

ГЛАВА 8. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

8.1 ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Режим **Расчет конструкций – Железобетонные элементы** предназначен для подбора и проверки армирования параметрически заданных сечений стержневых и пластинчатых элементов.

Расчет бетонных и железобетонных конструкций производится по первой и второй группам предельных состояний в соответствии с требованиями следующих нормативных документов:

- СНиП 2.03.01-84*. Бетонные и железобетонные конструкции.
- СП 63-13330-2012 (СНиП 52-01-2003). Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения.
- СП 295.1325800.2017. Конструкции бетонные армированные полимерной композитной арматурой. Правила проектирования.
- Еврокод 2. Проектирование железобетонных конструкций. Часть 1-1. Общие правила и правила для зданий.
- ДБН В.2.6-98:2009. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения.
- ДСТУ Б.В.2.6-156:2010. Бетонные и железобетонные конструкции из тяжелого бетона. Правила проектирования.
- ДСТУ-Н Б.В.2.6-185:2012. Руководство по проектированию и изготовлению бетонных конструкций с неметаллической композитной арматурой на основе базальто- и стекловолокна.
- АСІ 318-11. Строительный кодекс. Требования к железобетону.
- Еврокод 2 (Беларусь) (ТПК EN 1992-1-1-2009*).
- Еврокод 2 (Казахстан) (СН РК EN 1992-1-1:2004/2011).
- СП 266.1325800.2016. Конструкции сталежелезобетонные. Правила проектирования.


Исходными данными для расчета элементов конструкции являются: сечение, материал, параметры конструирования, усилия, как от отдельных загрузок, так и от расчетных сочетаний нагрузок (РСН) либо расчетных сочетаний усилий (РСУ).

Для подбора/проверки армирования элементов могут задаваться дополнительные требования: назначаться **Конструктивные элементы** (см. п. 2.11.11), **Унификация РСУ** (см. п. 6.5) и т.д.

Результаты расчета подобранной арматуры могут быть переданы в режим **Исходных данных** для корректировки и последующей проверки заданного армирования.

Режим **Расчет конструкций – Железобетонные элементы** вызывается при помощи коман-

ды меню **Расчет** ⇒ **Расчет конструкций** (кнопка  на панели инструментов).

Расчет на **Продавливание безбалочных железобетонных плит** является самостоятельным и производится с помощью команды меню **Конструирование** ⇒ **Продавливание** (кнопка  на панели инструментов).

8.2 ПОДБОР АРМАТУРЫ. ПРОВЕРКА ЗАДАННОГО АРМИРОВАНИЯ

8.2.1 Подготовка исходных данных

Исходные данные для расчета сечений задаются в **Редакторе сечений/жесткостей** для каждого сечения отдельно. Для этого выбираем нужное сечение и активизируем переключатель **Подбор арматуры** (рис. 8.1).

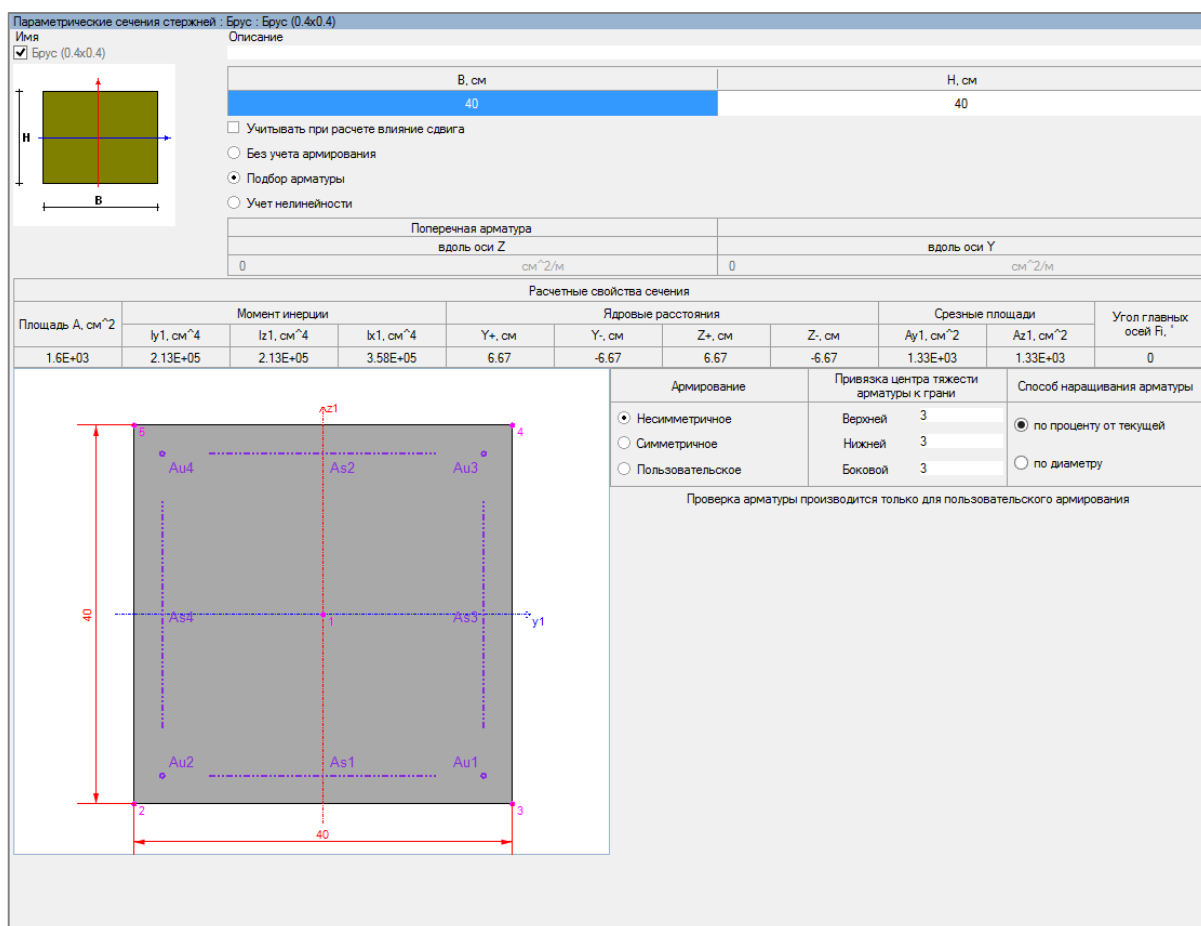


Рис. 8.1. Отображение параметров сечения стержня при выборе переключателя **Подбор арматуры**

Задание армирования в стержневых сечениях

Для задания типа армирования в сечениях железобетонных стержневых элементов реализованы три варианта:

- **Несимметричное**
- **Симметричное**
- **Пользовательское**

Чтобы задать нужный вариант, выберите соответствующий переключатель в области **Армирование** панели параметров сечения (рис. 8.1).

Несимметричное и **Симметричное** армирование представляют собой программно созданные схемы расположения арматуры в сечении, отличающиеся лишь особенностями рас-

становки и подбора арматуры. В случае выбора **Несимметричного** армирования будут наращиваться те арматурные включения, которые находятся в самых напряженных позициях: наиболее растянутое или наиболее сжатое. **Симметричное** армирование подразумевает наращивание арматурных включений с сохранением симметрии.

При выборе пунктов **Симметричное** или **Несимметричное** армирование пользователю доступна возможность задания величины **Привязки центра тяжести арматуры к грани** и **Способ наращивания арматуры** (рис. 8.2).

| Привязка центра тяжести арматуры к грани | | | Способ наращивания арматуры |
|--|---|----|---|
| Верхней | 3 | см | <input checked="" type="radio"/> по проценту от текущей |
| Нижней | 3 | см | <input type="radio"/> по диаметру |
| Боковой | 3 | см | <input type="radio"/> по диаметру |

Рис. 8.2. Области задания **Привязки центра тяжести арматуры к грани** и **Способа наращивания арматуры**

Привязка центра тяжести арматуры к грани позволяет управлять расположением арматурных включений в сечении (рис. 8.3). Пользователь может корректировать расстояние центра тяжести арматуры от:

- **Верхней** грани.
- **Нижней** грани.
- **Боковой** грани.

На рис. 8.3 дан пример привязки центра тяжести арматуры для сечения швеллера.

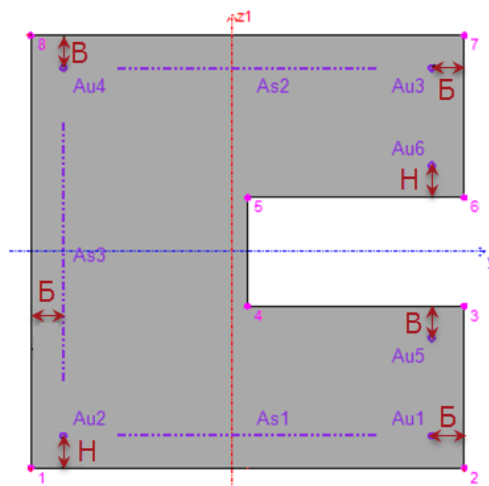



Рис. 8.3. **Привязка центра тяжести арматуры к граням сечения швеллера:**
 В — к верхней грани, Н — к нижней грани, Б — к боковой грани

 При работе с кольцевым сечением учитываются только изменения значения привязки по радиусу.

Способ наращивания арматуры определяет механизм, согласно которому будет увеличиваться площадь арматурных включений. Доступны два варианта:

- **По проценту от текущей** — площадь включения будет увеличена на величину, которая зависит от текущего значения площади.
- **По диаметру** — площадь включения будет изменяться с учетом сортамента арматуры, выбранного класса (см. ниже: **Задание конструирования для стержневых элементов**).

Варианты **Несимметричное** и **Симметричное** армирование реализуют стандартные возможности по управлению расположением арматурных включений и могут быть использованы только для подбора арматуры. Для случаев, когда нужно произвести проверку/подбор сечения на заданное армирование с учетом заданных граничных условий, реализован третий вид армирования — **Пользовательское**.

При выборе типа армирования **Пользовательское** становятся доступными следующие панели управления арматурой: **Поперечная арматура**, **Точечная арматура**, **Распределенная арматура**.

Панель **Поперечная арматура** имеет два поля для ввода суммарной площади поперечной арматуры (в кольцевом сечении — одно), вдоль локальных осей Y_1 и Z_1 (рис. 8.4). В зависимости от типа решаемой задачи эта площадь будет использована по-разному: при **Подборе** станет стартовой, а в случае **Проверки**, соответственно, проверена.

| Поперечная арматура | |
|---------------------|--------------------|
| вдоль оси Z | вдоль оси Y |
| 0 | 0 |
| см ² /м | см ² /м |

Рис. 8.4. Панель задания площади **Поперечной арматуры**

 *Площадь **Поперечной арматуры** задается при шаге 1 м.*

*Панели задания продольной **Пользовательской арматуры***

Панели **Точечная арматура** и **Распределенная арматура** позволяют производить более детальную расстановку продольной арматуры в сечении. Эти панели идентичны для всех видов параметрических сечений, кроме кольцевого. Обе панели представляют собой таблицы, в которые заносятся данные об арматурных включениях.

Панель **Точечная арматура** (рис. 8.5) для параметрически заданных сечений, кроме кольцевого, имеет следующие столбцы:

- **Имя** — служит уникальным идентификатором включения. Не может быть пустым или повторяться.
- **Т. пр.** — точка привязки, относительно которой будет размещено арматурное включение.
- **dY** — расстояние от точки привязки до центра тяжести арматурного включения вдоль оси Y_1 . Задается с учетом знака.
- **dZ** — расстояние от точки привязки до центра тяжести арматурного включения вдоль оси Z_1 . Задается с учетом знака.

• **Лог. группа** — обозначает номер группы, в которую входит включение. **Лог. группа** создается из следующих предпосылок: все арматурные включения группы должны иметь одинаковые значения начальной площади (**Нач. площадь**), максимальной площади (**Макс. площадь**) и флага блокировки (**Блок.**). В пределах одной логической группы все арматурные включения при подборе наращивают площадь одновременно. Включения, находящиеся в одной **Лог. группе**, выделяются в таблице цветом. На рис. 8.5 группа отмечена цветом и номером 1.

• **Блок.** — отметка флага блокировки указывает на то, что площадь арматуры в процессе подбора увеличиваться не будет. При этом блокируется задание максимальной площади включения (рис. 8.5).

• **Способ нар. площади** — предлагает на выбор два варианта увеличения площади арматуры: 1 — по проценту от текущей площади, 2 — используя доступный список диаметров арматуры, согласно сортаменту выбранных норм (см. ниже: **Задание конструирования для стержневых элементов**).

• **Нач. площадь** — площадь, с которой начнется подбор арматуры или, в режиме проверки заданного армирования, площадь, которую программа будет проверять. Допускается нулевое значение.

• **Макс. площадь** — предельная площадь включения, при достижении которой последующее наращивание площади включения производиться не будет. Всегда должна быть больше или равна начальной площади. В случае задания нулевого значения программа вместо него будет использовать величину площади, соответствующей максимальному диаметру выбранного класса арматуры (см. ниже: **Задание конструирования для стержневых элементов**).

• **Кол-во стержней в пучке** — указывает на количество арматурных стержней в арматурном включении. Это число используется при определении текущего диаметра арматуры, а также для задания максимальной площади включения (**Макс. Площадь**). В случае задания нулевого значения **Макс. Площадь**, она принимается равной произведению количества стержней на площадь, соответствующей максимальному диаметру выбранного класса арматуры (см. ниже: **Задание конструирования для стержневых элементов**).

| Точечная арматура | | | | | | | | | | |
|-------------------|-----|--------|--------|--------|-------------|-------------------------------------|---------------------|-------------------------------|--------------------------------|-------------------------|
| | Имя | Т. пр. | dY, см | dZ, см | Лог. группа | Блок. | Способ нар. площади | Нач. площадь, см ² | Макс. площадь, см ² | Кол-во стержней в пучке |
| ▶ | Au1 | 3 | -3 | 3 | | <input type="checkbox"/> | Диам... | 0 | 0 | 1 |
| | Au2 | 2 | 3 | 3 | | <input checked="" type="checkbox"/> | Площ... | 0 | 8.042477... | 1 |
| | Au3 | 4 | -3 | -3 | 1 | <input type="checkbox"/> | Площ... | 0 | 3.801327... | 1 |
| | Au4 | 5 | 3 | -3 | 1 | <input type="checkbox"/> | Площ... | 0 | 3.801327... | 1 |
| | 1 | | | | | <input type="checkbox"/> | Площ... | 0 | 0 | 1 |

Рис. 8.5. Вид панели **Точечная арматура** для сечений, кроме кольцевого

Для кольцевого сечения набор столбцов имеет незначительные отличия (рис. 8.6). Отсутствуют столбцы **dY** и **dZ**, при этом добавляются новые, а именно:

• **Начальный угол** — угол поворота стержней с учетом знака. Знак «+» соответствует направлению против часовой стрелки.

• **Расстояние от т. пр.** — расстояние от точки привязки до арматурного включения. Должно быть больше нуля.

- **Кол-во стержней по окружности** — количество стержней, которые будут равномерно расположены по окружности.

| Точечная арматура | | | | | | | | | | | |
|-------------------|-----|--------|-----------------|-------------------------|-------------|--------------------------|---------------------|-------------------------------|--------------------------------|-------------------------|----------------------------|
| | Имя | Т. пр. | Начальный угол, | Расстояние от т.пр., см | Лог. группа | Блок. | Способ нар. площади | Нач. площадь, см ² | Макс. площадь, см ² | Кол-во стержней в пучке | Кво стержней по окружности |
| ▶ | 1 | 1 ▼ | 0 | 15 | | <input type="checkbox"/> | Пло... ▼ | 0 | 0 | 1 | 6 |
| * | | 1 ▼ | | | | <input type="checkbox"/> | Пло... ▼ | 0 | 0 | 1 | |

Рис. 8.6. Вид панели **Точечная арматура** для кольцевого сечения

Панель **Распределенная арматура** для всех сечений (рис. 8.7), за исключением кольцевого, состоит из следующего набора столбцов:

- **Имя** — см. панель **Точечная арматура**.
- **Т. пр.** — см. панель **Точечная арматура**.
- **Расстояние от т. пр.** — расстояние от точки привязки до арматурного включения с учетом знака.
- **Отступ1** — расстояние от края включения до ближайшей левой (значение столбца **Положение** равно «←») или нижней (значение столбца **Положение** равно «|») грани сечения (рис. 8.8).
- **Отступ2** — расстояние от края включения до ближайшей правой (значение столбца **Положение** равно «→») или верхней грани (значение столбца **Положение** равно «|») сечения (рис. 8.8).
- **Лог. группа** — см. панель **Точечная арматура**.
- **Блок.** — см. панель **Точечная арматура**.
- **Нач. площадь** — см. панель **Точечная арматура**.
- **Макс. площадь** — см. панель **Точечная арматура**.
- **Положение** — определяет, в каком положении находится включение («|» — вертикально, «←» — горизонтально).

| Распределенная арматура | | | | | | | | | | |
|-------------------------|-----|--------|-------------------------|-------------|-------------|-------------|--------------------------|-------------------------------|--------------------------------|-----------|
| | Имя | Т. пр. | Расстояние от т.пр., см | Отступ1, см | Отступ2, см | Лог. группа | Блок. | Нач. площадь, см ² | Макс. площадь, см ² | Положение |
| | As1 | 1 ▼ | 3 | 8.00000... | 8.000000... | | <input type="checkbox"/> | 0 | 0 | -- ▼ |
| ▶ | As2 | 8 ▼ | -3 | 8.00000... | 8.000000... | | <input type="checkbox"/> | 0 | 0 | -- ▼ |
| * | | 1 ▼ | | | | | <input type="checkbox"/> | 0 | 0 | -- ▼ |

Рис. 8.7. Вид панели **Распределенная арматура** для всех сечений, кроме кольцевого

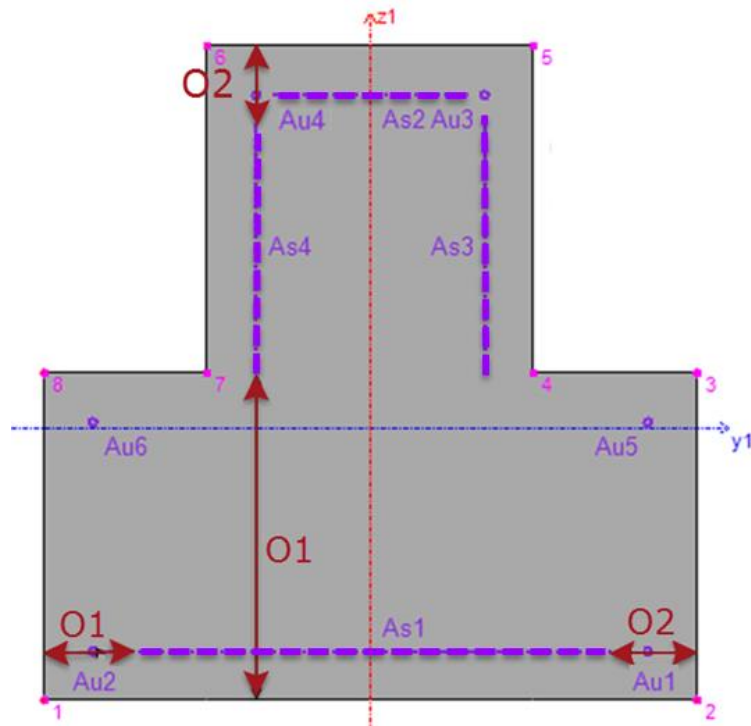


Рис. 8.8. Отступы распределенной арматуры в тавровом сечении:
O1 — Отступ1, O2 — Отступ2

Панель **Распределенная арматура** для кольцевого сечения (рис. 8.9) содержит свой список столбцов, содержание которых описано выше.

| Распределенная арматура | | | | | | | |
|-------------------------|-----|--------|-------------------------|-------------|--------------------------|-------------------------------|----------------|
| | Имя | Т. пр. | Расстояние от т.пр., см | Лог. группа | Блок. | Нач. площадь, см ² | Макс. площадь, |
| ▶ | As | 1 | 17 | | <input type="checkbox"/> | 0 | 0 |
| * | | 1 | | | <input type="checkbox"/> | 0 | 0 |

Рис. 8.9. Панель **Распределенная арматура** для кольцевого сечения

Для простоты и удобства задания значений начальной и максимальной площади на панелях точечной арматуры предусмотрен вызов окна сортамента арматуры (рис. 8.10), которое открывается после двойного щелчка по ячейке площади, которую вы хотите изменить.

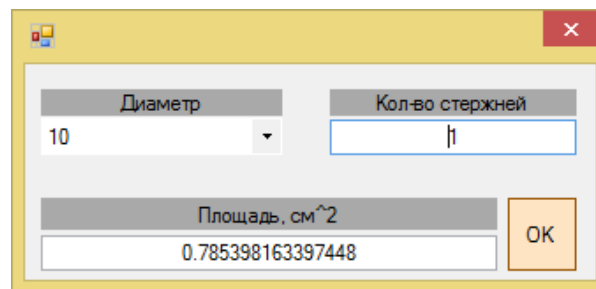


Рис. 8.10. Окно сортамента арматуры

Возможные ошибки при работе с панелями пользовательской арматуры

Программа осуществляет контроль исходных данных на стадии их задания. В случае неверных значений параметров арматурных включений они будут выделены в таблице панели красным цветом. Ниже перечислены возможные виды ошибок:

- неверные значения расстояния от точки привязки или отступов, которые привели к тому, что включение находится вне пределов сечения;
- отрицательное значение начальной площади;
- имя включения пустое или повторяющееся в пределах текущей таблицы;
- отрицательное количество стержней в пучке (включении);
- номер логической группы меньше «-1» («-1» указывает на отсутствие группы).

Задание армирования в плитных сечениях

Пункт **Подбор арматуры** дает возможность выбора **Армирования**:

- **По умолчанию;**
- **Пользовательское.**

Пункт **По умолчанию** открывает доступ к панели **Привязка центра тяжести арматуры к грани: Верхней и Нижней**. При этом начальная площадь арматуры при задании расчета на подбор будет принята по умолчанию со следующими значениями (Таблица 8.1):

Таблица 8.1. Минимальное значение A_s **По умолчанию**

| Имя | As1X | As2X | As1Y | As2Y |
|-------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Начальная площадь | 0.785 см ² /м | 0.785 см ² /м | 0.785 см ² /м | 0.785 см ² /м |

Выбор пункта **По умолчанию** позволяет выполнять подбор арматуры в наиболее часто встречающемся случае ее расположения относительно граней сечения. При этом реализовано двухуровневое армирование (нижнее и верхнее) с осредненной для каждого уровня привязкой центра тяжести. Фактическое разделение привязок по осям X1 и Y1 для пункта **По умолчанию** не реализовано.

Выбор пункта армирования **Пользовательское** открывает доступ к следующим панелям:

- **Поперечная арматура;**
- **Арматурные вставки.**

Панель **Поперечная арматура** имеет два поля для ввода площади поперечной арматуры: **вдоль оси Y** и **вдоль оси X** (рис. 8.11). Направление осей Y/X должно совпадать с направлением осей выравнивания напряжений Y1/X1. В зависимости от типа расчета эта площадь будет: при **Подборе** — стартовой, при **Проверке** — проверяемой.

| Поперечная арматура | |
|---------------------|--------------------|
| вдоль оси Y | вдоль оси X |
| 0 | 0 |
| см ² /м | см ² /м |

Рис. 8.11. Панель задания площади **Поперечной арматуры** для плитных сечений

 Площадь **Поперечной арматуры** задается при шаге 1 м.

Панель **Арматурные вставки** предназначена для задания фактической расстановки продольной арматуры в сечении, создания логических групп внутри сечения, учета различных граничных условий для площади продольной арматуры (рис. 8.12).

| Арматурные вставки | | | | | | | | | | |
|--------------------|-----|--------|----------------|----------------|-------------|--------------------------|---------------------------------------|--|---------------------------------------|--|
| | Имя | Т. пр. | Привязка X, см | Привязка Y, см | Лог. группа | Блок. | Нач. площадь (Ax), см ² /м | Макс. площадь (Ax), см ² /м | Нач. площадь (Ay), см ² /м | Макс. площадь (Ay), см ² /м |
| ▶ | As1 | 1 | 3 | 3 | | <input type="checkbox"/> | 0.785 | | 0.785 | |
| | As2 | 3 | -3 | -3 | | <input type="checkbox"/> | 0.785 | | 0.785 | |
| * | | | | | | <input type="checkbox"/> | | | | |

Рис. 8.12. Панель **Арматурные вставки** для плитных сечений

Панель **Арматурные вставки** содержит следующие столбцы:

- **Имя** — будет использоваться при выводе результатов, а также на рисунках исходной информации и локальных результатов (As1X...As2Y, рис. 8.13). Не может быть пустым или повторяться.
- **Т. пр.** — номер точки привязки, относительно которой будет размещена **Арматурная вставка** (на рис. 8.13 точки привязки обведены рамкой).
- **Привязка X** — расстояние по вертикали от заданной точки привязки до центра тяжести продольной арматуры, расположенной вдоль оси X1. Задается с учетом знака.
- **Привязка Y** — расстояние по вертикали от заданной точки привязки до центра тяжести продольной арматуры, расположенной вдоль оси Y1. Задается с учетом знака.
- **Лог. группа** — номер, определяющий вхождение арматурной вставки в логическую группу. Арматурные вставки одной **Лог. группы** имеют одинаковые начальные площади (**Нач. площадь (Ax)/Нач. площадь (Ay)**) и максимальные площади (**Макс. Площадь (Ax)/Макс. Площадь (Ay)**). Во время подбора их площадь наращивается одновременно.
- **Блок.** — арматурная вставка участвует в расчете подбора арматуры со значениями, указанными в столбцах **Нач. площадь (Ax)/Нач. площадь (Ay)**, при этом их наращивание блокируется. Значение **Макс. Площадь (Ax)/ Макс. Площадь (Ay)** игнорируется.
- **Нач. площадь (Ax)** — площадь арматурной вставки по грани, перпендикулярной оси X, с которой начнется проверка или наращивание арматуры при подборе.
- **Макс. Площадь (Ax)** — площадь арматурной вставки по грани, перпендикулярной оси X, при достижении которой наращивание вставки заблокируется.
- **Нач. площадь (Ay)** — площадь арматурной вставки по грани, перпендикулярной оси Y, с которой начнется проверка или наращивание арматуры.
- **Макс. Площадь (Ay)** — площадь арматурной вставки по грани, перпендикулярной оси Y, при достижении которой наращивание вставки заблокируется.

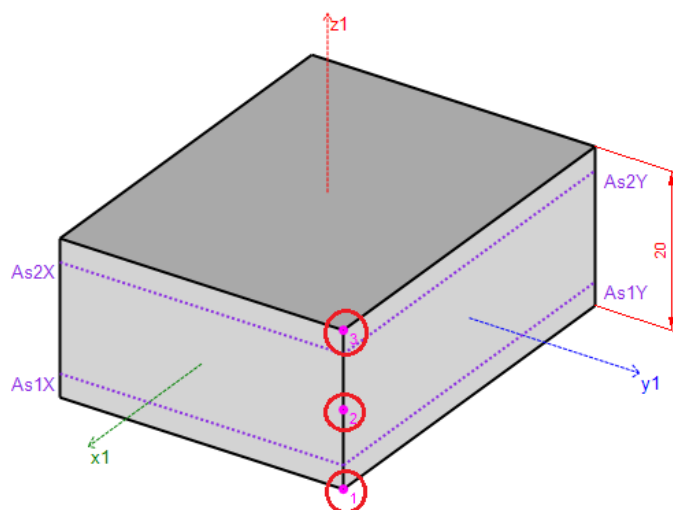


Рис. 8.13. Точки привязки **Арматурных вставок** для плитных элементов

Для редактирования и ввода значений начальной и максимальной площадей на панели **Арматурные вставки** реализован вызов окна сортамента арматуры (рис. 8.10). В соответствующие поля выводится вычисленная площадь. Для вычисления площади сечения арматуры для нескольких арматурных стержней необходимо в сортаменте арматуры задать их количество в поле **Количество стержней** и диаметр арматуры в поле **Диаметр**.

Задание конструирования для железобетонных стержневых элементов

Панель **Параметры конструирования железобетонных стержней** состоит из двух частей:

- область заголовка;
- область редактирования данных конструирования для выбранных норм.

Область заголовка (рис. 8.14) содержит основные данные о параметрах конструирования и предоставляет пользователю возможности для задания следующих параметров:

- **Имя** — служит для удобства навигации в списке параметров конструирования и при работе с расчетной схемой (см. п. 2.9). По умолчанию имеет значение: «ж.б. стержень» + название выбранных норм.
- **Описание** — дополнительная информация для удобства навигации в списке параметров конструирования.
- **Нормы** — название выбранных норм проектирования.

Непосредственно под областью заголовка находится область редактирования данных конструирования, которая представляет собой набор разделов с элементами управления для изменения свойств параметров конструирования. Вид этой области зависит от выбранных норм проектирования.



Рис. 8.14. Область заголовка панели

Параметры конструирования железобетонных стержней

Для всех норм область редактирования данных конструирования включает следующие разделы:


- **Бетон** — выбор текущего класса бетона и отображение его характеристик.
- **Продольная арматура** — выбор текущего класса продольной арматуры и отображение его характеристик.
- **Поперечная арматура** — выбор текущего класса поперечной арматуры и отображение его характеристик.

 *Редактор конструирования и Редактор материалов используют одну и ту же базу материалов.*

- **Определимость системы** — устанавливает расчет величины эксцентриситета продольной силы относительно центра тяжести приведенного сечения. Возможны два варианта определимости: **статически определимая** и **статически неопределимая**.

- **Расчетные длины** — задают значения расчетной длины стержня для учета влияния прогиба относительно локальных осей $Y1$ и $Z1$. Доступны два варианта задания значений длины:

- **коэффициент** — задается коэффициент, на который будет умножена фактическая длина конечного или конструктивного элемента;
- **длина** — непосредственное задание величины расчетной длины.

 *Если заданная пользователем расчетная длина равна нулю, в расчет пойдет значение фактической длины стержня.*

- **Случайные эксцентриситеты** — значение случайных эксцентриситетов. Значения могут быть заданы вручную или посчитаны программно в процессе расчета. Для автоматического расчета нужно установить флажок **Рассчитать программно**.


- **Конструктивные особенности** — определяют конструктивные требования для стержня. Доступны следующие варианты:

- **стержень** — конструктивные требования отсутствуют; выполняется учет влияния продольной силы;
- **балка** — конструктивные требования для балки; учет влияния продольной силы не выполняется;
- **колонна** — конструктивные требования для колонны; выполняется учет влияния продольной силы.

- **Максимальный процент армирования** — процент армирования сечения, после достижения которого процесс подбора прекращается.

- **Ширина раскрытия трещин** — значения параметров для расчета ширины раскрытия трещин. По умолчанию расчет ширины раскрытия трещин не производится, поэтому этот раздел не активен — флажок **провести расчет** не установлен. После активизации появляется возможность задания граничных значений ширины раскрытия кратковременных и

длительных трещин. Также пользователь может задавать величину диаметра арматуры, который будет использован в расчете ширины раскрытия трещин. Если же диаметр задан не был — флажок **диаметр стержней** не установлен — то его значение будет посчитано автоматически, исходя из площади подобранной арматуры.

 *Разделы параметров конструирования выше приведены для норм СНиП 2.03.01-84*.*

Задание конструирования для железобетонных плитных элементов

Панель **Параметры конструирования железобетонных плит** состоит из двух частей:

- область заголовка;
- область редактирования данных конструирования для выбранных норм.

Область заголовка (рис. 8.15) предоставляет пользователю возможности для задания следующих параметров:

- **Имя** — служит для удобства навигации в списке параметров конструирования и при работе с расчетной схемой (см. п. 2.19). По умолчанию имеет значение: «ж.б. пластина» + название выбранных норм.
- **Описание** — дополнительная информация для удобства навигации в списке параметров конструирования.
- **Нормы** — название выбранных норм проектирования.

Непосредственно под областью заголовка находится область редактирования данных конструирования, которая представляет собой набор элементов управления для изменения свойств параметров конструирования. Вид этой области зависит от выбранных норм проектирования.




Рис. 8.15. Область заголовка панели **Параметры конструирования железобетонных плит**

Область редактирования данных конструирования для всех норм включает следующие разделы:

- **Бетон** — выбор текущего класса бетона и отображение его характеристик.
- **Продольная арматура X** — выбор текущего класса продольной арматуры, расположенной вдоль оси X1, и отображение его характеристик.
- **Продольная арматура Y** — выбор текущего класса продольной арматуры, расположенной вдоль оси Y1, и отображение его характеристик.
- **Поперечная арматура** — выбор текущего класса поперечной арматуры и отображение его характеристик.

 *Редактор конструирования и Редактор материалов используют одну и ту же базу материалов.*

- **Минимальный процент армирования** — процент армирования сечения, с которого во время подбора начнется подбор площади арматуры.
- **Максимальный процент армирования** — процент армирования сечения, по достижении которого процесс подбора прекращается.
- **Ширина раскрытия трещин** — значения параметров для расчета ширины раскрытия трещин. По умолчанию расчет ширины раскрытия трещин не производится, поэтому этот раздел не активен — флажок **провести расчет** не установлен. После активизации появляется возможность задания граничных значений ширины раскрытия кратковременных и длительных трещин. Также пользователь может задавать величину диаметра или шага арматуры, которая будет использована в расчете ширины раскрытия трещин. Если выбран **шаг стержней**, то значение диаметра будет посчитано автоматически, исходя из площади подобранной арматуры и заданного значения шага.
- **Шаг поперечных стержней при продавливании** — расстояние между стержнями поперечной арматуры, участвующей в расчете на продавливание.

 *Разделы параметров конструирования выше приведены для норм СНиП 2.03.01-84*.*

Задание конструирования для сталежелезобетонных стержневых элементов

Панель **Параметры конструирования сталежелезобетонных стержней** состоит из двух частей:

- область заголовка;
- область редактирования данных конструирования для выбранных норм.

Область заголовка (рис. 8.16) содержит основные данные о параметрах конструирования и предоставляет пользователю возможности для задания следующих параметров:

- **Имя** — служит для удобства навигации в списке параметров конструирования и при работе с расчетной схемой (см. п. 2.9). По умолчанию имеет значение: «ж.б. стержень» + название выбранных норм.
- **Описание** — дополнительная информация для удобства навигации в списке параметров конструирования.
- **Нормы** — название выбранных норм проектирования.

Непосредственно под областью заголовка находится область редактирования данных конструирования, которая представляет собой набор элементов управления для изменения свойств параметров конструирования.

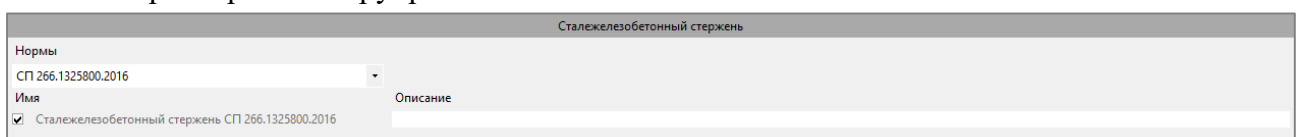


Рис. 8.16. Область заголовка панели **Параметры конструирования сталежелезобетонных стержней**

Область редактирования данных конструирования включает следующие разделы:

- **Продольная арматура** — выбор текущего класса продольной арматуры.
- **Коэффициенты условий работы бетона** (п.6.1.12 СП 266.1325800.2016).
- **ГОСТ 27751-2014 п.10.1** — коэффициент надежности по ответственности.
- **СП 16.13330.2017 Стальные конструкции** — коэффициент условий работы для стали.
- **Коэффициент условий работы для учета сейсмического воздействия** (таблица 6, п. 5.15 СП 14.13330.2014).
- **Максимальный процент армирования** — процент армирования сечения, по достижении которого процесс подбора прекращается.
- **Случайные эксцентриситеты** — значение случайных эксцентриситетов. Значения могут быть заданы вручную или посчитаны программно в процессе расчета. Для автоматического расчета нужно установить флажок **Рассчитать программно**.
- **Определимость системы** — устанавливает расчет величины эксцентриситета продольной силы относительно центра тяжести приведенного сечения. Возможны два варианта определимости: **статически определимая** и **статически неопределимая**.


8.2.2 Расчет

Для того чтобы произвести подбор/проверку железобетонных элементов, необходимо, находясь в режиме **Исходные данные**, задать исходную информацию, относящуюся к геометрии и условиям армирования сечений (**Редактор параметров конструирования**), особенностям расчета (**Унификация РСУ, Редактирование конструктивных элементов** и т. д.).

Армирование стержневых элементов возможно только для постоянных по длине, параметрически заданных сечений.

Для всех норм реализована база бетона и арматуры, в которой содержатся расчетные и нормативные характеристики материалов, диаметры и площади арматурных стержней, содержащиеся в нормативных документах. Характеристики материалов корректируются программой в зависимости от вида материала, условий эксплуатации, типа нагружений и других нормативных условий.

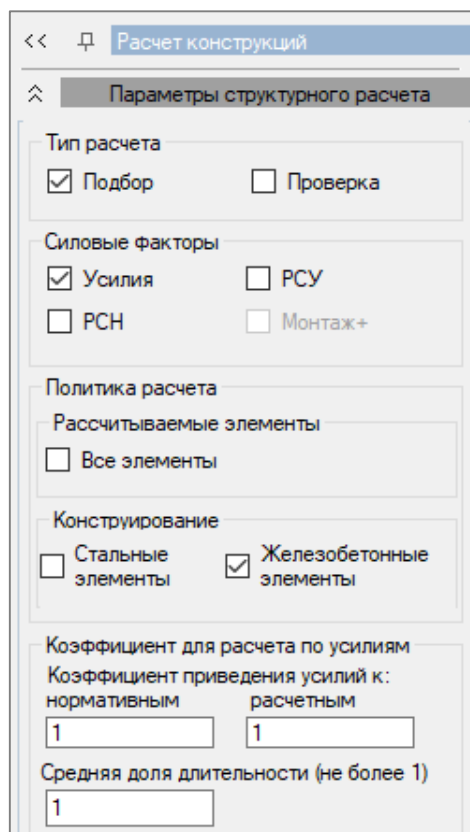
В случае применения норм СНиП 2.03.01-84 при расчете по РСУ для сочетаний с пометкой «группа А» (учет постоянных, длительных и кратковременных нагрузок, кроме нагрузок непродолжительного действия, а также особых нагрузок) расчетные сопротивления бетона сжатию и растяжению R_b и R_{bt} принимаются с коэффициентом $\gamma_{b2} = 0,9$. Если же для сочетания стоит пометка «группа В» (учет всех нагрузок, включая нагрузки непродолжительного действия), R_b и R_{bt} принимаются с коэффициентом $\gamma_{b2} = 1,1$. Если в поле **Условия эксплуатации бетона** выбраны условия **Благоприятные для нарастания прочности**, расчет по «группе А» производится с учетом $\gamma_{b2} = 1,0$ [8.11, п. 3.1].

 *Задание и редактирование исходных данных в Редакторе параметров конструирования возможно как в режиме **Исходные данные**, так и в режиме **Результаты расчета**. В режиме **Результаты расчета** допускается многократное изменение параметров конструирования.*

Площади арматуры по первой и второй группе предельных состояний вычисляются по полученным в результате расчета наборам усилий: от отдельных загрузок, от расчетных сочетаний усилий (PCY), от расчетных сочетаний нагрузок (PCN). При использовании системы **Монтаж+** арматура подбирается по усилиям для каждой стадии и по PCY от всех стадий.

Учет эксцентриситетов приложения продольной силы **N**, **Случайных эксцентриситетов EY** и **EZ**, а также коэффициентов, учитывающих влияние продольной силы на значение эксцентриситета продольной силы **N**, выполняется внутрипрограммно по методике, описанной в используемых нормативных документах.

Выбор набора усилий (**Силовых факторов**) осуществляется после запуска на **Расчет конструкций** (рис. 8.17).



Скриншот диалогового окна «Расчет конструкций» с заголовком «Параметры структурного расчета». В разделе «Силовые факторы» отмечены флажки «Усилия» и «PCY», а также «PCN» и «Монтаж+». В разделе «Конструирование» отмечены флажки «Железобетонные элементы» и «Стальные элементы». В разделе «Коэффициент для расчета по усилиям» введены значения 1 для коэффициента приведения усилий к нормативным и расчетным, а также 1 для средней доли длительности.

Рис. 8.17. Выбор **Силовых факторов** при запуске **Расчета конструкций**

Расчет железобетонных элементов происходит по двум ветвям:

- подбор арматуры;
- проверка заданного армирования.

Подбор арматуры в Стержнях

Расчет происходит от одновременного действия шести видов усилий:


- N — осевое усилие;
- M_k — крутящий момент относительно оси $X1$;
- M_y — изгибающий момент относительно оси $Y1$;
- Q_z — перерезывающая сила вдоль оси $Z1$;
- M_z — изгибающий момент относительно оси $Z1$;
- Q_y — перерезывающая сила вдоль оси $Y1$.

Расчет на прочность

Процесс наращивания арматуры начинается с начального минимального армирования. Если оно не проходит, не удовлетворяет требованиям соответствующих нормативных документов, то происходит наращивание наиболее растянутой арматуры. В случае достижения растянутой арматурой предела прочности, наращивается наиболее сжатая арматура.

Наращивание арматуры на действие крутящего момента для прямоугольного сечения по нормам СНиП 2.03.01.84 выполняется в соответствии с п.п. 3.84 – 3.86, для сечений, имеющих входящие углы — в соответствии с п.п. 3.88 – 3.90.

Расчет элементов на действие поперечной силы осуществляется по методике, изложенной в соответствующих нормативных документах.

 Согласно [8.12, п. 8.1.34], коэффициент φ_n , влияния сжимающих и растягивающих напряжений принимается как множитель к правой части неравенств (8.55) и (8.56). Введением этого коэффициента значительно ужесточаются условия проверок на действие поперечных сил по бетонной полосе между наклонными сечениями и по наклонным сечениям. Невозможность подбора поперечной арматуры по поперечной силе, вероятнее всего, связана с влиянием коэффициента φ_n .

Площади продольной и поперечной арматуры, обусловленной кручением, определяются по методике, изложенной в соответствующих нормативных документах. При этом происходит проверка прочности, как между пространственными сечениями, так и по наклонным сечениям.

Значения армирования на действие крутящего момента добавляется к полученным ранее значениям из расчета на изгибающие моменты и поперечную силу.

Учет распределенной вдоль граней арматуры происходит автоматически при достижении угловой арматурой предельных площадей/диаметров, указанных либо в нормативной литературе (симметричное и несимметричное сечение), либо пользователем (пользовательское сечение).

Контролируется процент армирования. Если он превышает 3%, выдается сообщение с рекомендацией увеличить размеры сечения или повысить классы материалов.

Расчет заканчивается, когда подобранная арматура удовлетворяет всем проверкам первого предельного состояния и, если был выбран соответствующий расчет, второго предельного состояния.

Предусмотрен учет особых условий работы стержня (главы **Конструктивные требования** в соответствующих нормативных документах): обычный **Стержень, Балка, Колонна (Колонна со спиральной арматурой, Колонна с хомутами** для [8.1]). К **Конструктивным требованиям** относятся:

- минимальный процент армирования;
- минимальный диаметр рабочей и конструктивной продольной и поперечной арматуры;
- минимальный класс бетона;
- расстояние между стержнями продольной арматуры у боковых граней;
- контур поперечной арматуры, из условия работы на кручение, должен иметь замкнутое очертание;
- шаг поперечных стержней из условий работы на поперечную силу и предотвращение выпучивания.

Проверка заданного армирования в Стержнях

Проверка на продольную силу и изгибающий момент

По нормам СНиП 2.03.01-84 положение нейтральной оси определяется из условий равенства внешней и внутренней нормальных сил и параллельности векторов внешних и внутренних моментов. Внутренний момент должен быть больше внешнего.

По другим нормам положение нейтральной оси определяется из условий равенства внешних и внутренних нормальных сил и моментов согласно нелинейной деформационной теории. Максимальное сжатие в бетоне и растяжение в арматуре должны быть меньше соответствующих предельных значений.

Вычисление **Процента использования (%)** сечения по продольной силе (**N**) и изгибающим моментам (**M**) происходит следующим образом: по методике, изложенной в нормативных документах, определяются предельные усилия, воспринимаемые сечением с заданной продольной арматурой. **Процент использования (%)** вычисляется как отношение предельных и фактических усилий (**N**) и (**M**) в сечении элемента.

Проверка на крутящий момент

Проверка выполняется следующим образом:

1. Производится подбор продольной арматуры из условий ее работы на изгиб (**M_y**) и (**M_z**) и нормальную силу (**N**).
2. По методике выбранного норматива производится подбор площади поперечной арматуры (**A_{swZ}**) и (**A_{swY}**) на действие поперечных сил (**Q_z**) и (**Q_y**).
3. Продольная арматура, указанная пользователем, состоит из арматуры, работающей на изгиб (**M_y**) и (**M_z**), нормальную силу (**N**) и кручение (**M_x**). Вычитая из **Полной** площади арматуры площадь арматуры, работающей на изгиб и нормальную силу, получаем площадь арматуры, необходимую для работы на кручение. Это (условно) требуемая продольная арматура, работающая на кручение.
4. Поперечная арматура, указанная пользователем, состоит из арматуры, работающей на поперечную силу (**Q_y**) и (**Q_z**) и кручение (**M_x**). Вычитая из **Полной** площади арматуры площадь арматуры, работающей на поперечную силу (**Q_y**) и (**Q_z**), получаем площадь

арматуры, необходимую для работы на кручение (M_x). Это (условно) требуемая поперечная арматура, работающая на кручение.

5. Производится подбор фактической площади продольной и поперечной арматуры, работающей на кручение (M_x). Требуемая арматура должна превышать вычисленную фактическую арматуру.
6. Для получения **Процента использования (%)** сечения на крутящий момент (M_x) программа делит площадь арматуры, полученную в результате подбора на крутящий момент, на площадь требуемой арматуры, вычисленную ранее, как разность **Полной** и суммарной от изгиба и поперечных сил. При этом получается два числа для процента использования: одно — по продольной арматуре, второе — по поперечной. В результате будет записано худшее из них.

Проверка на раскрытие трещин

Используется продольная арматура, заданная пользователем. На эту арматуру производится расчет ширины раскрытия трещин. **Процент использования (%)** — это частное от деления полученной ширины раскрытия трещин на значения, заданные в параметрах конструирования. Выводятся полученные **Проценты использования (%)** на кратковременное и длительное раскрытие трещин.

Подбор арматуры в Пластинах

Подбор арматуры выполняется на следующие усилия и напряжения:

- N_x, N_z, T_{xz} — для балок-стенок (КЭ плоского напряжения);
- N_x, N_y, N_z, T_{xz} — для балок-стенок (КЭ плоской деформации);
- $M_x, M_y, M_{xy}, Q_x, Q_y$ — для плит;
- $N_x, N_y, T_{xy}, M_x, M_y, M_{xy}, Q_x, Q_y$ — для оболочек.

При определении армирования пластинчатых элементов по всем нормативным документам используется теория, изложенная в трудах академика Н.И. Карпенко [8.8]. Подбор арматуры осуществляется с учетом работы арматуры по ортогональным направлениям. Исходя из максимальных усилий (действующих в направлении координатных осей, совпадающих с направлениями расположения стержней арматурной сетки), максимальные площади сечения арматуры вычисляются как для внецентренного сжатия-растяжения в одном направлении:

$$N^{cm} = [N_x^{nl} \cdot \cos^2(\varphi) + N_y^{nl} \sin^2(\varphi) + 2T_{xy}^{nl} \cdot \sin(\varphi) \cdot \cos(\varphi)] \cdot h; \quad (8.1)$$

$$M^{cm} = M_x^{nl} \cdot \cos^2(\varphi) + M_y^{nl} \sin^2(\varphi) + 2M_{xy}^{nl} \cdot \sin(\varphi) \cdot \cos(\varphi); \quad (8.2)$$

$$Q_x^{cm} = Q_x^{nl}; Q_y^{cm} = Q_y^{nl}. \quad (8.3)$$

Подбор производится при углах $\varphi = n \cdot \pi / 12$, $0 \leq n < 12$, как для стержня прямоугольного сечения с высотой, равной толщине пластины.

Подбор поперечной арматуры осуществляется исходя из условий прочности по перерезывающей силе как для одноосного напряженного состояния при отдельном учете каждого

из направлений усилий (Q_x соответствует $A_{sw}X$, Q_y соответствует $A_{sw}Y$, $Q_{xy} = \sqrt{Q_x^2 + Q_y^2}$ соответствует $A_{sw}XY$).

Проверка заданного армирования в Пластинах

Проверка на заданное армирование в пластинчатых элементах происходит аналогично **Проверке** на заданное армирование в **Стержнях**.

8.2.3 Результаты расчета


Таблицы результатов расчета

Работа пользователя с результатами расчета производится в двух режимах программы: **Таблицы результатов** и **Результаты по железобетонным конструкциям**.

Основные сведения о работе с режимом **Таблицы результатов** изложены в подразделе 3.7.2 «Создание и настройка таблиц». В данном разделе будет рассказано лишь об особенностях таблиц результатов для железобетонных элементов.

Таблицы результатов по железобетону состоят из таблиц проверки и подбора. Последние, в свою очередь, делятся на обычные и подробные. Все таблицы включают как непосредственно результаты расчета на подбор или проверку, так и некоторые исходные данные (номер элемента, номер сечения, номер конструирования и т.д.). Кроме этого, в подробных таблицах подбора число строк утроено по сравнению с обычными — появляется возможность отдельного отображения результатов подбора арматуры для кручения, для первого предельного состояния, для второго предельного состояния. При этом в строке для первого предельного состояния отображается суммарная площадь арматуры от кручения, изгиба и расчета по наклонным сечениям. А в строке для второго предельного состояния — сумма площади арматуры после первого предельного состояния и дополнительной арматуры от второго предельного состояния.

Каждая таблица имеет свой тип, который зависит от того, какой силовой фактор был выбран перед запуском на расчет, и от типа расчета (рис. 8.26). При этом для стержней и пластин создаются отдельные таблицы. Например, если мы произвели расчет схемы, в которой есть только стержни, установив флажки **Подбор** и **РСН**, то мы получим две таблицы: **Железобетонные стержни, подбор по РСН** и **Железобетонные стержни, подробная таблица по РСН**.

 *Исключением является расчет на **Монтаж+**, после которого создаются четыре таблицы для одного типа элемента: обычная общая, подробная общая, обычная по стадиям и подробная по стадиям.*

Столбцы исходных данных:

- **Номер** — номер конечного элемента в схеме;
- **УНГ** — номер группы унификации элемента;
- **НС** — номер расчетного сечения стержня;
- **Сечение** — номер сечения в конструкторе сечений;

- **Параметры конструирования** — номер параметров конструирования в редакторе параметров конструирования;
- **Симметрия** — тип армирования стержня: **Н** — несимметричное или пользовательское армирование, **С** — симметричное армирование;
- **Lu** — расчетная длина стержня относительно локальной оси Y1 стержня;
- **Lz** — расчетная длина стержня относительно локальной оси Z1 стержня.

Столбцы результатов подбора продольной арматуры в стержнях и пластинах:

- **Столбцы продольной арматуры** — площадь соответствующих арматурных включений. Количество этих столбцов зависит от количества арматурных включений с уникальными именами во всех параметрах сечений, которые назначены элементам, что были посчитаны. Соответственно, заголовки столбцов совпадают с именами этих включений.
- **%** — процент армирования стержня в соответствующем расчетном сечении.
- **% вдоль X** — процент армирования пластины вдоль локальной оси X1.
- **% вдоль Y** — процент армирования пластины вдоль локальной оси Y1.

Столбцы результатов подбора поперечной арматуры в стержнях и пластинах:

- **ASW_Y (стержни)** — площадь поперечной арматуры, параллельной локальной оси Y1 стержня;
- **ASW_Z (стержни)** — площадь поперечной арматуры, параллельной локальной оси Z1 стержня;
- **ASW_Y (пластины)** — площадь поперечной арматуры, параллельной локальной оси Z1 вдоль локальной оси Y1 пластины;
- **ASW_X (пластины)** — площадь поперечной арматуры, параллельной локальной оси Z1 вдоль локальной оси X1 пластины;
- **ASW_XY (пластины)** — площадь поперечной арматуры, параллельной локальной оси Z1;
- **Sw_y** — шаг стержней поперечной арматуры, параллельной локальной оси Y1 стержня;
- **Sw_z** — шаг стержней поперечной арматуры, параллельной локальной оси Z1 стержня;
- **ASW_Y 15 cm, ASW_Y 20 cm, ASW_Y 30 cm** — площадь поперечной арматуры, параллельной локальной оси Y1 стержня с шагом 15 см, 20 см и 30 см;
- **ASW_Z 15 cm, ASW_Z 20 cm, ASW_Z 30 cm** — площадь поперечной арматуры, параллельной локальной оси Z1 стержня с шагом 15 см, 20 см и 30 см.

Столбцы ширины раскрытия трещин в стержнях и пластинах:

- **Ширина прод. раскр. трещин** — ширина раскрытия трещин от постоянных и длительных нагрузок.
- **Ширина непрод. раскр. трещин** — ширина раскрытия трещин от совместного действия постоянных, длительных и кратковременных нагрузок.


Столбцы проверок в стержнях и пластинах:

- **N** — процент использования несущей способности по продольной силе;

- **M** — процент использования несущей способности по изгибающему моменту;
- **N** — процент использования несущей способности по продольной силе;
- **Qz** (стержни) — процент использования несущей способности по поперечной силе, параллельной локальной оси Z1 стержня;
- **Qu** (стержни) — процент использования несущей способности по поперечной силе, параллельной локальной оси Y1 стержня;
- **Qu** (пластины) — процент использования несущей способности на действие поперечной силы Qu;
- **Qx** (пластины) — процент использования несущей способности на действие поперечной силы Qx;
- **Mx** — процент использования несущей способности по крутящему моменту;
- **Продолж. трещины** — процент использования по ширине раскрытия трещин от постоянных и длительных нагрузок;
- **Кратк. трещины** — процент использования по ширине раскрытия трещин от совместного действия постоянных, длительных и кратковременных нагрузок.

Если в процессе расчета возникают ошибки или предупреждения (пункт 8.2.2 «Расчет»), то они заносятся в столбец **Комментарий**.

Графические результаты

Переход в режим графических результатов по железобетонным конструкциям осуществляется с помощью команды меню **Спец. результаты** ⇒ **Железобетонные конструкции** (кнопка  на панели инструментов).

Панель **Железобетонные конструкции** (рис. 8.18) предлагает следующие параметры для управления отображаемыми результатами:

- **Тип элементов** — для каких типов элементов будут отображены результаты (**Стержневые** или **Пластинчатые**).
- **Тип расчета** — выбор результатов по типу расчета (**Подбор** или **Проверка**).
- Панель категорий результатов — выбор нужной категории результатов. Детальнее работа с этой панелью описана ниже.
- **Локальные результаты** — флажок включения режима локальных результатов. Детальнее об этом режиме см. далее.

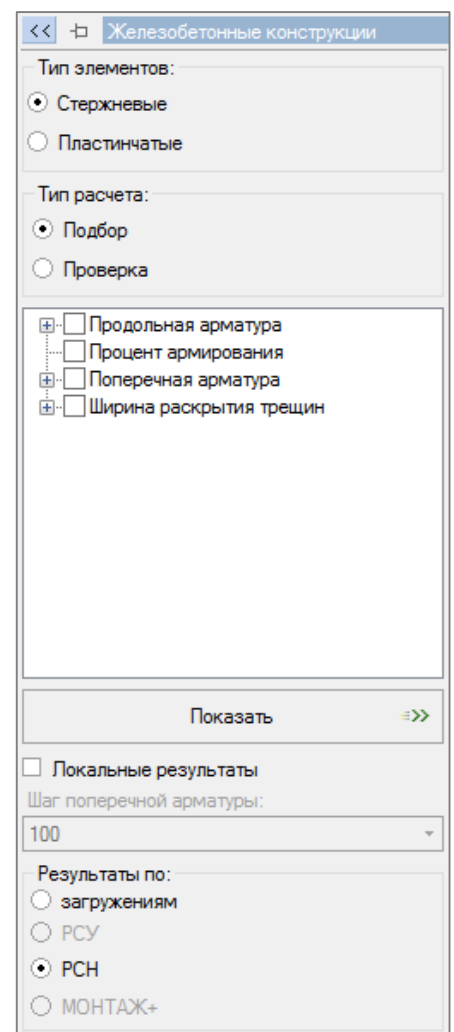


Рис. 8.18. Панель режима **Железобетонные конструкции**

- **Шаг поперечной арматуры** — раскрывающийся список с вариантами величины шага поперечной арматуры. Используется только для графического отображения результатов по поперечной арматуре.

- **Результаты по** — выбор результатов на основании силового фактора, по которому производился расчет: загрузки, РСУ, РСН, МОНТАЖ+. Неактивные пункты указывают на отсутствие результатов по этим силовым факторам.

Панель категорий результатов

В зависимости от выбранного типа расчета на панели категорий результатов устанавливаются соответствующие флажки.

Для результатов подбора будут доступны такие категории: **Продольная арматура**, **Процент армирования**, **Поперечная арматура**, **Ширина раскрытия трещин** (рис. 8.19, а). Каждая из категорий является составной (кроме категории **Процент армирования**) и может быть раскрыта щелчком по значку «плюс». Результаты отображаются только для одного выбранного флажка или для первого, если отмечены несколько.

Список флажков в категории **Продольная арматура** соответствует списку колонок по продольной арматуре в таблицах результатов для соответствующих типов железобетонных элементов (см. выше описание таблиц результатов для железобетонных элементов). Поэтому, если выбраны несколько флажков продольной арматуры, то отображены будут просуммированные результаты площади продольной арматуры для этих флажков. Для наглядности имена этих флажков будут отображены в названии отображаемой шкалы площади продольной арматуры.

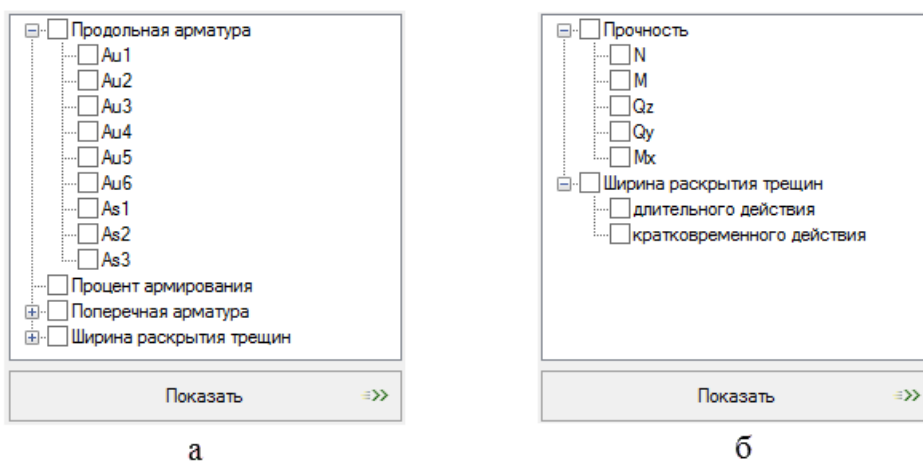


Рис. 8.19. Категории результатов стержневых элементов для **Подбора** (а) и **Проверки** (б)


Для типа расчета **Проверка** список флажков состоит из двух категорий: **Прочность** и **Ширина раскрытия трещин** (рис. 8.19, б). Эти категории также составные и могут быть раскрыты.

Категория **Прочность** включает флажки для проверки по продольной силе (**N**), поперечным силам (**Qz**, **Qy**), изгибающему моменту (**M**). Для стержней добавляется еще и проверка по крутящему моменту (**Mx**). То есть список флажков совпадает со списком столбцов из таблиц результатов проверки железобетонных конструкций.

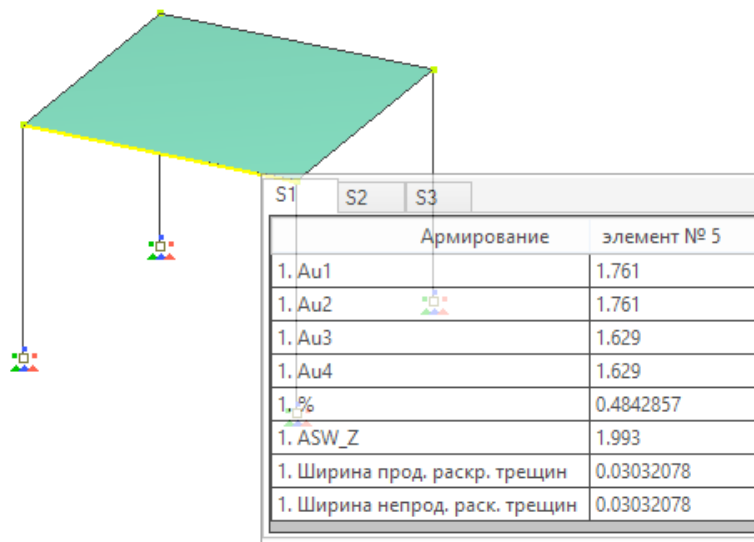
Для результатов проверки поведение флажков отличается от изложенного для подбора: при выборе нескольких флажков для элемента будет отображен худший процент использования. Например, если были выбраны флажки **N** и **M**, и процент использования **N** больше **M**, то на эпюре элемента будет отображен именно процент по **N**. Список отмеченных флажков также повторяется и в названии шкалы отображения результатов.

Локальные результаты

Флажок **Локальные результаты** определяет отображение локальных результатов на экране. Если флажок не установлен, то при щелчке по выбранному элементу пользователю будет показано табличное окно результатов для данного элемента (рис. 8.20).

 При выводе локальных результатов учитывается отмеченный **Тип элементов**: например, если выбран переключатель **Пластинчатые**, то программа не будет выводить локальные результаты для стержней.

Окно табличных локальных результатов представляет собой таблицу, в которой выводятся результаты расчета элемента. Набор строк таблицы зависит от выбранного переключателя в области **Тип расчета**. Для стержней над таблицей результатов находятся вкладки, которые указывают, для какого расчетного сечения нужно вывести результаты (рис. 8.20).




| Армирование | | элемент № 5 |
|--------------------------------|---|-------------|
| 1. Au1 | | 1.761 |
| 1. Au2 |  | 1.761 |
| 1. Au3 | | 1.629 |
| 1. Au4 | | 1.629 |
| 1. % | | 0.4842857 |
| 1. ASW_Z | | 1.993 |
| 1. Ширина прод. раскр. трещин | | 0.03032078 |
| 1. Ширина непрод. раск. трещин | | 0.03032078 |

Рис. 8.20. Окно табличных локальных результатов стержня для подбора

Если флажок **Локальные результаты** установлен, при нажатии на элемент откроется форма **Результаты армирования**. В меню **Вид** (рис. 8.21) можно настроить внешний вид формы.

В меню **Вид** входят следующие пункты:

- **Продольная арматура таб./рис.** — если пункт отмечен, то площадь продольной арматуры будет отображаться в таблице, иначе она будет показана на схеме.
- **Размеры** — если пункт отмечен, на схеме будут отображаться размеры сечения.

- **Сочетания усилий** — отображает сочетания усилий для текущего силового фактора и сечения (если это стержень). Если количество строк превышает 10, они будут разбиты на страницы.
- **Поперечная арматура** — отображает таблицу с именем, площадью и, если это стержень, цветом на схеме поперечной арматуры.
- **Материалы** — отображает таблицу материалов, заданных в редакторе конструирования для данного элемента, если это стержень — отображает тип армирования, заданный в редакторе сечений.
- **Подобранная арматура** — выбор типа арматуры, отображаемой на форме (**Полная, Прочность, если это стержень — Кручение**).

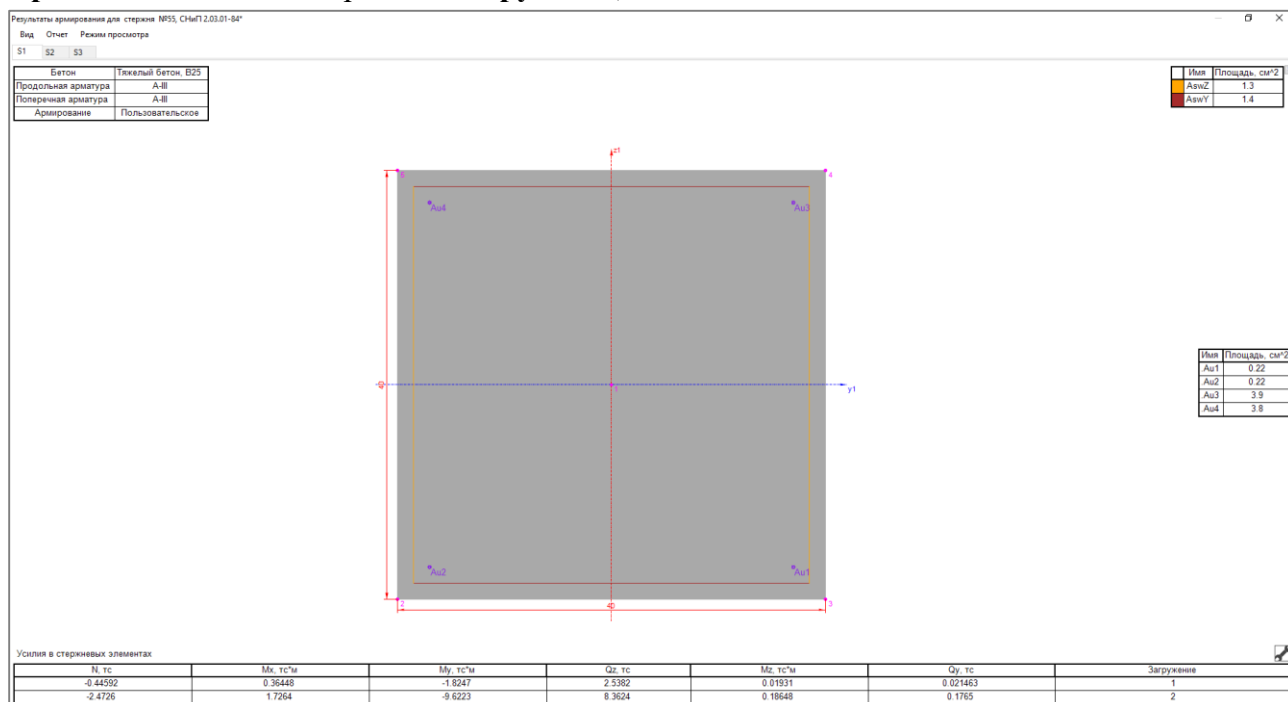
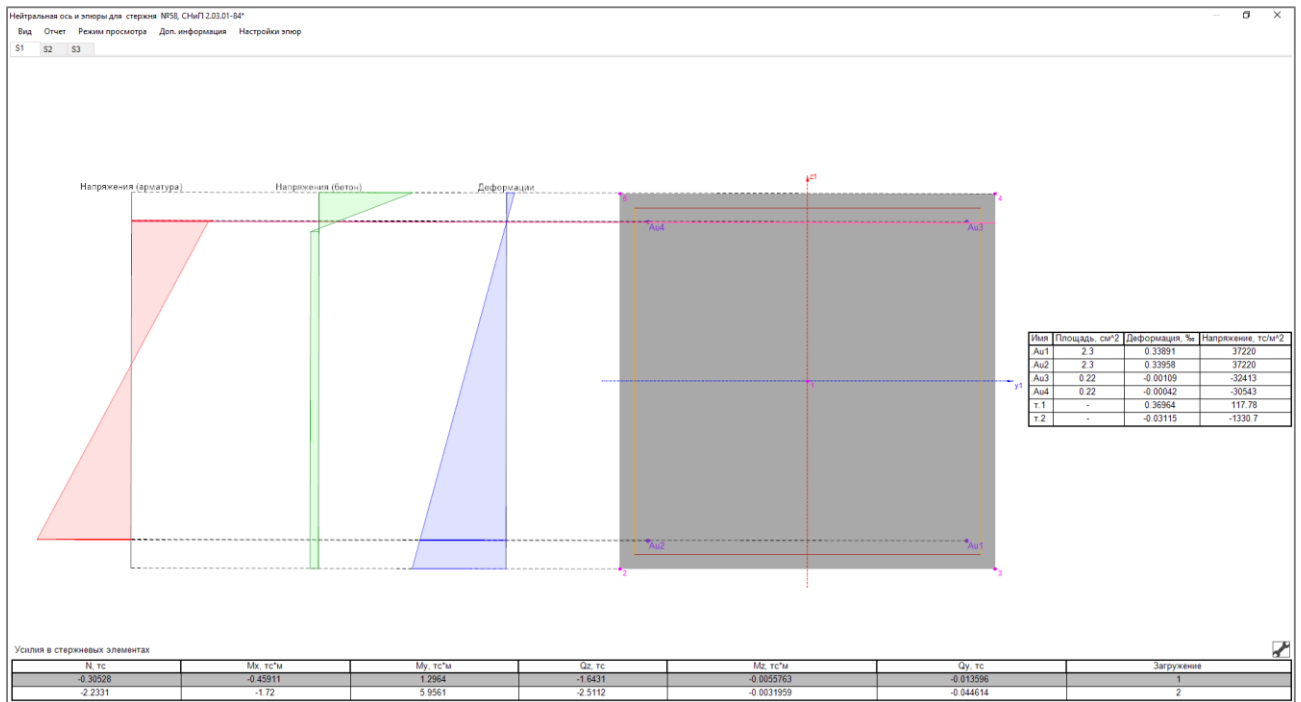



Рис. 8.21. Меню **Режим просмотра** в режиме **Просмотр результатов**

Меню **Отчет** содержит кнопку **Изображение**, которая позволяет добавить текущий вид окна локальных результатов в **Отчет**.

Меню **Режим просмотра** (доступен для стержней) содержит кнопки **Просмотр результатов** (рис. 8.21) и **Нейтральная ось, эпюры** (рис. 8.22).


Рис. 8.22. Меню **Режим просмотра** в режиме **Нейтральная ось, эпюры**


В режиме просмотра **Нейтральная ось, эпюры** также становятся активными меню **Дополнительная информация**, где доступна информация о высоте сжатой зоны бетона и об угле между нейтральной осью и осью Y, а также меню **Настройки эпюр**, где предоставлена возможность настройки отображения эпюр.

Кнопка  позволяет управлять таблицей результатов **сочетаний усилий**. При нажатии на данную кнопку в режиме просмотра нейтральной оси и эпюр для стержней есть возможность выбрать таблицу с посчитанными усилиями или добавить пользовательскую таблицу, по данным которой будут построены эпюры для сечения стержня.


8.3 ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ПОДОБРАННЫХ СЕЧЕНИЙ

Часто пользователю необходимо перенести результаты по подбору арматуры в сечении в исходные данные. Для этой цели разработана данная функциональная возможность.

 *Обратите внимание на последовательность действий! Преобразовать подобранные сечения вы сможете только после успешного выполнения прочностного и конструктивного расчета.*

Функция преобразования находится в режиме **Результаты в исходные данные**, вкладка **Преобразование подобранных сечений** (рис. 8.32). Для вызова данного режима воспользуйтесь командой меню **Спец. результаты** ⇒ **Преобразовать результаты в исходные данные** (кнопка  на панели инструментов).

Для преобразования выбранного армирования в исходные данные нужно задать следующие параметры: силовой фактор, цель преобразования.

 *Обратите внимание! Если по каким-то причинам конструктивный расчет не прошел успешно, то поля выбора силового фактора, а также кнопка преобразования будут недоступны.*

После успешного выполнения конструктивного расчета железобетонных элементов панель режима примет следующий вид (рис. 8.23):

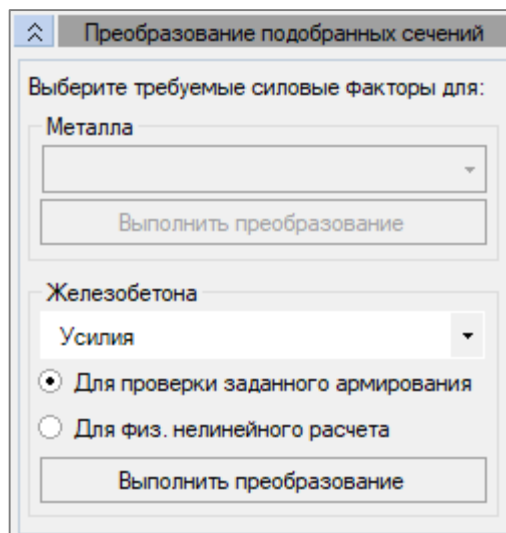


Рис. 8.23. Вид панели преобразования подобранных сечений железобетона; задание параметров преобразования

В раскрывающемся списке выберите требуемый силовой фактор из доступных для преобразования (рис. 8.24):

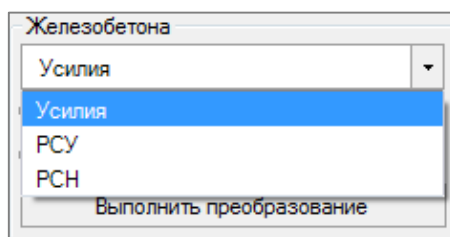


Рис. 8.24. Выбор силового фактора преобразования железобетона


Затем выберите одну из целей преобразования:

- **Для проверки заданного армирования** — преобразование сечения в новое **Пользовательское сечение** с подобранной арматурой.
- **Для физ.нелинейного расчета** — подготовка сечения для дальнейшего выполнения физически нелинейного расчета.

Нажмите на кнопку **Выполнить преобразование**. Результат выполнения операции отобразится во всплывающем окне.


8.4 ПРОДАВЛИВАНИЕ БЕЗБАЛОЧНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЛИТ

8.4.1 Подготовка исходных данных

Перейти в режим **Редактировать группы продавливания** можно с помощью команды меню **Конструирование** ⇒ **Продавливание** или кнопки  на панели инструментов.

Панель активного режима **Редактировать группы продавливания** состоит из трех раскрывающихся вкладок:

- **Список групп;**
- **Капитель;**
- **Редактирование контура продавливания;**
- **Расчет и результаты.**

Две первые служат для ввода исходных данных и доступны всегда, а третья, **Расчет и результаты**, активна только после перехода в режим **Результаты расчета** (кнопка  на панели инструментов).

Вкладка Список групп

Вкладка **Список групп** (рис. 8.25) служит для управления и просмотра текущих групп продавливания. Все имеющиеся группы можно посмотреть в таблице вверху вкладки. Каждая группа продавливания имеет свое **Описание**, свой **Цвет** и номер узла из расчетной схемы, который отображается в поле под таблицей.

Ниже находится зона для работы с группами и списком в целом:

- Флажок **Индикация текущей группы** — отображение текущей группы продавливания (выделена синим цветом в таблице) на расчетной схеме.
- Кнопка **Добавить группу продавливания** — добавление новых групп в список. На каждый выделенный узел расчетной схемы, который удовлетворяет нужным условиям, создается новая группа. Если группа с таким узлом уже есть в списке, то она добавлена не будет.
- Кнопка **Изменить текущую группу** — замена текущего узла группы на новый, выделенный на схеме.
- Кнопка **Выделить на схеме** — выделение узла группы на расчетной схеме.
- Кнопка **Удалить текущую группу** — удаление текущей группы из списка.
- Кнопка **Удалить пустые группы** — удаление из списка групп, которые не имеют номера узла.

Разгружающие усилия при необходимости указываются в соответствующих полях ввода.

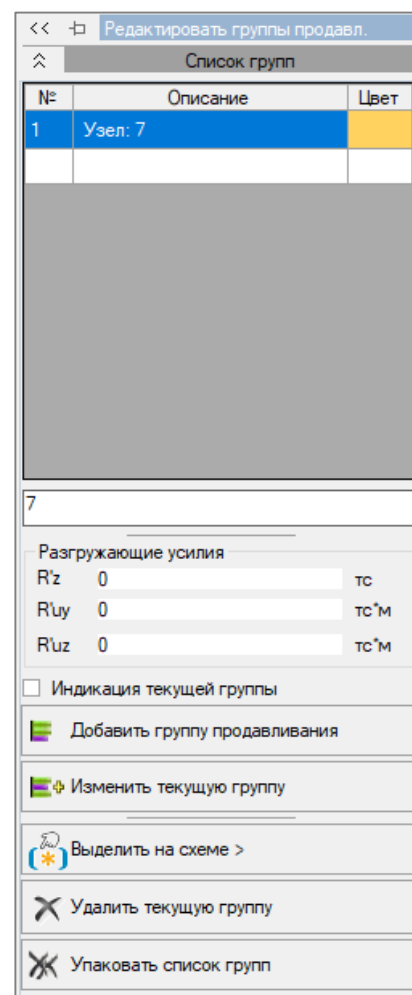


Рис. 8.25. Вкладка **Список групп**

Вкладка Капитель

Вкладка **Капитель** (рис. 8.26) служит для задания данных о капители (банкетке) для текущей группы из списка:

- форма капители (круглая или прямоугольная);
- высота капители;
- расстояние от грани колонны до грани капители.

Также можно указать, в каких осях капитель будет позиционироваться. По умолчанию позиционирование происходит в локальных осях колонны.

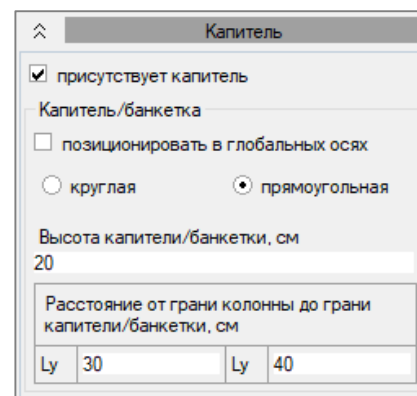


Рис. 8.26. Вкладка **Капитель**

Вкладка Редактирование контура продавливания

Вкладка **Редактирование контура продавливания** (рис. 8.27) предназначена для создания и изменения контура продавливания в выбранных группах.

Активизация возможности редактирования происходит установкой флажка **Изменить контур**. При этом для всех групп, в которых контур отсутствует, он будет создан автоматически. Редактирование контура происходит непосредственно на расчетной схеме и осуществляется с помощью полигона, который строится с использованием узлов расчетной схемы и/или сети построения. В процессе редактирования можно управлять тем, какую часть контура нужно вырезать, — большую или меньшую. Помимо этого, на вкладке присутствует флажок **Использовать только плоскость** секущего полигона. Если этот флажок не установлен, то обрезаны будут все контуры, на которые попадет проекция секущего полигона вдоль глобальной оси Z. Если же флажок установлен, то будет обрезан только контур, находящийся в одной плоскости с секущим полигоном.


В случае если базовый узел находится у края плиты и необходимо сгенерировать полный контур продавливания, необходимо установить соответствующий флажок.

Требования к исходным данным

В момент создания контура для группы продавливания и перед расчетом программа производит проверку этой группы на валидность — подходит ли эта группа для расчета. И если возникают какие-то ошибки, то пользователь будет о них оповещен с помощью информационного окна.

В настоящий момент для того, чтобы группа была посчитана, должны выполняться следующие условия:

- к базовому узлу группы должен примыкать хотя бы один пластинчатый элемент;
- все пластинчатые элементы, примыкающие к базовому узлу группы, должны лежать в одной плоскости;
- все пластинчатые элементы, примыкающие к базовому узлу группы, должны иметь одинаковые параметры сечения и конструирования;
- к базовому узлу группы должен примыкать хотя бы один стержень (кроме тех, что лежат в плоскости примыкающих пластин) с заданным допустимым типом сечения или на узел должна быть приложена сосредоточенная сила.

 К допустимым типам сечений стержня относятся все параметрические и стальные сечения, а также пользовательское сечение.

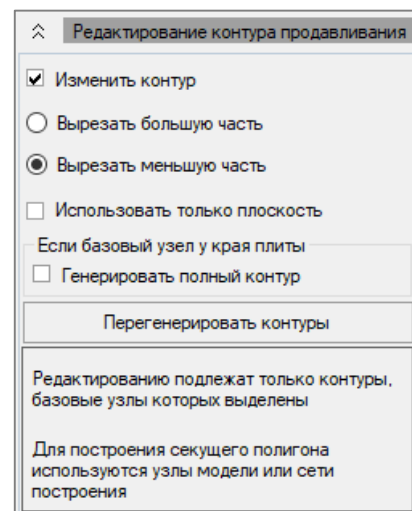


Рис. 8.27. Вкладка **Редактирование контура продавливания**

8.4.2 Расчет

Расчетные ситуации

Расчет на **Продавливание** выполняется на расчетные ситуации, соответствующие нормативным документам, а именно:

1. В выбранном для расчета на продавливание узле должны быть определены реакции:
 - $Rz1$ — сосредоточенная сила вдоль оси $Z1$ (не допускается равенство нулю);
 - R_{uy} — сосредоточенный момент относительно оси $Y1$ (допускается равенство нулю);
 - R_{uz} — сосредоточенный момент относительно оси $Z1$ (допускается равенство нулю).

Проверка несущей способности бетона и арматуры в зоне продавливания осуществляется по абсолютным значениям силы и моментов, приложенных в центре тяжести контура.

2. Расчет может быть выполнен для колонн, расположенных внутри площади плиты (замкнутый контур продавливания), а также при других расположениях колонны: у края плиты, у ее угла, вблизи отверстия (незамкнутый контур продавливания).

3. Построение контура продавливания возможно для вертикально стоящих колонн либо для узлов с нагрузкой по оси Z .

4. Допускаются следующие сечения колонн:

- **Параметрические сечения;**
- **Пользовательские сечения стержня;**
- **Стальные сечения.**

5. Расчет производится для плитных элементов, расположенных в горизонтальной плоскости.

Расчет замкнутого контура

Расчет замкнутого контура производится в строгом соответствии с нормативными документами.

Ход расчета для отдельно взятого контура можно отобразить на экране с помощью команды: **Результаты расчета** ⇒ **Продавливание безбалочных ж/б плит** ⇒ **Расчет и результаты**. Таблица с результатами формируется после проведения **Расчета на Продавливание**. Ход расчета отобразится при нажатии на кнопку, расположенную в правом углу ячеек таблицы (рис. 8.28).

| № группы | №№ узлов | №№ элементов | Предупр. | Ошибки | Asw, см ² | Asw*(u/Sw), см ² | Sw, м | ц, м | Кэф. запаса по бетону |
|----------|----------|------------------------|----------|--------|----------------------|-----------------------------|--------|--------|-----------------------|
| 13 | 1801 | 2365; 2367; 2533; 2536 | 1 | 16 | 15.6 | 1 | 0.99 | 0.439 | |
| 17 | 1847 | 2417; 2419; 2587; 2589 | 2 | 6.5 | 211 | 0.1275 | 4.1336 | 0.6245 | |
| 19 | 1870 | 2443; 2445; 2614; 2616 | 2 | 6.4 | 207 | 0.1275 | 4.1336 | 0.6315 | |
| 5 | 335 | 371; 373; 541; 543 | 2 | 6.3 | 217 | 0.1275 | 4.3582 | 0.6506 | |
| 7 | 358 | 397; 399; 568; 570 | 2 | 6.3 | 214 | 0.1275 | 4.3582 | 0.655 | |
| 11 | 404 | 449; 451; 622; 625 | 2 | 6.2 | 212 | 0.1275 | 4.3582 | 0.659 | |
| 9 | 381 | 423; 425; 595; 598 | 2 | 5.9 | 200 | 0.1275 | 4.3582 | 0.699 | |

Рис. 8.28. Таблица результатов по группам продавливания

Расчет незамкнутого контура

Построение замкнутого контура продавливания происходит внутрипрограммно. Для учета фактического положения колонн (вблизи края плиты, угла или отверстия) необходимо отредактировать замкнутый контур самостоятельно. Затем следует произвести расчет незамкнутого контура и сравнить результаты, как требуют положения нормативных документов.

8.4.3 Результаты расчета


Вкладка **Расчет и результаты** (рис. 8.29) позволяет произвести расчет и отображение полученных результатов. При открытии этой вкладки внизу окна программы появляется панель результатов. В этой панели может отображаться таблица результатов по всем группам продавливания или протокол расчета для одной выбранной группы.

Перед расчетом нужно выбрать доступный **Силовой фактор** для учета в продавливании (рис. 8.29). Затем нажать кнопку **Расчет**. После этого на панели результатов появится таблица результатов по группам продавливания (рис. 8.38).

Таблица результатов по группам продавливания состоит из следующих столбцов:

- **№ группы** — номер группы продавливания;
- **№№ узлов** — номер базового узла группы;
- **№№ элементов** — номера пластинчатых элементов, которые примыкают к базовому узлу группы продавливания;
- **Предупр.** — количество предупреждений, возникших в ходе расчета;
- **Ошибки** — количество ошибок, возникших в ходе расчета;
- **Asw** — площадь сечения поперечной арматуры с шагом **Sw**, расположенная в пределах пирамиды продавливания;
- **Asw*(u/Sw)** — общая площадь поперечной арматуры в пределах пирамиды продавливания;
- **Sw** — шаг стержней поперечной арматуры;
- **u** — периметр контура расчетного поперечного сечения;
- **Коэф. запаса по бетону**.

Если в ячейках столбцов **Предупр.**, **Ошибки**, **Asw**, **Asw*(u/Sw)** или **Коэф. запаса по бетону** появляются значения, то в ячейке будет отображен значок перехода к протоколу расчета текущей группы продавливания.

 Информацию об элементах управления таблицы результатов вы найдете в подразделе 9.6 «Результаты расчета».

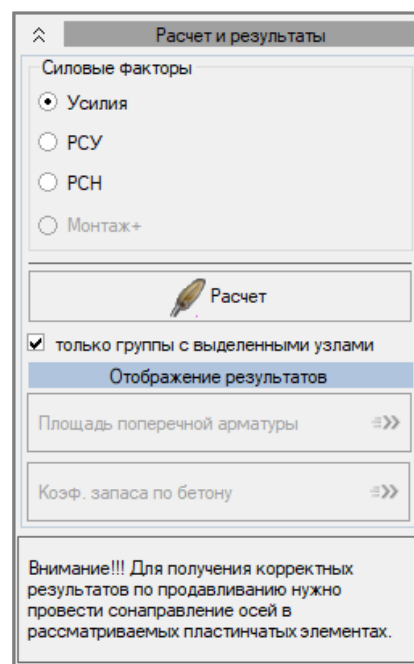


Рис. 8.29. Вкладка **Расчет и результаты**

Кроме этого, доступные таблицы результатов по группам появятся в режиме **Таблицы результатов** (рис. 8.30).


| № группы | №№ узлов | №№ элементов | Asw (см ²) | Asw*(u/Sw) (см ²) | Sw (м) | u (м) | Коэф. запаса по бетону |
|----------|----------|--------------|------------------------|-------------------------------|--------|--------|------------------------|
| 1 | 1 | 40 | 0 | 0 | 1 | 1.7903 | 1.51539 |
| 2 | 3 | 38 | 0 | 0 | 1 | 1.7903 | 1.69228 |
| 3 | 7 | 36; 39 | 3.435 | 6.1502 | 1 | 1.7903 | 0.773261 |
| 4 | 9 | 34; 37 | 1.782 | 3.1908 | 1 | 1.7903 | 0.867959 |
| 5 | 13 | 32; 35 | 3.435 | 6.1502 | 1 | 1.7903 | 0.773261 |
| 6 | 15 | 30; 33 | 1.782 | 3.1908 | 1 | 1.7903 | 0.867959 |
| 7 | 19 | 31 | 0 | 0 | 1 | 1.7903 | 1.51539 |

Рис. 8.30. Пример таблицы результатов из режима **Таблицы результатов**


Протокол расчета группы продавливания (рис. 8.31) представляет собой набор раскрывающихся вкладок-разделов. Первыми идут разделы исходных данных, за ними разделы проверок, которые проводились во время расчета в соответствии с выбранными нормами конструирования пластинчатых элементов. Для всех норм набор разделов исходных данных одинаков, но при этом имеются отличия в параметрах конструирования и материалах.

| Расчет на продавливание: группа №3 ACI 318-11 | |
|---|--|
| Усилия | |
| V _с • продавливающие усилия, тс | 48.665 |
| R _с • узловая реакция вдоль оси X1 стержня, тс | 38.801 |
| M _{сy} • узловая реакция (изгибающий момент) относительно оси Y1 стержня, тс*м | 18.767 |
| M _{сz} • узловая реакция (изгибающий момент) относительно оси Z1 стержня, тс*м | 1.896 |
| Кольцо (0.4x0.1) | Параметры сечения площадки приложения нагрузки |

Рис. 8.31. Пример протокола расчета группы продавливания

 Для получения корректных результатов следует провести согласование осей в рассчитываемых пластинчатых элементах.

8.5 ПОВЕРХНОСТЬ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ

Перейти в режим **Поверхность несущей способности** можно с помощью команды меню **Конструирование** ⇨ **Поверхность несущей способности** или кнопки  на панели инструментов.

Панель **Поверхность несущей способности** (рис. 8.32) предназначена для оценки прочности железобетонных сечений при действии изгибающих/крутящих моментов, а также продольной и поперечных сил. Соответствие нормативным документам приводится на панели **Конструирование**.

Начальными параметрами для построения **Поверхности несущей способности** элемента являются: **Сечение** и параметры **Конструирования**.

При выборе переключателя **Сечение** построение поверхности несущей способности производится согласно следующим начальным параметрам:

- 1-е предельное состояние — по параметрам 1-го предельного состояния строится поверхность общего вида M_yM_zN , а также проекции M_yM_z , M_yN , M_zN .
- 2-е предельное состояние — по параметрам 2-го предельного состояния строится поверхность общего вида M_yM_zN , а также проекции M_yM_z , M_yN , M_zN .
- Поперечные силы и кручение — по параметрам 1-го предельного состояния строится поверхность общего вида $Q_yQ_zM_x$, а также проекции Q_yQ_z , Q_yM_x , Q_zM_x ;
- Все — доступны все виды поверхностей.

В режиме **Исходных данных** не доступно построение **Поверхности несущей способности по Результатам армирования**.

В режиме **Исходных данных** тип поверхности **Поперечные силы и кручение** доступен при условии задания поперечного армирования в **Сечении** элемента.

В режиме **Результаты расчета** тип поверхности **2-е предельное состояние**, с учетом **Арматуры**, подобранной на раскрытие трещин, нормальных к продольной оси элемента, доступен при установке в **Конструировании** флажка **Произвести расчет по 2-му предельному состоянию**.

В режиме **Результаты** на панели **Поверхность несущей способности** дополнительно указываются такие параметры:

1. Данные об армировании, соответствующие результатам расчета по силовым факторам:
 - **Усилия**;
 - **PCY**;
 - **PCN**;
 - **Монтаж+**.
2. В области **Начальные параметры** добавлены следующие параметры:
 - Раскрывающийся список **Сечение** — расчетное сечение, для которого строится поверхность несущей способности (Первое, Все).
 - Раскрывающийся список **Армирование** — указывается, по каким результатам армирования строится поверхность несущей способности:
 - **Полная** — арматура подобрана по первой и второй группам предельных состояний.
 - **Прочность** — арматура подобрана по первой группе предельных состояний.
 - **Кручение** — арматура, обусловленная кручением.
 - **Все** — доступны все результаты.

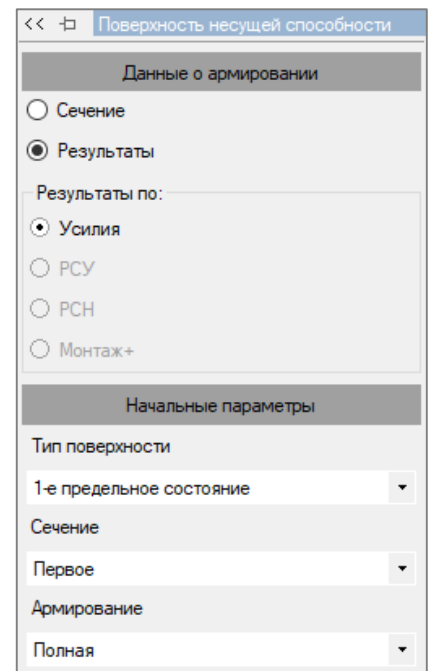


Рис. 8.32 Панель **Поверхность несущей способности**

По заданным параметрам для выбранного элемента рассчитывается **Поверхность несущей способности**:

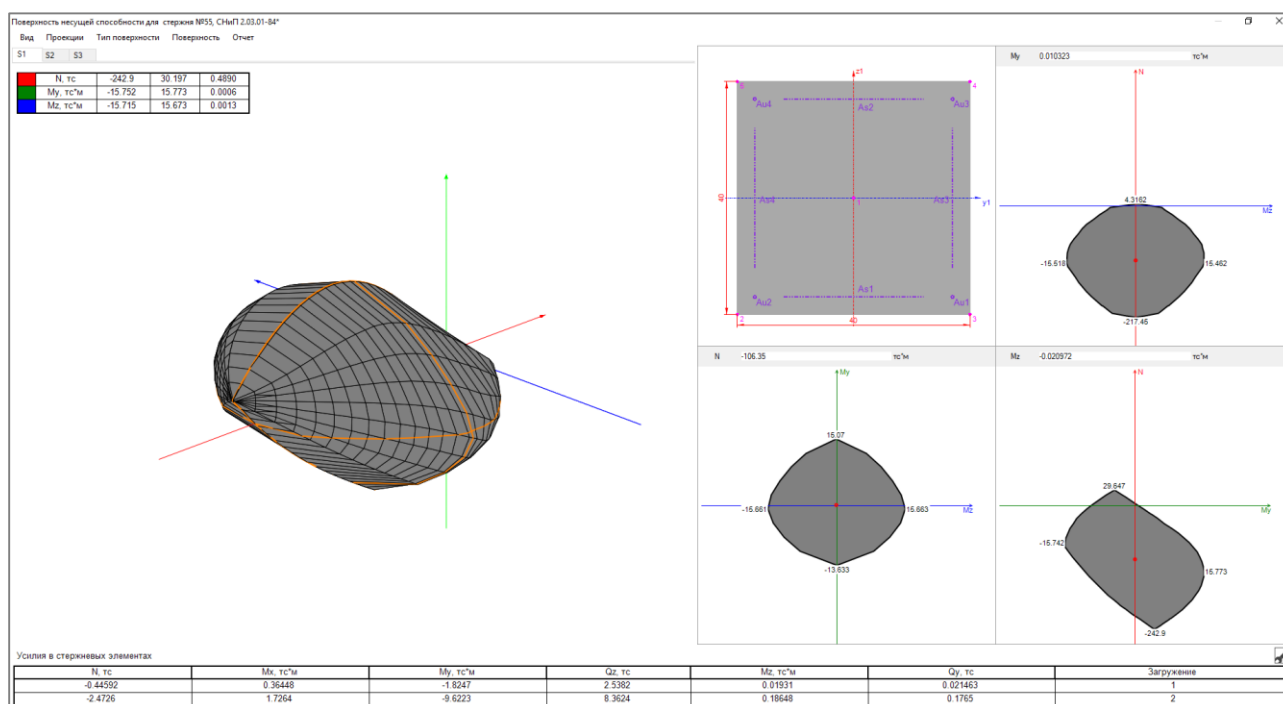


Рис. 8.33. Окно **Поверхность несущей способности**

Закладка **Вид** содержит следующие параметры:

- **Армирование** — осуществляется выбор критерия подбора арматуры. Переключение по результатам подбора арматуры (**Полная/Прочность/Кручение**) возможно, если в **Начальных параметрах** указано **Все**.
- **Информация о поверхности** — таблицы несущей способности сечения и **Коэффициента использования**. **Коэффициент использования** — это отношение усилий к несущей способности сечения. Этот коэффициент показывает долю реальных усилий от усилий исчерпания несущей способности сечения.
- **Сечение** — визуализация поперечного сечения элемента с указанием основных размеров.
- **Прозрачность, Каркас** — визуализация прозрачного и каркасного представления общего вида **Поверхности несущей способности**.
- **Сочетание усилий** — визуализация таблицы **Усилий/PCY/PCN/Монтаж+** внизу диалогового окна.

Закладка **Проекция** предоставляет параметры для отображения на экране одной или одновременно всех проекций **Поверхности несущей способности**. Общий (3D) вид поверхности отображается всегда.

Закладка **Тип поверхности** позволяет выбрать, какой тип поверхности будет построен:

- **1-е предельное состояние** — данный тип поверхности доступен в режимах **Сечение, Результаты**.
- **2-е предельное состояние** — данный тип поверхности доступен в режимах **Сечение, Результаты** (если установлен флажок **Произвести расчет по 2-му предельному состоянию**).

• **Поперечные силы и кручение** — данный тип поверхности доступен в режимах **Сечение** (если задана поперечная арматура), **Результаты**.

Закладка **Поверхность** содержит команду **Начальный вид**, при нажатии которой поверхность общего вида примет первоначальное положение.

Закладка **Отчет** содержит команду **Изображение**, которая копирует изображение из окна в список для **Формирования отчета**.

После построения **Поверхности несущей способности** можно произвести проверку несущей способности сечения для заданных усилий. Задание проверяемой точки на поверхности несущей способности (необходимые значения усилий) производится в соответствующих окнах редактирования. Рисование проекций происходит в автоматическом режиме, при этом формируются три ортогональные проекции, проходящие через заданную точку.