

Глава 6. Прочностной расчет и армирование железобетонной плиты

Задание

Выполнить прочностной расчет и подбор армирования плиты перекрытия (рис. 6.1-6.2).

Исходные данные:

- Материал: Бетон В 20 (минимальный класс бетона п. 7.7 СП 52-103-2007).
- Толщина плиты: 200 мм (минимальная толщина плиты п. 7.7 СП 52-103-2007).

Действующие нагрузки:

- Постоянная – собственный вес.
- Полезная нагрузка на перекрытие – $q = 4$ кПа.

Постоянная и полезная нагрузки сонаправлены и действуют в направлении, противоположном оси Z глобальной системы координат (см. рис. 6.1).

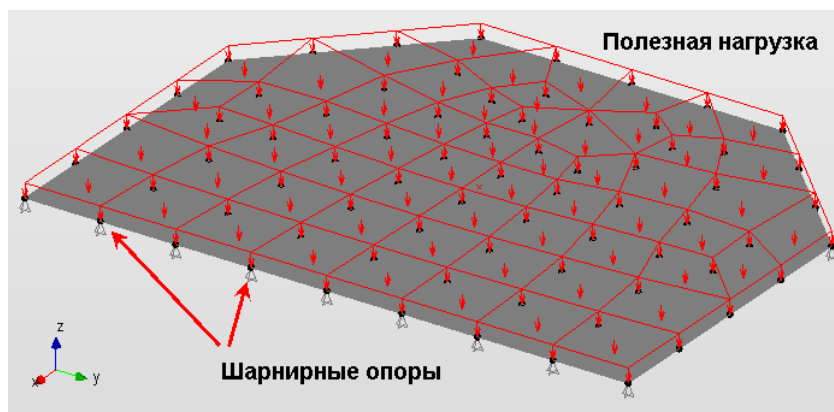


Рис. 6.1. Модель плиты в APM Structure3D

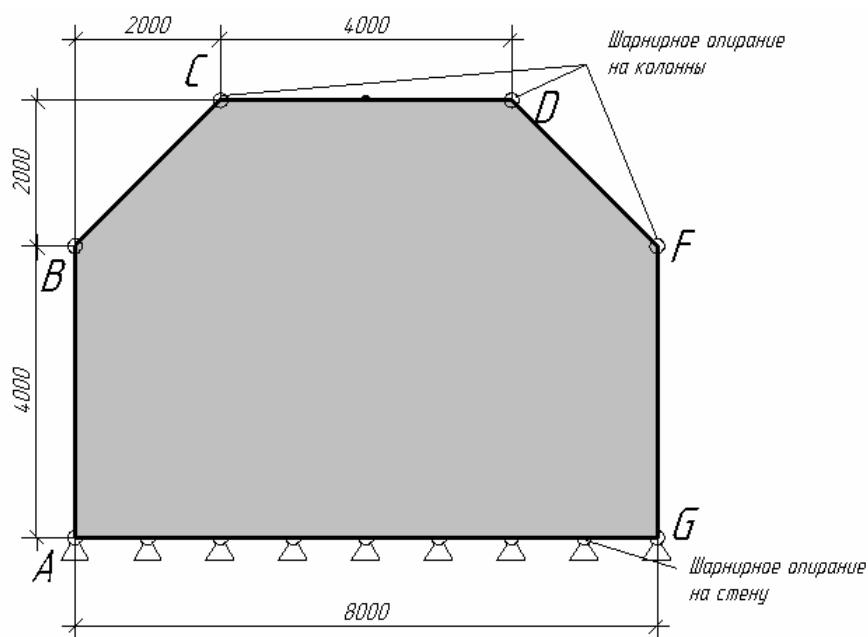


Рис. 6.2. Расчетная схема плиты (вид сверху)

Общий порядок расчета



1. Построение модели плиты
 - 1.1. Включение режима отмены операций
 - 1.2. Создание базового (начального) узла
 - 1.3. Построение половины контура плиты
 - 1.4. Операция зеркального отображения
 - 1.5. Моделирование пластин
 - 1.6. Направление локальной системы координат пластин

- 1.7. Задание толщины пластин
2. Задание параметров материала пластин
3. Задание креплений
4. Создание конструктивного элемента
5. Задание нагрузок
6. Статический расчет
7. Вычисление РСУ и формирование наиболее неблагоприятной комбинации загружений
8. Задание параметров и подбор/проверка армирования
9. Просмотр результатов расчета

1. Построение модели плиты

Плиту моделируем стержневыми элементами, которые затем удаляем, оставив только узлы. Для создания внешнего контура модели получившиеся узлы нужно последовательно обойти щелчками левой кнопки мыши.

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. В данном случае в качестве рабочего выберем окно **Вид сверху**.

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 **A** модели плиты. 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)**.

1.3. Построение половины контура плиты

Для построения отрезка **AB** (см. рис. 6.2) нажимаем на панели инструментов **Нарисовать** кнопку  **Стержень по длине и углу** (меню **Рисование/Стержень/По длине и углу**), которая становится активной только после создания хотя бы одного узла, и щелкаем ЛЕВОЙ кнопкой мыши в области чувствительности привязки к узлу **A**. Затем смещаем курсор в вертикальном направлении и по щелчку ПРАВОЙ кнопки мыши вызываем диалоговое окно **Добавить стержень** (рис. 6.3). В поля ввода этого диалога записываем следующие значения:

- в поле ввода **Угол, град** – **90**;
- в поле ввода **Длина, мм** – **4000**.

Угол отсчитывается против часовой стрелки относительно положительного направления горизонтальной оси вида.

Завершаем ввод исходных данных нажатием кнопки **ОК**.

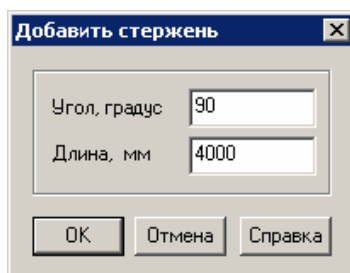




Рис. 6.3. Диалоговое окно **Добавить стержень**

Для того чтобы построить узел **C** (см. рис. 6.2), создадим две вспомогательных стержня – горизонтальный и вертикальный. Горизонтальный стержень строим также с помощью команды

 **Стержень по длине и углу:** нажимаем соответствующую кнопку, щелкаем ЛЕВОЙ кнопкой мыши на последнем из построенных узлов (в рассматриваемом случае это узел **B**), затем нажимаем ПРАВОЮ кнопку мыши и в полях ввода появившегося диалога записываем: **Угол, град – 0, Длина, мм – 2000**. Аналогично создаем вспомогательный вертикальный стержень, указывая в диалоговом окне: **Угол, град – 90, Длина, мм – 2000**. Искомый узел **C** является конечной точкой вертикального отрезка.

Учитывая симметрию контура, в помощью все той же команды  **Стержень по длине и углу** строим половину отрезка **CD**: **Угол, град – 0, Длина, мм – 2000**.

Далее необходимо удалить все стержни и вспомогательный узел, который образовался в результате пересечения двух вспомогательных стержневых элементов. Для этого вначале выделяем подлежащие удалению элементы: нажимаем кнопку **Выбрать**  панели инструментов **Нарисовать** (меню **Редактирование/Выбрать элемент**) и, удерживая клавишу **Shift**, щелкаем на нужных элементах ЛЕВОЙ кнопкой мыши (рис. 6.4). Выделенные элементы окрашиваются в красный цвет. Удаление происходит после нажатия на клавиатуре клавиши **Delete**. Ту же операцию можно выполнить в режиме **Удалить выбранное** : выделяем удаляемые элементы и, нажав на соответствующую кнопку – это самая нижняя кнопка в левой вертикальной панели инструментов **Нарисовать** (меню **Рисование/Удалить выбранное**) – удаляем их после дополнительного предупреждения.

В результате получаем фрагмент модели, состоящий только из пяти узловых элементов (рис. 6.5).

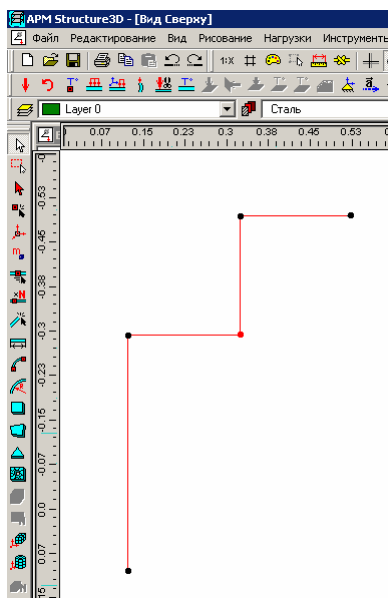




Рис. 6.4. Выделение элементов

1.4. Операция зеркального отображения

Для дальнейшего построения нужно воспользоваться режимом создания зеркальной копии (симметрии) построенных элементов, предварительно выделив эти элементы рамкой (см. п. 2.1, гл. 2).

После перехода в режим  **Выбрать группу** (меню **Редактирование/Выбрать группу элементов**) следует, нажав левую кнопку мыши, создать прямоугольник, в который вписываются все построенные элементы модели. В результате все узлы выделяются и приобретут красный цвет (см. рис. 6.5). Далее нажимаем кнопку  **Зеркало** панели **Инструменты** (меню **Инструменты/Зеркало**). Зеркальная копия выделенного объекта создается в плоскости вида относительно оси симметрии, отрезок которой необходимо заранее построить. С этой целью первым щелчком мыши фиксируем начало отрезка оси симметрии – верхний правый узел модели, затем смещаем указатель мыши вертикально вниз (см. рис. 6.5) и, наконец, вторым щелчком отмечаем конечную точку этого отрезка. Итог операции **Зеркало** продемонстрирован на рис. 6.6.

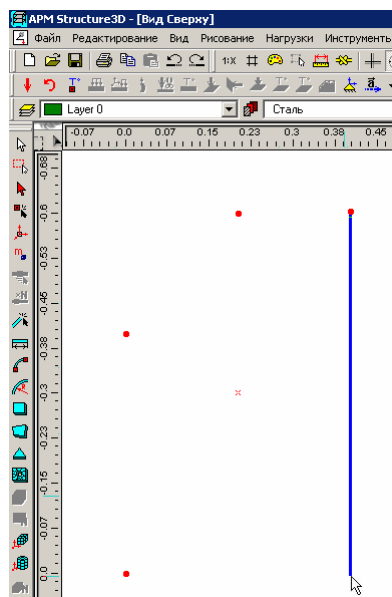


Рис. 6.5. Построение оси симметрии

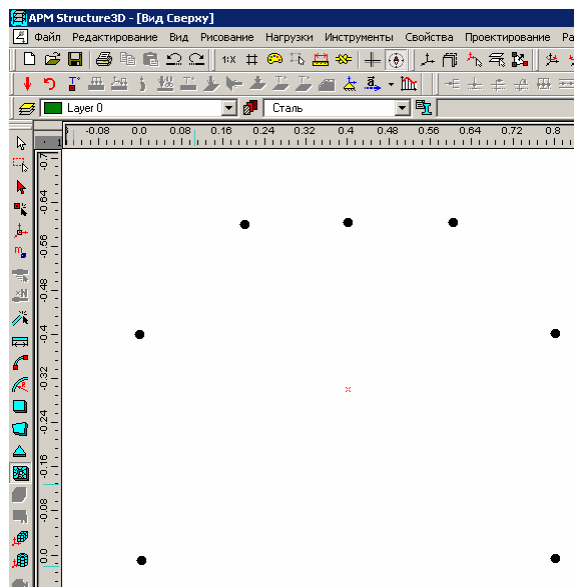



Рис. 6.6. Результат операции зеркального отображения

1.5. Моделирование пластин

Переходим в режим  **Произвольная пластина с разбиением** панели инструментов **Нарисовать** (меню **Рисование/Пластина/Произвольная с разбиением**). Далее следует последовательно щелкнуть на всех узлах, составляющих внешний контур пластины (рис. 6.7). Направление обхода может быть любым. После завершения обхода нажатием клавиатурной клавиши **Enter** вызываем появление диалогового окна **Параметры разбиения** и записываем в поле ввода значение шага разбиения, т. е. максимальную длину конечного элемента. В рассматриваемом случае в качестве таковой выберем **1000 мм** (рис. 6.8).

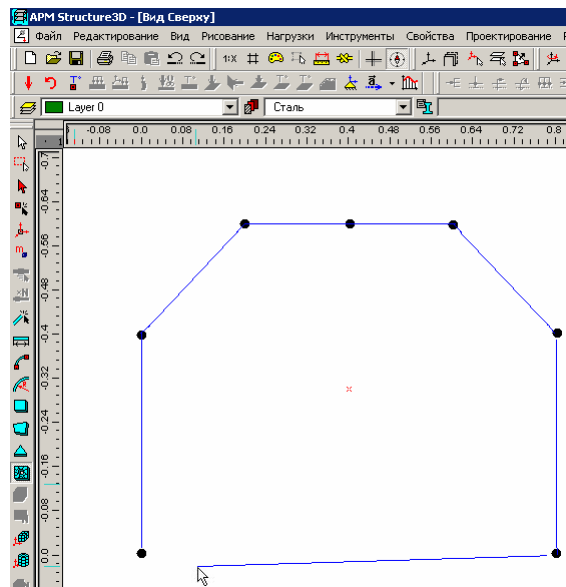


Рис. 6.7. Задание контура пластины

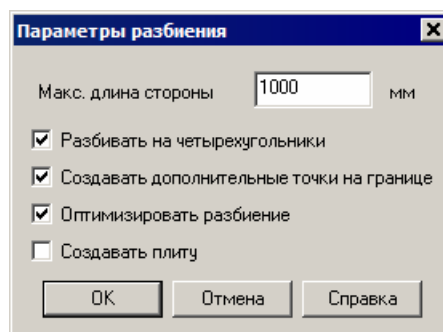



Рис. 6.8. Диалоговое окно Параметры разбиения

Возможно два режима работы для пластин с произвольным разбиением – разбиение в обычном режиме и создание плиты (режим ☒ Создать плиту см. рис. 6.8). Объект **Плита** характеризуется теми же свойствами, что и пластина (толщина, материал ...). При расчете объект **Плита** подвергается разбиению в соответствии с заданными параметрами (команда **Расчет** | **Параметры разбиения**) на несколько конечных элементов. Предусмотрена возможность изменения шага КЭ-сетки, использования различного шага для разных плит и автоматического создания узлов в местах сопряжений. При этом ЛСК всех конечных элементов будут сонаправлены. Одна плита может соответствовать только одному конструктивному элементу, что делает создание конструктивных элементов – железобетонных оболочек более простым и удобным.

1.6. Направление локальной системы координат пластин

Для того чтобы арматурные стержни всех пластин имели одинаковые направления, необходимо обеспечить одинаковую ориентацию осей локальных систем координат (ЛСК) всех пластин одного конструктивного элемента. С этой целью нужно включить отображение ЛСК пластин с помощью команды  **Показать систему координат пластин** панели инструментов **Фильтры вида**, которая расположена в нижней части окна APM Structure3D, проанализировать имеющуюся ориентацию осей ЛСК (рис. 6.9) и при необходимости ее изменить. В рассматриваемом случае такая необходимость имеется, поэтому выбираем команду меню **Свойства/Ориентировать с.к. всех пластин** и с помощью атрибутов появившегося диалогового окна задаем ориентацию ЛСК всех пластин (рис. 6.10). При этом ориентация изменится только у осей X и Y ЛСК, в то время как направление оси Z (перпендикулярно плоскости плиты, параллельно оси Z глобальной системы координат) останется прежним.

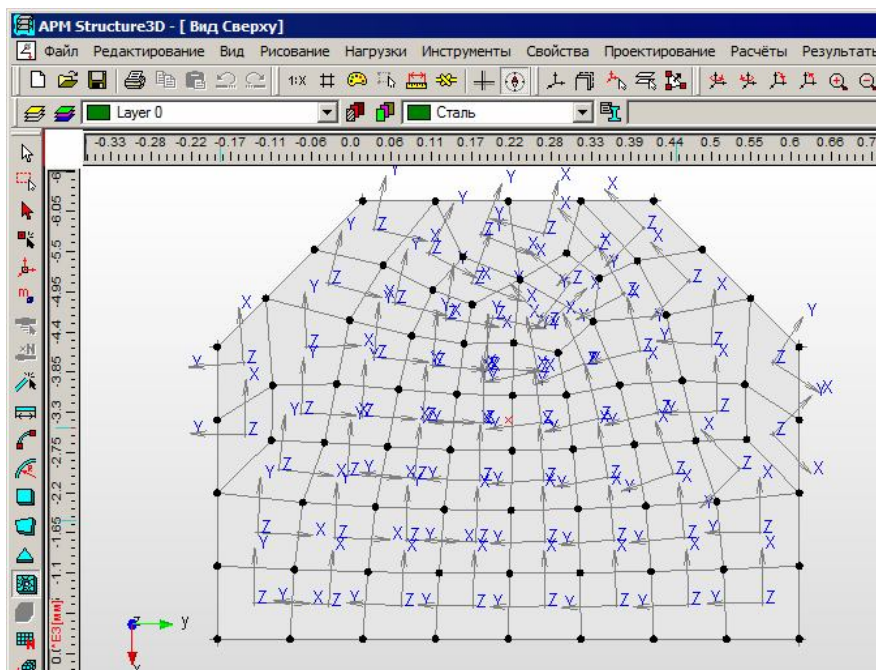


Рис. 6.9. Показ ориентации осей ЛСК пластин

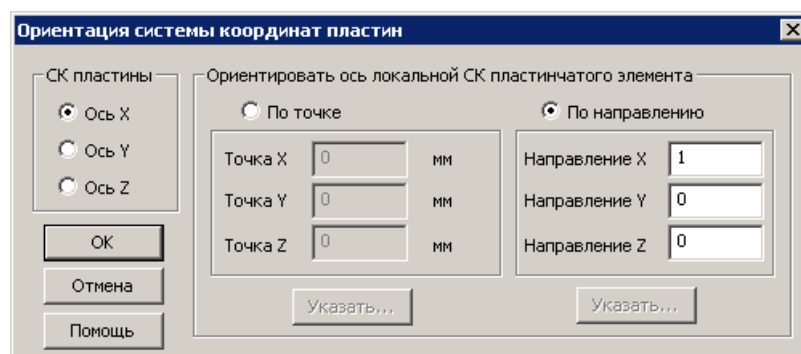



Рис. 6.10. Изменение ориентации осей ЛСК пластин

1.7. Задание толщины пластин

Толщину можно задавать как сразу всем пластинам, так и предварительно выделенным. Для рассматриваемой модели удобно воспользоваться командой  **Задать толщину Всем** панели инструментов **Свойства** (меню **Свойства/Толщину Всем Пластинам...**) и записать в поле ввода появившегося диалога **Задать толщину пластины** числовое значение толщины пластин (рис. 6.11).

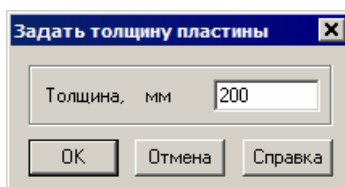



Рис. 6.11. Диалоговое окно задания толщины пластин

2. Задание параметров материала пластин

Команда  **Материалы** (меню **Свойства/Материалы**) позволяет работать со списком материалов данной модели. После вызова команды на экране появляется одноименное диалоговое окно (рис. 6.12). Нажатием кнопки **Добавить...** вызовите диалог выбора типа материала (общий, бетон или кладка), из выпадающего списка выберите тип материала **Бетон** и нажмите кнопку **ОК** (рис. 6.13). Далее можно последовательно заполнить поля ввода появившегося диалогового окна (рис. 6.14) значениями параметров нужного материала, однако в рассматриваемом случае удобнее воспользоваться базой данных. Кнопка **ДВ...** вызывает окно выбора материала

из базы данных (рис. 6.15). Выберите тип материала **Бетон**, затем в выпадающем списке – **Бетон тяжелый В20**, и подтвердите выбор нажатием кнопки **ОК**.

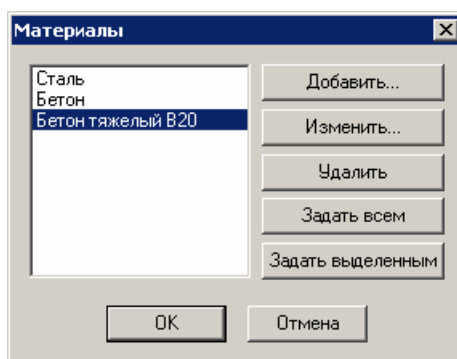


Рис. 6.12. Диалоговое окно **Материалы**

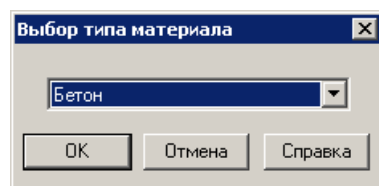


Рис. 6.13 Диалоговое окно выбора
типа материала

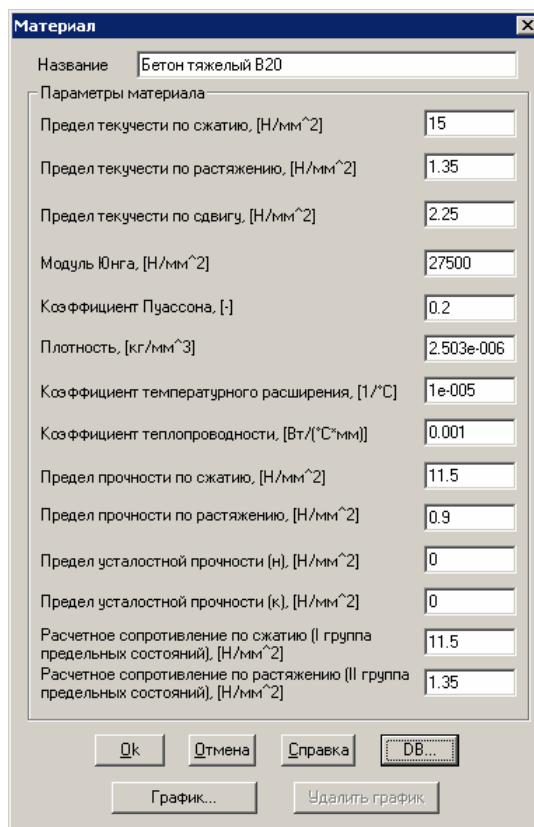


Рис. 6.14. Диалоговое окно **Материал**

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

Рис. 6.15. База данных материалов

Для того чтобы присвоить выбранный материал всем пластинам модели, выберите в списке материалов (см. рис. 6.12) **Бетон тяжелый В20** и нажмите кнопку **Задать всем**.

3. Задание закреплений

Вначале выделяем все узлы, в которых установлены опоры – т. е. узлы участка AG, а также отдельные узлы B, C, D и F (см. рис. 6.2). Сделать это удобно с помощью команды **Выбрать группу** (меню **Редактирование/Выбрать группу элементов**), используя охватывающую слева направо рамку. Затем нажимаем на панели инструментов **Нарисовать** кнопку **Опора** (меню **Рисование/Опора**) и щелкаем на любом из выделенных узлов. Открывается диалоговое окно **Установка опоры** (рис. 6.16), в полях ввода которого задаем тип устанавливаемых опор, а именно **Запрет** перемещений по **X**, **Y** и **Z**. Если нажать кнопку **Шарнирная опора**, то флажки запретов перемещения по всем координатам появятся автоматически.

Установка опоры	
Перемещения <input checked="" type="checkbox"/> Запрет по X <input checked="" type="checkbox"/> Запрет по Y <input checked="" type="checkbox"/> Запрет по Z	Поворот <input type="checkbox"/> Запрет вокруг X <input type="checkbox"/> Запрет вокруг Y <input type="checkbox"/> Запрет вокруг Z
Тип опоры <input checked="" type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>	Способ задания <input type="radio"/> Добавить <input checked="" type="radio"/> Заменить
<input type="button" value="OK"/> <input type="button" value="Отмена"/> <input type="button" value="Удалить"/> <input type="button" value="Справка"/>	

Рис. 6.16. Диалоговое окно Установка опоры

4. Создание конструктивных элементов

В рассматриваемом случае под **конструктивным элементом** (см. п. 8.2, гл. 2.1) будем понимать конечный элемент (или группу конечных элементов), представляющий собой расположенный между двумя соединениями **УЧАСТОК** модели (колонны, ригеля и т. д.), который при расчете согласно СП 52-101-2003 рассматривается как единое целое. В APM Structure3D предусмотрено два способа создания конструктивных элементов.



Первый способ заключается в том, что **выделенные объекты** помещаются в **отдельные конструктивные элементы** с помощью одноименной команды панели инструментов **Конструктивные элементы** (меню **Проектирование/Выделенные объекты в отдельные конструктивные элементы**). При этом **КАЖДЫЙ** из выделенных конечных элементов располагается в **ОТДЕЛЬНОМ** конструктивном элементе. В результате такой операции можно одновременно создать **НЕСКОЛЬКО** конструктивных элементов.

Данный способ создания конструктивных элементов является наиболее быстрым в том случае, если модель изначально строится таким образом, чтобы **ОДНОМУ** конструктивному элементу соответствовал **ОДИН** конечный элемент. Впоследствии можно выполнить дополнительное разбиение группы элементов. При этом все конечные элементы, полученные в результате


разбиения конечного элемента, входящего в состав какого-либо конструктивного элемента, будут входить в состав исходного конструктивного элемента.

Второй способ – это размещение **ВСЕХ выделенных объектов в ОДНОМ конструктивном элементе** с помощью одноименной команды панели инструментов **Конструктивные элементы** (меню **Проектирование/Выделенные объекты в конструктивный элемент**). С помощью этой операции возможно создать лишь **ОДИН** конструктивный элемент.

В рассматриваемом случае вся модель плиты является одним конструктивным элементом – оболочкой, поэтому целесообразно воспользоваться вторым способом построения конструктивных элементов. Выбираем пункт меню **Проектирование/Типы конструктивных элементов/**



☒ **Железобетонные конструктивные элементы**, затем выделяем все пластины, используя команду  **Выбрать группу**, и, наконец, нажимаем кнопку  **Выделенные объекты в конструктивный элемент** панели инструментов **Конструктивные элементы** (меню **Проектирование/Выделенные объекты в конструктивный элемент**). Тем самым конструктивный элемент создан.

5. Задание нагрузок

Для задания нагрузок в соответствии со **СНиП 2.01.07-85* Нагрузки и воздействия** удобно каждый вид нагрузки разместить в отдельном загрузении. По условию на плиту действуют два вида силовых факторов – постоянная и полезная нагрузки, следовательно, необходимо создать два загрузения. Команда  **Загрузения...** (меню **Нагрузки/Загрузения...**) вызывает диалоговое окно редактирования загрузений, в поле которого уже имеется название одного из загрузений, по умолчанию это **Загрузка 0**. С помощью кнопки **Добавить...** создайте второе загрузение, например, **Загрузка 1**.

В первое загрузение отправим постоянную нагрузку, а именно собственный вес конструкции. С этой целью выберите одно из загрузений и нажмите кнопку **Изменить....** В появившемся диалоговом окне введите название загрузения – **Постоянные** (рис. 6.17), и множитель собственного веса, равный **1.1**. Значение множителя собственного веса, превышающее единицу, учитывает вес не представленного в модели напольного покрытия, например, песко-цементной стяжки и кафельной плитки. Направление действия веса – против оси Z глобальной системы координат.

Аналогичным образом измените название второго загрузения на **Полезная** (см. рис. 6.17).

Для задания полезной нагрузки выделяем все пластины с помощью команды  **Выбрать группу** (меню **Редактирование/Выбрать группу элементов**), нажимаем кнопку  **Нормальная нагрузка на пластину** панели инструментов **Нагрузки** (меню **Нагрузки/Нормальная нагрузка на пластину**) и щелкаем на одной из выделенных пластин. В результате откроется диалоговое окно **Нормальная распределенная нагрузка**, в выпадающем списке загрузений которого необходимо выбрать загрузение **Полезная** и записать в активное поле ввода значение действующей по условию нагрузки, а именно $4 \text{ кПа} = -0,004 \text{ Н/мм}^2$ (рис. 6.18).

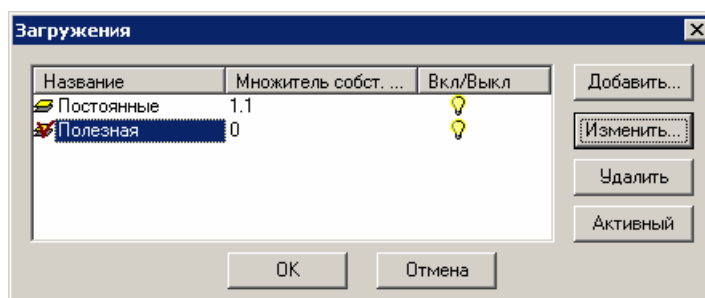


Рис. 6.17. Диалоговое окно **Загрузки**

Нормальная распределенная нагрузка

Загружение: Полезная

Значение P1, Н/мм²: -0.0040

☐ Неравномерное распределение

Значение P2, Н/мм²: -0.0040

Значение P3, Н/мм²: -0.0040

Значение P4, Н/мм²: -0.0040

Способ задания:

☐ Добавить к существующим

☒ Заменить существующие

Ok Удалить Отмена

Рис. 6.18. Задание нормальной распределенной нагрузки

Замечание. Действующая на пластину распределенная нагрузка задается в ЛСК пластины, причем знак нагрузки зависит от ее направления относительно нормали к пластине. Нормалью к пластине является ось Z ЛСК пластины. В рассматриваемой задаче ось Z ЛСК пластины сонаправлена с осью Z глобальной системы координат, а нагрузка действует в противоположном направлении, т. е. имеет знак «-». Значение распределенной нагрузки по условию равно 4 кПа, что соответствует 0.004 МПа (Н/мм²).

6. Вычисление РСУ и формирование наиболее неблагоприятной комбинации загружений

Выбираем пункт меню **Расчет/Расчетные комбинации загружений....** В появившемся диалоговом окне **Таблица загружений для вычисления РСУ** (рис. 6.19) формируем загрузки для сочетания: поочередно выбираем из списка необходимое загружение и его тип, а затем вводим необходимые значения коэффициентов и нажимаем кнопку **Добавить в комбинацию**. В качестве добавочного коэффициента используется, как правило, коэффициент надежности γ_f , который для каждого вида нагрузки следует принимать согласно **СНиП 2.01.07-85* Нагрузки и воздействия**. Для вычисления расчетных сочетаний усилий необходимо нажать кнопку **Расчет**. После выполнения расчета диалоговое окно автоматически закроется.

Таблица загружений для вычисления РСУ

Параметры загрузки:

Загружение: Постоянные

Тип загрузки: Постоянное

Доля длительности: 1

Добавочный коэффициент: 1.1

☐ Учитывать знакопеременность

Добавить в таблицу

☐ Расчет особых сочетаний нагрузок по п.2.1 СНиП II-7-81*(сейсмика)

Загружение	Тип загрузки	Доля длительности	Добавочный коэффициент
Постоянные	Постоянное	1.00	1.10
Полезная	Кратковременная	0.35	1.20

Изменить

Удалить

Группы >>>

OK Расчет Отмена Справка

Рис. 6.19. Диалоговое окно **Таблица загружений для вычисления РСУ**

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

Команда **Комбинация загружений...** меню **Нагрузки** вызывает появление одноименного диалогового окна (рис. 6.20). Чтобы добавить загружение в комбинацию, нужно вначале выбрать его в выпадающем списке, затем ввести в качестве множителя коэффициент надежности по на-

грузке и нажать кнопку **Добавить**. Комбинация загрузжений представляет собой линейное сочетание выбранных загрузжений.

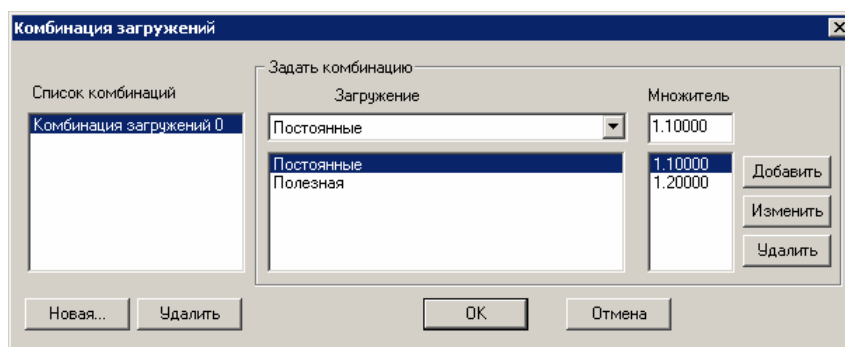



Рис. 6.20. Диалоговое окно **Комбинация загрузжений**

6. Статический расчет

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

8. Задание параметров и подбор армирования

Задание параметров необходимо проводить для каждого конструктивного элемента отдельно или для группы элементов одного типа с одинаковым поперечным сечением. В рассматриваемом случае имеется только один конструктивный элемент. Поэтому обращаемся к команде  **Конструктивные элементы** одноименной панели инструментов (меню **Проектирование/Конструктивные элементы**).

В верхней левой части появившегося диалогового окна **Результаты армирования** (рис. 6.21) расположен список конструктивных элементов, в котором отмечены выделенные конструктивные элементы – в данном случае это единственный конструктивный элемент **К.элемент 0**, который и следует выбрать щелчком левой кнопки мыши.

При проектировочном расчете программа автоматически производит подбор арматуры из указанного диапазона геометрических размеров. Кроме того, проектировщик может предложить собственную схему армирования в режиме проверочного расчета. Рассмотрим эти типы расчета более подробно.

8.1. Проектировочный расчет

По умолчанию в выпадающем списке **Тип расчета** установлен **Проектировочный** расчет. С помощью группы вкладок **Данные** записываем параметры проектировочного расчета в соответствии с условием задачи:

Общие данные

Статическая определимость: Нет Расчет на трещиностойкость: Да
Коеф. длины в плоскости YZ: 1 Коеф. длины в плоскости XZ: 1 (п. 6.2.18 СП 52-101-2003)

Бетон

Класс бетона: В20.

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

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

Влажность воздуха окружающей среды: выше 75

Арматура

Класс арматуры: Продольной по X: A400(A-III), Продольной по Y: A400(A-III)

Коеф. условий работы: Продольной: 1 (γ_s , 5.2.7 СП 52-101-2003)

Симметричное расположение арматуры: Нет

Учет конструктивных требований: Да (проверка минимального защитного слоя п. 8.3.2 СП 52-101-2003)

Защитный слой (расстояние до центра арматуры), мм: Верхний: 25 Нижний: 25 (п. 8.3.2 СП 52-101-2003)
(Защитный слой 20 мм, и предполагаемая арматура <10 мм)

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: 8

Результаты армирования (СП 52-101-2003) - К. элемент 0

Тип расчета: Проектировочный

Имя элемента	Тип элемента
К. элемент 0	ЖБ оболочка

Данные: Общие | Бетон | Арматура | Нагрузки | Трещиностойкость

Класс арматуры:
 Продольной по X: A400(A-III)
 Продольной по Y: A400(A-III)

Козф. условий работы γ_{st} (п.5.2.7)
 Продольной: 1.000

☐ Симметричное расположение арматуры
☒ Учет конструктивных ограничений

Расстояние до центра арматуры [мм]
 Верхней: 25
 Нижней: 25

Результаты: Арматура | Козф. использования | Трещиностойкость

Параметр	Интенсивно...	Диаметр, мм	Шаг, мм	Интенсивно...
Верхняя арматура по X	0.5868767	8	75	0.6702064
Нижняя арматура по X	0.5868767	8	75	0.6702064
Верхняя арматура по Y	0.5421782	6	50	0.5654867
Нижняя арматура по Y	0.5421782	6	50	0.5654867

Козфициент армирования, %: 1.412221

Армирование по направлению X
 Армирование по направлению Y

Размеры пластины: b = 6000, мм h = 8000, мм

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

Рис. 6.21. Диалоговое окно **Результаты армирования** – проектировочный расчет

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**, после чего программа выполнит подбор армирования для выделенного конструктивного элемента.

Результаты проектировочного расчета в виде числовых значений диаметра и шага продольной арматуры, поперечной интенсивности, 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. В данном примере предлагается использование арматуры по направлению Y d8s50. Для унификации армирования выберите в выпадающем списке по направлению Y также d = 8 мм. При этом будет автоматически подобран шаг расположения арматуры (d8s75), что бы фактическая интенсивность была больше потребной.

10.2. Проверочный расчет

Проектировщик может применить иную схему армирования и осуществить процедуру армирования самостоятельно в режиме проверочного расчета, который позволяет выполнить проверку заданного варианта армирования по первой и второй группам предельных состояний и некоторым другим критериям (рис. 6.22).

Для перехода в режим проверочного расчета в выпадающем списке **Тип расчета** выбираем **Проверочный**.

Назначаемое пользователем армирование задается во вкладке **Расположение арматуры**. Для верхней и нижней продольной арматуры это диаметр и шаг. При первоначальном выборе варианта армирования можно использовать результаты проектировочного расчета. Более подходящий вариант армирования с точки зрения конструктивных требований может быть получен проверкой различных вариантов армирования. После задания диаметра и шага верхней и нижней продольной арматуры нажмите на этой вкладке кнопку **Расчет** – программа выполнит проверочный расчет выделенного элемента. Результаты армирования, т. е. коэффициенты ис-

пользования арматуры, при этом должны быть меньше единицы, что свидетельствует о выполнении условий прочности по первой и второй группам предельных состояний. Если же значение хотя бы одного из коэффициентов превышает единицу (в этом случае соответствующая строка выделяется красным цветом), то необходимо изменить параметры армирования и повторить расчет.

Результаты армирования (СП 52-101-2003) - К. элемент 0

Тип расчета: Проверочный

Имя элемента	Тип элемента
К. элемент 0	ЖБ оболочка

Данные

Параметр	Диаметр, мм	Шаг, мм	Интенсивность, м...
Верхняя арматура по X	6	100	0.2827433
Нижняя арматура по X	10	100	0.7853982
Верхняя арматура по Y	6	100	0.2827433
Нижняя арматура по Y	10	100	0.7853982

Коэффициент армирования, %: 1.220733

Армирование по направлению X

Армирование по направлению Y

Общие

Тип элемента: ЖБ оболочка

Кол-во элементов: 59

Толщина пластины, мм: 200.00

Размеры сечения

Размеры пластины: b = 6000, мм; h = 8000, мм

Результаты

Коеф. использования	Значение
Коеф. использования	
Продольной арматуры по направлению X	0.6984244
Продольной арматуры по направлению Y	0.64523
По моменту появления непродолжительных трещин по направлению Y	0.6492041
По моменту появления непродолжительных трещин по направлению X	0.7234219
По моменту появления продолжительных трещин по направлению Y	0.7557675
По моменту появления продолжительных трещин по направлению X	0.8567071

Силловые факторы для указанного коэффициента

Все силловые факторы

Применить для всех видов расчета

Применить

Расчет

ОК

Отмена

Справка

Чертеж...

Рис. 6.22. Диалоговое окно **Результаты армирования** – проверочный расчет

9. Просмотр результатов расчета

Для просмотра результатов расчета удобно воспользоваться картой армирования, анализ которой позволяет проверить соответствие конструктивных элементов требованиям расчета по первой и второй группам предельных состояний. Вызов карты армирования осуществляется с помощью команды меню **Результаты/Карта армирования**. После активации команды в появившемся диалоговом окне выберите **Статус подбора/проверки**, укажите тип расчета и нажмите кнопку **Ок**.

Статус армирования (рис. 6.23) может принимать следующие значения:

- «1» – армирование подобрано, конструктивный элемент удовлетворяет требованиям расчета по первой и второй группам предельных состояний;
- «0» – армирование НЕ подбиралось или расчет еще не выполнен;
- «-1» – подобрать армирование НЕ удалось или конструктивный элемент с заданными параметрами армирования НЕ удовлетворяет требованиям расчета по первой или второй группам предельных состояний. В этом случае необходимо изменить параметры армирования и повторить расчет.

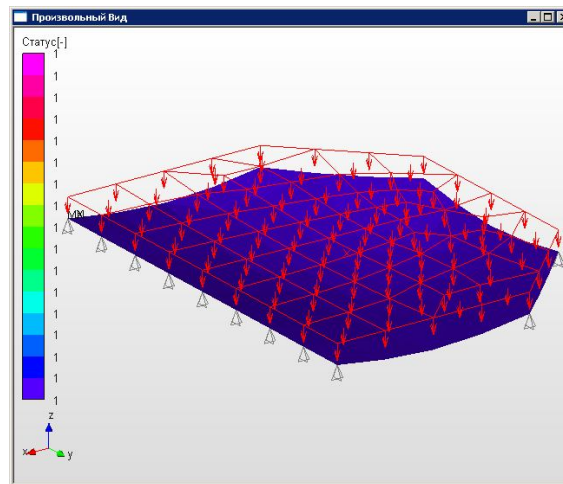


Рис. 6.23. Статус армирования

Для расширенного 3D-представления армирования служат команды панели инструментов **Результаты армирования** (рис. 6.24).

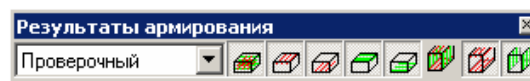


Рис. 6.24. Панель инструментов **Результаты армирования**

Выберите тип расчета и нажмите кнопку  **Объемное отображение армирования пластинчатых железобетонных элементов** (рис. 6.25).

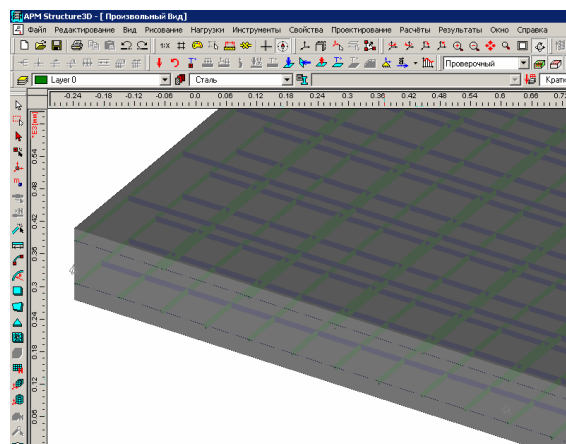


Рис. 6.25. Объемное отображение армирования