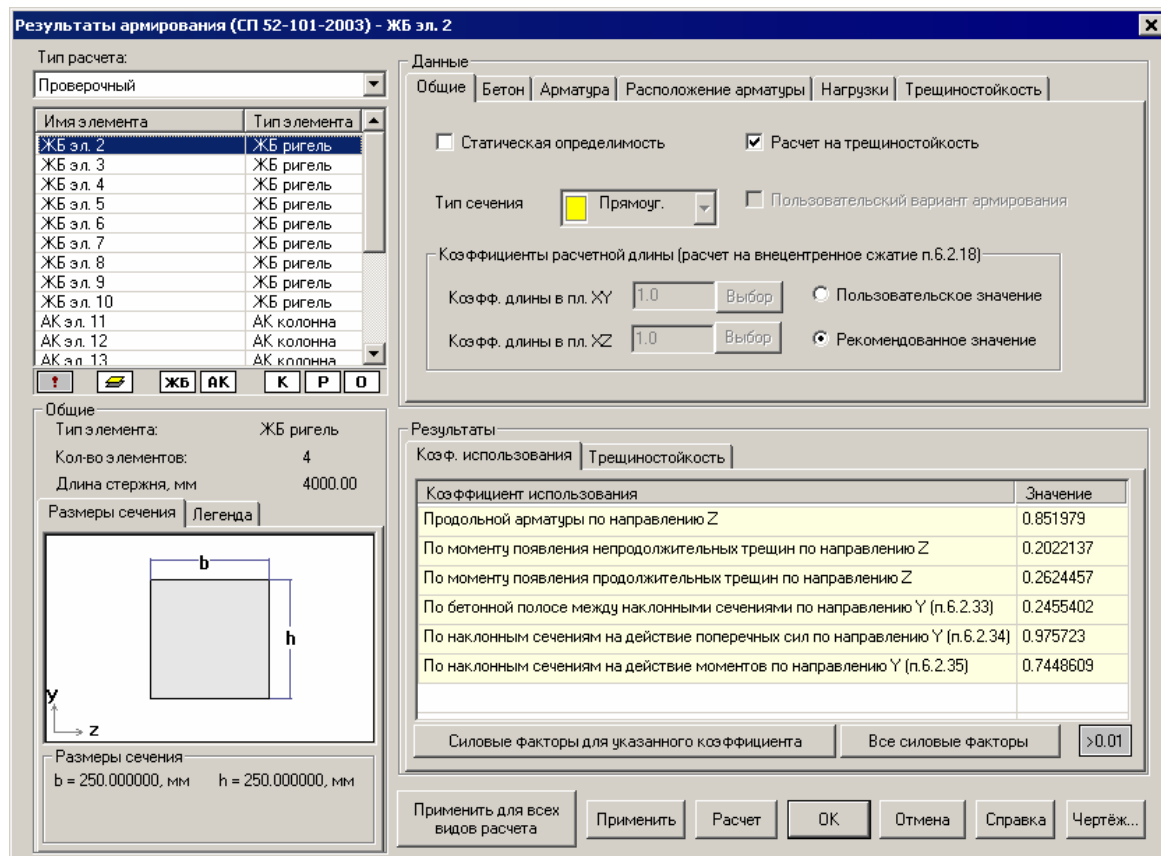
10. Задание параметров и подбор армирования

10.1. Общие принципы работы с конструктивными элементами

Задание параметров армирования осуществляется в диалоговом окне (рис. 8.34), которое вызывает команда  **Конструктивные элементы** одноименной панели инструментов (меню **Проектирование/Конструктивные элементы**).

Предусмотрено выполнение расчета двух типов – проектировочного и проверочного. При проектировочном расчете программа автоматически производит подбор арматуры из указанного диапазона номенклатуры арматуры. Кроме того, проектировщик может выполнить процедуру армирования самостоятельно в режиме проверочного расчета, а в результате получить коэффициенты использования принятой арматуры по каждому критерию расчета.

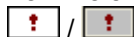
В верхней левой части диалогового окна **Результаты армирования** расположен список всех конструктивных элементов.



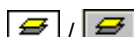
Критерий	Значение
Кoeff. использования	
Продольной арматуры по направлению Z	0.851979
По моменту появления непродолжительных трещин по направлению Z	0.2022137
По моменту появления продолжительных трещин по направлению Z	0.2624457
По бетонной полосе между наклонными сечениями по направлению Y (п.6.2.33)	0.2455402
По наклонным сечениям на действие поперечных сил по направлению Y (п.6.2.34)	0.975723
По наклонным сечениям на действие моментов по направлению Y (п.6.2.35)	0.7448609

Рис. 8.34. Диалоговое окно **Результаты армирования** – проектировочный расчет

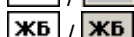
Кнопки фильтров списка конструктивных элементов позволяют Показать/Скрыть определенные элементы списка (рис. 8.35):



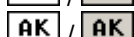
Показать только элементы с отрицательным результатом расчета (арматура не подобрана или не проходит по проверочному расчету) / Показать элементы с любым результатом



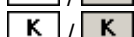
Показать только элементы из видимых слоев / Показать элементы из всех слоев.



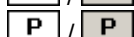
Показать / Скрыть железобетонные элементы.



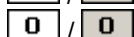
Показать / Скрыть армокаменные элементы.



Показать / Скрыть конструктивные элементы – колонны.



Показать / Скрыть конструктивные элементы – ригели.



Показать / Скрыть конструктивные элементы – оболочки (железобетонные и армокаменные).

Имя элемента	Тип элемента
ЖБ эл. 6	ЖБ ригель
ЖБ эл. 7	ЖБ ригель
ЖБ эл. 8	ЖБ ригель
ЖБ эл. 9	ЖБ ригель
ЖБ эл. 10	ЖБ ригель
АК эл. 11	АК колонна
АК эл. 12	АК колонна
АК эл. 13	АК колонна
АК эл. 14	АК колонна
АК эл. 15	АК оболочка
АК эл. 16	АК оболочка
АК эл. 17	АК оболочка

Рис. 8.35. Список конструктивных элементов

Ссылки на пункты нормативных документов (СНиП или СП) представлены в заголовках окон или в виде всплывающих подсказок.

10.2. Задание параметров и расчет армокаменных столбов

Выполним расчет армокаменных столбов в режиме проектировочного расчета. Для того, чтобы в списке остались только армокаменные колонны нужно скрыть **ЖБ** (Железобетонные конструктивные элементы) и **О** (оболочки). Для выделения всех армокаменных колонн необходимо в списке конструктивных элементов, во-первых, щелкнуть левой кнопкой мыши на первом конструктивном элементе списка, а затем, удерживая клавишу **Shift** нажатой – на нижнем. При этом все конструктивные элементы типа **АК колонна** выделятся как в списке, так и на модели (рис. 8.36). Задайте параметры вкладки *Общие* в соответствии с рисунком (см. рис. 8.36).

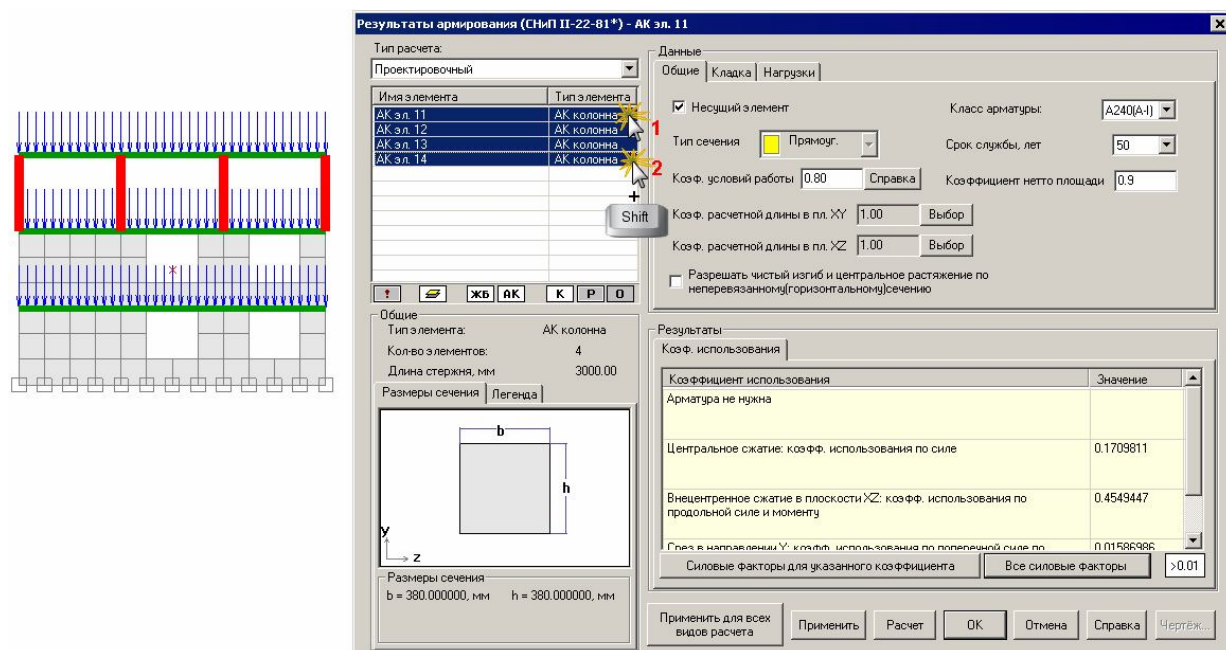


Рис. 8.36. Задание параметров армокаменных колонн

Для получения справочной информации по коэффициентам условий работы (п. 3.11 СНиП II-22-81) можно воспользоваться кнопкой **Справка**. Введите коэффициент условий работы **0.8**, так как площадь сечения колонн $0.380 \times 0.380 = 0.1444 \text{ м}^2 < 0.3 \text{ м}^2$ (рис. 8.37).

Коэффициенты условий работы (СНиП II-22-81, п.3.11*)	
Параметр	Значение
Для столбов и простенков площадью сечения 0.3м ² и менее	0.8
Для элементов круглого сечения, выполняемых из обыкновенного(нелегального) кирпича, не армированных сетчатой арматурой	0.6
Для блоков и камней, изготовленных из тяжелых бетонов и из природного камня ($\gamma \geq 1800$ кг/м ³)	1.1
Для кладки из блоков и камней из силикатных бетонов классов по прочности выше В25	0.9
Для кладки из блоков и камней из крупнопористых бетонов и из автоклавных ячеистых блоков	0.8
Для кладки из блоков и камней из неавтоклавных ячеистых бетонов. Виды ячеистых бетонов принимают в соответствии с ГОСТ 25485-89	0.7
Для кладки после длительного периода твердения раствора	1.15
Для кладки из силикатного кирпича на растворе с добавками поташа	0.85

Рис. 8.37. Справочное окно коэффициентов условий работы

Для задания коэффициентов расчетной длины необходимо воспользоваться кнопкой **Выбор** для вызова диалогового окна выбора схемы (рис. 8.38).

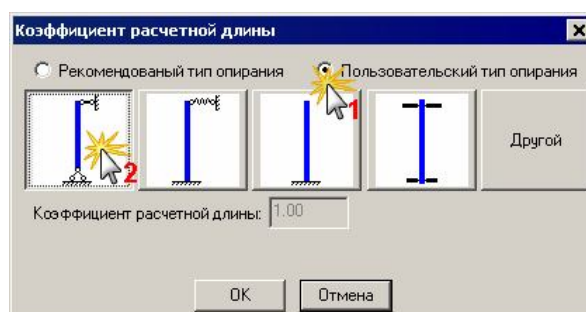


Рис. 8.38. Окно выбора схемы для коэффициента расчетной длины

Данные вкладки **Кладка** соответствуют материалу конструктивного элемента и не доступны для редактирования (рис. 8.39). Во вкладке **Нагрузки** (рис. 8.40) предоставлена возможность выбора нагрузок: РСУ, одно из загрузжений или комбинация, ручное задание силовых факторов. По умолчанию данными по нагрузкам являются расчетные сочетания усилий.

Общие	Кладка	Нагрузки
Камень Тип кирпича (каменя): Силикатный сплошной кирпич Марка кирпича (каменя): 75		
Раствор Тип раствора: 50 Марка раствора: Цементный		

Рис. 8.39. Вкладка Кладка

Общие	Кладка	Нагрузки
<input checked="" type="radio"/> РСУ <input type="radio"/> Загрузжения: Постоянные		
<input type="radio"/> Задать нагрузки вручную		
Nx, Н: 0.0000 Qy, Н: 0.0000 Qz, Н: 0.0000 My, Н*мм: 0.0000 Mz, Н*мм: 0.0000		
Коэф. длительности нагрузки: 1.00		

Рис. 8.40. Вкладка Нагрузки

Для сохранения данных для всех выделенных элементов для проверочного и проектировочного видов расчетов нажмите кнопку **Применить для всех видов расчетов**. Для выполнения

подбора армирования выделенных конструктивных элементов нажмите кнопку **Расчет** диалогового окна.

Для просмотра результатов по каждому отдельному конструктивному элементу – этот элемент, прежде всего, должен быть выделен в списке. Верхняя строчка результатов содержит информацию о необходимом армировании. Результаты расчета выводятся в виде коэффициентов использования по каждому из критериев (см. рис. 8.36).

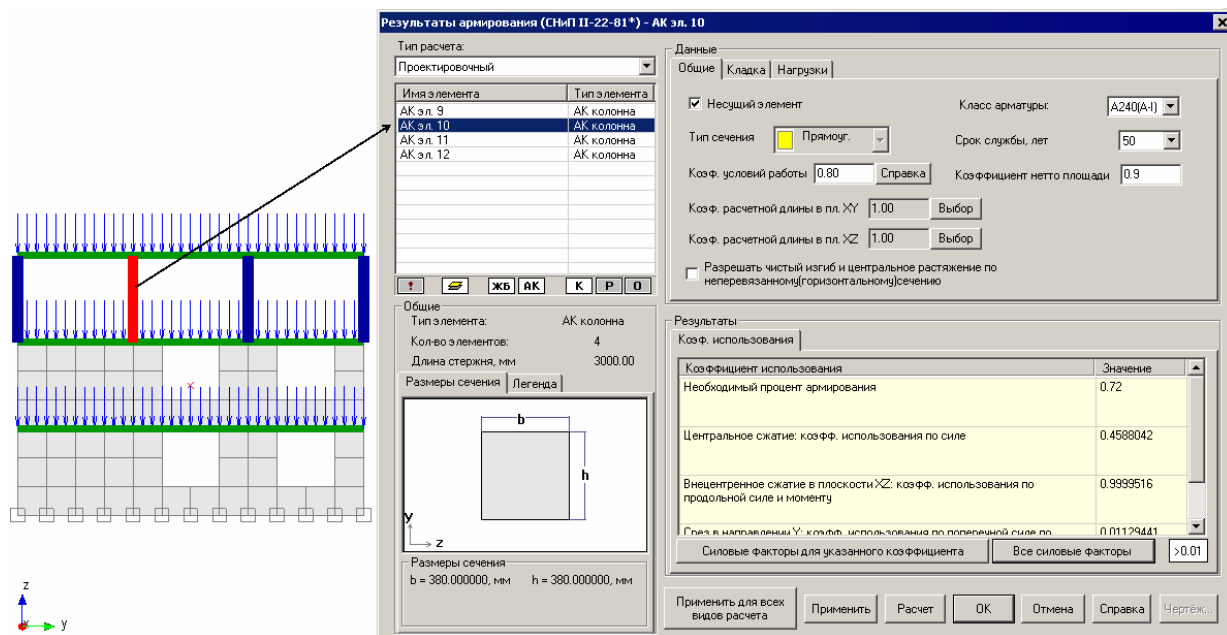


Рис. 8.41. Результаты расчета армокаменной колонны

Рассмотрим подбор арматурной сетки на примере армокаменной колонны с максимальным армированием 0,72. Для подбора арматурной сетки необходимо выполнить следующие действия (рис. 8.42):

1. Переключится в тип расчета **Проверочный**. На вопрос использования результатов расчета нажмите **Для всех элементов** (рис. 8.43).
2. Во вкладке **Общие** установите флажок **Использование арматуры**. При этом появится дополнительная вкладка **Арматура**.
3. Перейдите на вкладку **Арматура**. Выберите параметры сетки так, чтобы фактический процент армирования был немного больше, чем процент армирования проективного расчета (рис. 8.44). Чтобы для выбранного армирования определить фактические коэффициенты использования нажмите на кнопку **Расчет**.

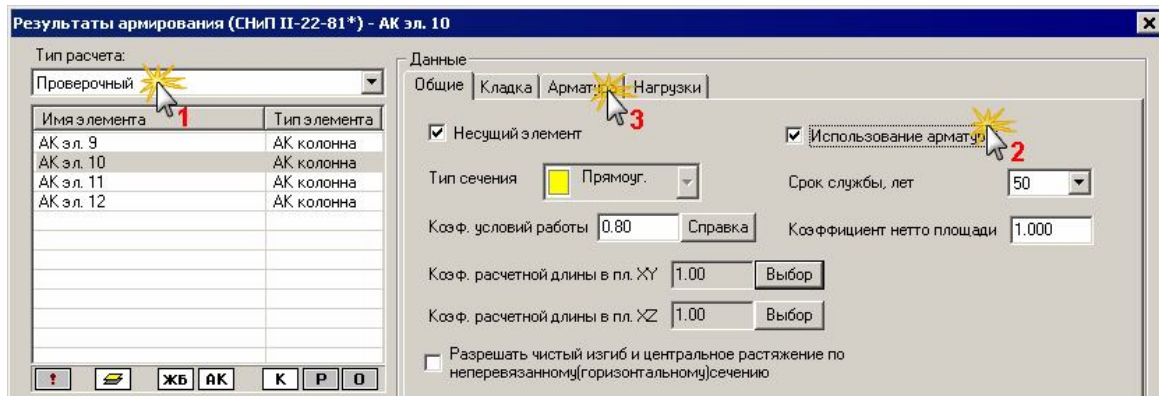


Рис. 8.42. Переход к подбору арматурной сетки

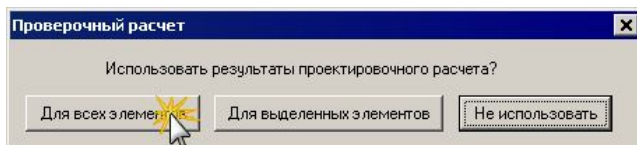


Рис. 8.43. Использование результатов проективного расчета

Сортамент арматуры класса A240(A-I) начинается с диаметра 6 мм. При использовании арматуры данного класса данной фактический процент армирования составит 13% (рис. 8.44). При выполнении расчета (кнопка **Расчет** диалогового окна) в поле результаты будут представлены фактические коэффициенты использования. Использование арматурной сетки класса B500(Bp-I) позволяет использовать диаметр 3 мм (рис. 8.45).

Данные

Общие Кладка Арматура Нагрузки

Класс арматуры: A240(A-I)

Вариант армирования

Диаметр стержней, [мм]: 6

Шаг стержней по горизонтали c1, [мм]: 50

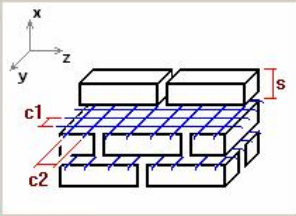
Шаг стержней по горизонтали c2, [мм]: 50

Число рядов кладки между сетками: 2

Высота ряда кладки S, [мм]: 75

Процент армирования, %: 0.7540

Процент армирования проекторочного расчета, %: 0.7222



Результаты

Коз. ф. использования

Коз. ф. использования	Значение
Центральное сжатие: коз. ф. использования по силе	0.4583951
Внецентренное сжатие в плоскости XZ: коз. ф. использования по продольной силе и моменту	0.9990918
Срез в направлении Y: коз. ф. использования по поперечной силе по неперевязанному сечению	0.01129441

Силовые факторы для указанного коэффициента Все силовые факторы >0.01

Применить для всех видов расчета Применить **Расчет** OK Отмена Справка Чертеж...

Рис. 8.44. Подбор арматурной сетки колонны (класс арматуры A240)

Данные

Общие Кладка Арматура Нагрузки

Класс арматуры: B500(Bp-I)

Вариант армирования

Диаметр стержней, [мм]: 5

Шаг стержней по горизонтали c1, [мм]: 50

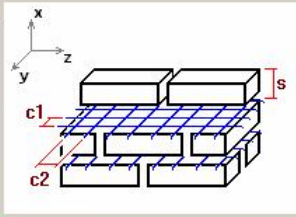
Шаг стержней по горизонтали c2, [мм]: 50

Число рядов кладки между сетками: 2

Высота ряда кладки S, [мм]: 75

Процент армирования, %: 0.5236

Процент армирования проекторочного расчета, %: 0.4954



Результаты

Коз. ф. использования

Коз. ф. использования	Значение
Центральное сжатие: коз. ф. использования по силе	0.4580964
Внецентренное сжатие в плоскости XZ: коз. ф. использования по продольной силе и моменту	0.9984473
Срез в направлении Y: коз. ф. использования по поперечной силе по неперевязанному сечению	0.01129441

Силовые факторы для указанного коэффициента Все силовые факторы >0.01

Применить для всех видов расчета Применить **Расчет** OK Отмена Справка Чертеж...

Рис. 8.45. Подбор арматурной сетки колонны (класс арматуры B500)

10.3. Задание параметров и расчет армокаменных простенков

Выполним расчет армокаменных простенков в режиме проектировочного расчета. Для того, чтобы в списке остались только **АК оболочки** необходимо скрыть **ЖБ** (Железобетонные конструктивные элементы) и **К** (колонны). Для выделения всех армокаменных простенков необходимо в списке конструктивных элементов, во-первых, щелкнуть левой кнопкой мыши на первом конструктивном элементе списка, а затем, удерживая клавишу **Shift** нажатой – на нижнем. При этом все конструктивные элементы типа **АК Оболочка** выделятся как в списке, так и на модели (рис. 8.46). Задайте параметры вкладки **Общие** в соответствии с рисунком (см. рис. 8.46).

Для задания коэффициентов расчетной длины необходимо воспользоваться кнопкой **Выбор** для вызова диалогового окна выбора схемы (см. рис. 8.38). Данные вкладки **Кладка** соответствуют материалу конструктивного элемента и не доступны для редактирования (рис. 8.39). Во вкладке **Нагрузки** (рис. 8.40) предоставлена возможность выбора нагрузок: РСУ, одно из загружений или комбинация, ручное задание силовых факторов. По умолчанию данными по нагрузкам являются расчетные сочетания усилий.

Для сохранения данных для всех выделенных элементов для проверочного и проектировочного видов расчетов нажмите кнопку **Применить для всех видов расчетов**. Для выполнения подбора армирования выделенных конструктивных элементов нажмите кнопку **Расчет** диалогового окна. Результаты расчета выводятся в виде коэффициентов использования по каждому из критериев (см. рис. 8.36).

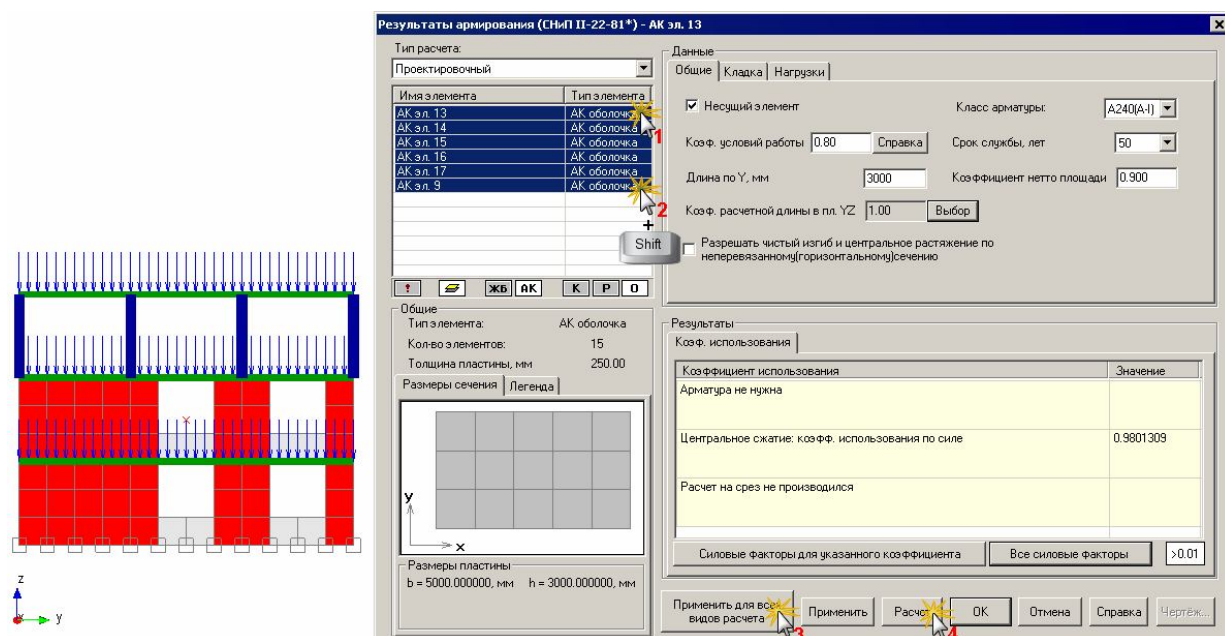


Рис. 8.46. Задание параметров армокаменных оболочек

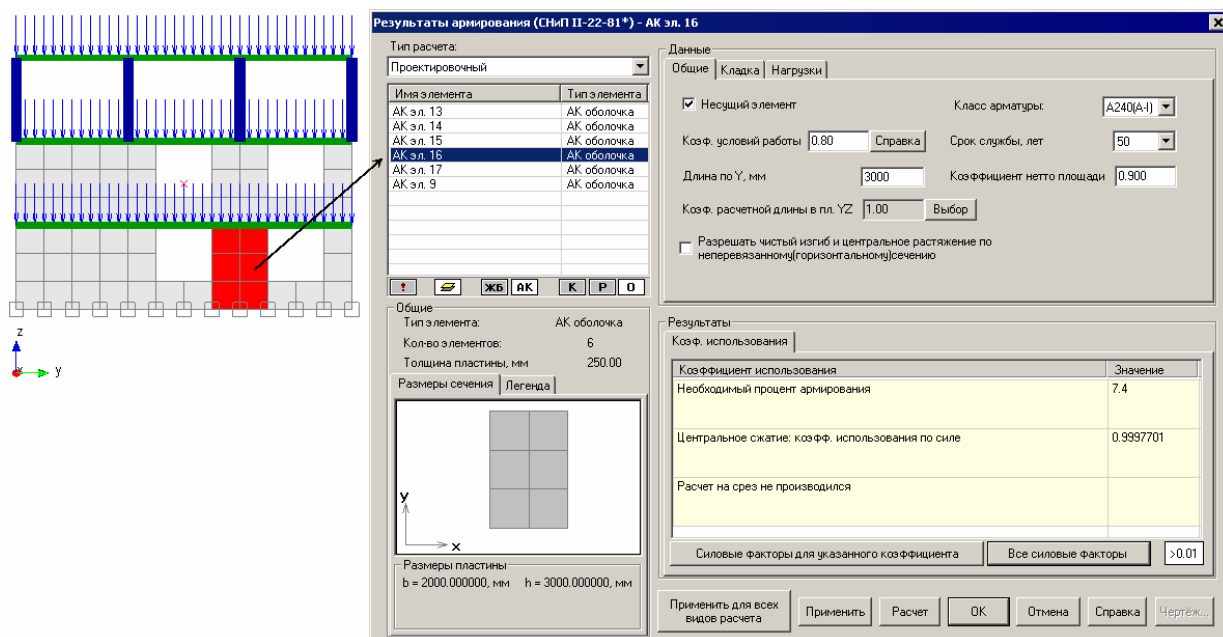


Рис. 8.47. Результаты расчета армокаменной оболочки

Рассмотрим подбор арматурной сетки на примере армокаменного простенка с максимальным армированием. Для подбора арматурной сетки необходимо выполнить следующие действия (см. рис. 8.42):

1. Переключится в тип расчета **Проверочный**. На вопрос использования результатов расчета нажмите **Для всех элементов** (см. рис. 8.43).
2. Во вкладке **Общие** установите флажок **Использование арматуры**. При этом появится дополнительная вкладка **Арматура**.
3. Перейдите на вкладку **Арматура**. Выберите параметры сетки так, чтобы фактический процент армирования был немного больше, чем процент армирования проектного расчета (рис. 8.48). Чтобы для выбранного армирования определить фактические коэффициенты использования нажмите на кнопку **Расчет**.

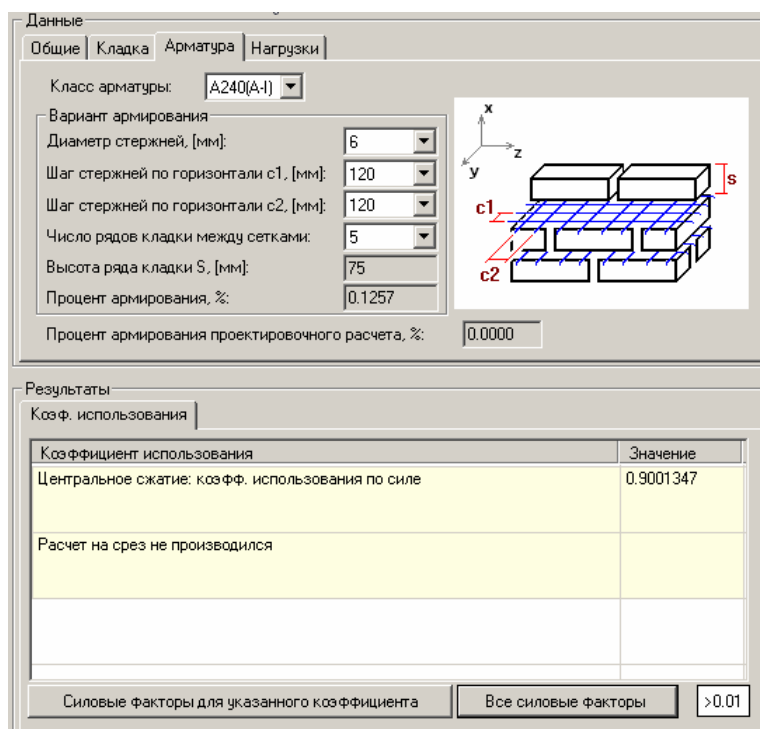


Рис. 8.48. Подбор арматурной сетки простенка

10.4. Задание параметров и расчет железобетонных поясов жесткости и перемычек

Выполним расчет железобетонных поясов жесткости и перемычек в режиме проектировочного расчета. Для того, чтобы в списке остались только железобетонные ригели необходимо скрыть **АК** (Армокаменные конструктивные элементы). Для выделения всех железобетонных ригелей необходимо в списке конструктивных элементов, во-первых, щелкнуть левой кнопкой мыши на первом конструктивном элементе списка, а затем, удерживая клавишу **Shift** нажатой – на нижнем. При этом все конструктивные элементы типа **ЖБ Ригели** выделятся как в списке, так и на модели (рис. 8.49).

С помощью группы вкладок **Данные** задайте параметры проектировочного расчета:

Общие

Статическая определимость: Нет Расчет на трещиностойкость: Есть

Тип сечения: Прямоугольник (по типу библиотеки сечений, недоступно для редактирования)

Пользовательский вариант армирования: Есть

Коэф. длины в плоскости YZ: 0,8 Коэф. длины в плоскости XZ: 0,8 (п. 6.2.18 СП 52-101-2003)

Бетон

Класс бетона: В25 (зависит от материала конструктивного элемента).

Коэф. продолжительности нагрузки: 0,9 (γ_{b1} , п. 5.1.10 СП 52-101-2003)

Коэффициент влияния условий бетонирования: 1 ($\gamma_{b2} \cdot \gamma_{b3} \cdot \gamma_{b4}$, п. 5.1.10 СП 52-101-2003)

Влажность воздуха окружающей среды: > 75

Арматура

Класс арматуры: Продольной: А400(А-III), Поперечной: А240(А-I)

Коэф. условий работы: Продольной: 1, Поперечной: 0,8 (γ_s , п. 5.2.7 СП 52-101-2003)

Симметричное расположение арматуры: Нет

Учет конструктивных ограничений: Есть (учет защитного слоя и расстояния между арматурой)

Расстояние до центра арматуры, мм:

Верхний: 30, Нижний: 30, Боковой: 30 (п. 8.3.2 СП 52-101-2003)

Вариант армирования

Продольная арматура: диаметр от 14 до 25 мм, количество от 2 до 4.

Боковая арматура: диаметр от 14 до 25 мм, количество от 0 до 1.

Нажмите кнопку Новый и введите название пользовательского диапазона, например, «d14...25».

Нагрузки

Источник нагрузок для расчета: РСУ

Трещиностойкость

Категория трещиностойкости: Ограниченная ширина

Ограничение трещиностойкости: Из условия проницаемости (п. 7.2.3 СП 52-101-2003)

Непродолжительное раскрытие, мм: 0.4 Продолжительное раскрытие, мм: 0.3

Диаметр арматуры для расчета трещиностойкости, мм: 14.

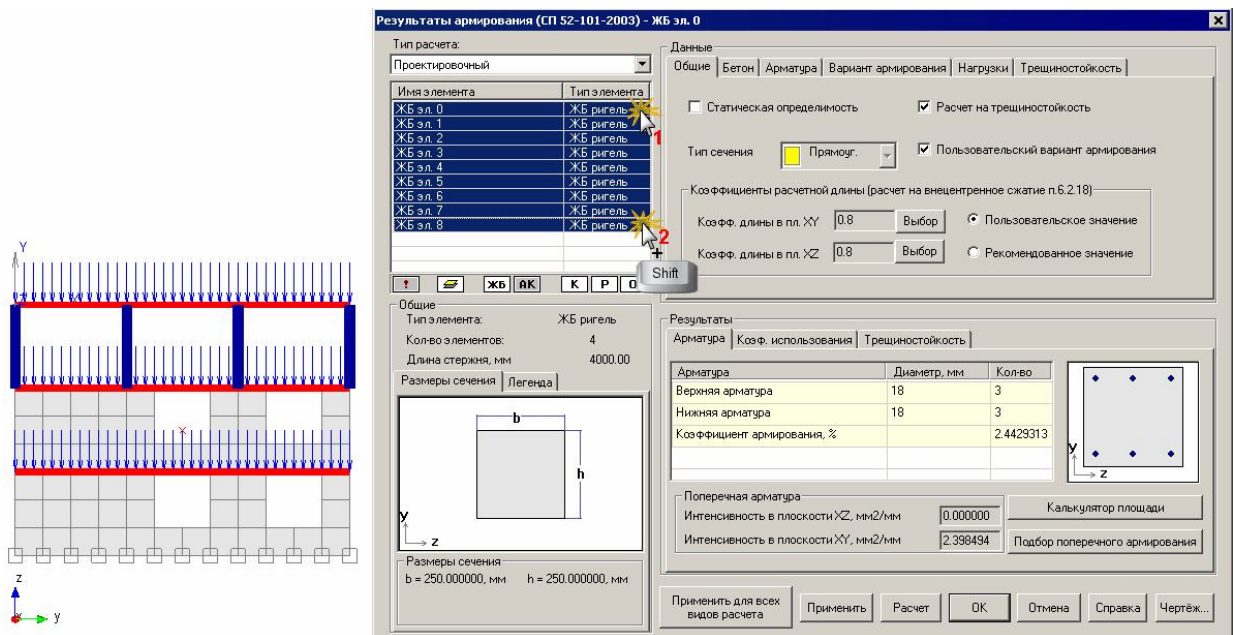


Рис. 8.49. Задание параметров железобетонных ригелей

Если после задания параметров армирования нажать кнопку **Применить для всех видов расчета** диалогового окна **Результаты армирования**, то введенные исходные данные будут использованы как для проектировочного, так и для проверочного расчетов. Затем нажимаем кнопку **Расчет** диалогового окна, после чего программа выполнит подбор армирования для выделенных конструктивных элементов.

Результаты проектировочного расчета в виде числовых значений диаметра и шага продольной арматуры, поперечной интенсивности (рис. 8.50), коэффициентов использования и ширины раскрытия трещин доступны в соответствующих вкладках группы **Результаты**. В режиме проектировочного расчета для каждого конструктивного элемента программа подберет различное армирование в зависимости от действующей нагрузки. Подбор армирования осуществляется исходя из условия минимальной интенсивности.

Для подбора интенсивности поперечного армирования нажмите соответствующую кнопку диалогового окна **Результаты армирования** (см. рис. 8.50). Появившееся диалоговое окно (рис. 8.51) позволяет подобрать армирование по диаметру или шагу. При этом автоматически определяется интенсивность [мм²/мм] и количество стержней [шт].

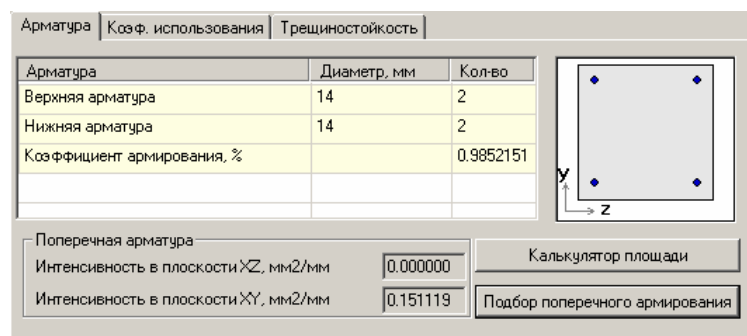


Рис. 8.50. Результаты подбора арматуры ригелей

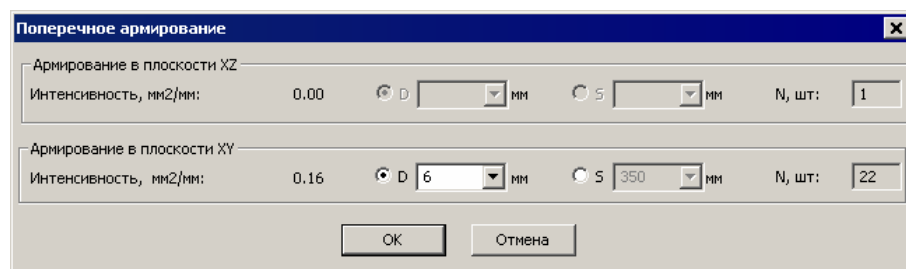



Рис. 8.51. Результаты подбора поперечной арматуры

Если по каким-либо причинам армирование, предлагаемое проектировочным расчетом, не удовлетворяет требованиям конструктора, можно выполнить проверку заданного армирования в режиме проверочного расчета. Для этого нужно переключиться в тип расчета **Проверочный**. На вопрос использования результатов расчета нажмите **Для всех элементов** (см. рис. 8.43).

Назначаемое армирование задается во вкладке **Расположение арматуры**. Для верхней, нижней и боковой (если необходимо) продольной арматуры это диаметр и шаг, для поперечной – интенсивность. Задать интенсивность можно, нажав кнопку **Подбор поперечного армирования**. Из выпадающих списков появившегося диалогового окна **Поперечное армирование** выберите диаметр и шаг поперечной арматуры. Интенсивность определяется автоматически исходя из расположения в сечении двух стержней поперечной арматуры по каждому направлению.

После задания поперечной арматуры нажмите кнопку **Расчет** – программа выполнит проверочный расчет выделенных элементов.

В группе **Результаты** представлены коэффициенты использования арматуры, каждый из которых должен быть меньше единицы, и ширина непродолжительного раскрытия трещин, величина которой должна быть меньше предельной. Если для конструктивного элемента хотя бы для одного критерия коэффициентами использования больше единицы, то такой критерий выделяется **красным** цветом.

После выполнения расчета нажмите кнопку  для показа **только элементов с отрицательным результатом расчета** (арматура не подобрана или не проходит по проверочному расчету). Если таких конструктивных элементов нет, следовательно, условие прочности по первой и второй группам предельных состояний выполнено для всех армокаменных и железобетонных конструктивных элементов.