

## ГЛАВА 8. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

### 8.1 ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

**Расчет конструкций Железобетонные элементы** предназначен для подбора армирования параметрически заданных сечений стержневых и пластинчатых элементов, а также для проверки сечений на заданное армирование.

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;
- 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.

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

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

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

Режим **Расчет конструкций Железобетонных элементов** находится в меню **Расчет** ⇒ **Расчет конструкций**.

Кнопка  на панели инструментов.

Расчет на **Продавливание безбалочных железобетонных плит** является самостоятельным и производится через меню **Конструирование** ⇒ **Продавливание безбалочных железобетонных плит**.

Кнопка  на панели инструментов.

## 8.2 ПОДБОР АРМАТУРЫ. ПРОВЕРКА ЗАДАННОГО АРМИРОВАНИЯ

### 8.2.1 Подготовка исходных данных

Исходные данные сечений для расчета задаются в **Редакторе сечений/жесткостей** для каждого **Сечения** отдельно. Для этого выбираем нужное **Сечение** и отмечаем пункт **Подбор арматуры** (рисунок 8.1)

Параметрические сечения стержней : Брус : Брус (0.4x0.4)

Имя:  Брус (0.4x0.4) Описание:

|       |    |       |    |
|-------|----|-------|----|
| В, см | 40 | Н, см | 40 |
|-------|----|-------|----|

Учитывать при расчете влияние сдвига

Без учета армирования

Подбор арматуры

Учет нелинейности

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

Расчетные свойства сечения

| Площадь A, см <sup>2</sup> | Момент инерции             |                            |                            | Ядровые расстояния |        |        |        | Срезные площади      |                      | Угол главных осей $\beta_1$ , ° |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|--------------------|--------|--------|--------|----------------------|----------------------|---------------------------------|
|                            | $I_{y1}$ , см <sup>4</sup> | $I_{z1}$ , см <sup>4</sup> | $I_{x1}$ , см <sup>4</sup> | Y+, см             | Y-, см | Z+, см | Z-, см | Ay1, см <sup>2</sup> | Az1, см <sup>2</sup> |                                 |
| 1.6E+03                    | 2.13E+05                   | 2.13E+05                   | 3.58E+05                   | 6.67               | -6.67  | 6.67   | -6.67  | 1.33E+03             | 1.33E+03             | 0                               |

Армирование

Несимметричное

Симметричное

Пользовательское

|  |   |
|--|---|
| Привязка центра тяжести арматуры к грани |   |
| Верхней                                  | 3 |
| Нижней                                   | 3 |
| Боковой                                  | 3 |

Способ наращивания арматуры

по проценту от текущей

по диаметру

Проверка арматуры производится только для пользовательского армирования

Рисунок 8.1 Вид данных о **Сечении** стержня при выборе пункта **Подбор арматуры**

### Задание армирования в стержневых сечениях

При задании типа армирования в **Сечениях** железобетонных стержневых элементов реализованы три варианта:

- **Несимметричное;**
- **Симметричное;**
- **Пользовательское.**

Для выбора нужного варианта кликните по соответствующему пункту панели **Армирование** (рисунок 8.1).

**Несимметричное** и **Симметричное** армирование представляют собой программно созданные схемы расположения арматуры в том или ином сечении, отличающиеся лишь особенностями расстановки арматуры. В случае выбора **Несимметричного** армирования программа

будет производить наращивание тех арматурных включений, которые находятся в самых перенапряженных позициях: наиболее растянутое включение при растяжении и наиболее сжатое при сжатии. В свою очередь **Симметричное** армирование подразумевает наращивание всех арматурных включений одновременно.

Также нужно отметить, что при выборе пунктов **Симметричное** или **Несимметричное** армирование пользователю доступна возможность задания величины **Привязки центра тяжести арматуры к грани** и **Способа наращивания арматуры** (рисунок 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 |   |

Рисунок 8.2 Панели задания **Привязки центра тяжести арматуры к грани** и **Способа наращивания арматуры**

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

1. **Верхней** грани;
2. **Нижней** грани;
3. **Боковой** грани.

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

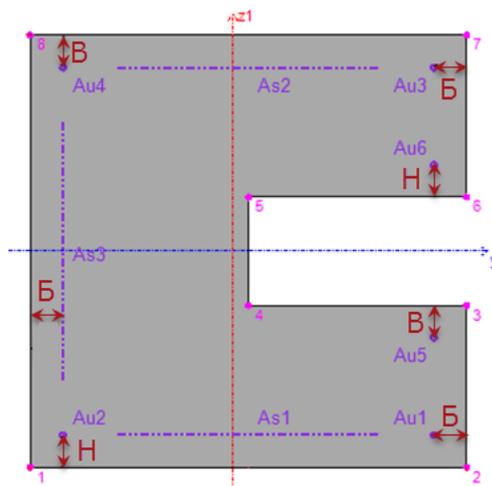


Рисунок 8.3 **Привязка центра тяжести арматуры к граням** сечения швеллера:

B – к верхней грани, H – к нижней грани, Б – к боковой грани

 При работе с кольцевым сечением учитываются только изменения значения боковой привязки.

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

1. **По проценту от текущей** – площадь включения будет увеличена на величину, которая зависит от текущего значения площади;
2. **По диаметру** – площадь включения будет изменяться с учётом сортамента арматуры, выбранного класса (смотри ниже: **Задание конструирования для стержневых элементов**).

Варианты **Несимметричное** и **Симметричное** армирование реализуют стандартные возможности по управлению расположения арматурных включений и могут быть использованы только для подбора арматуры. Для случаев, когда нужно произвести проверку/подбор сечения на заданное армирование с учётом 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 Y1 и Z1 (рисунок 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 <sup>2</sup> /м  | см <sup>2</sup> /м |

Рисунок 8.4 Панель задания площади **Поперечной арматуры**

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

#### *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** (рисунок 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. В сечениях с углами **Т. пр.** совпадают с вершинами сечения;
- **dY** – расстояние от точки привязки до центра тяжести арматурного включения вдоль оси Y1. Задаётся с учётом знака;
- **dZ** – расстояние от точки привязки до центра тяжести арматурного включения вдоль оси Z1. Задаётся с учётом 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 рисунке 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 (рисунок 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 (смотри 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. Должна всегда быть большей или равной начальной площади. В случае задания нулевого значения, программа вместо него будет использовать величину площади, соответствующей максимальному диаметру выбранного класса арматуры (смотри 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 (смотри ниже: **Задание конструирования для стержневых элементов**).

| Точечная арматура |     |        |        |        |             |                                     |                     |                               |                                |                         |
|-------------------|-----|--------|--------|--------|-------------|-------------------------------------|---------------------|-------------------------------|--------------------------------|-------------------------|
|                   | Имя | Т. пр. | dY, см | dZ, см | Лог. группа | Блок.                               | Способ нар. площади | Нач. площадь, см <sup>2</sup> | Макс. площадь, см <sup>2</sup> | 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                       |

Рисунок 8.5 Вид панели **Точечная арматура** для сечений, кроме кольцевого

Для кольцевого сечения набор столбцов имеет незначительные отличия (рисунок 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 <sup>2</sup> | Макс. площадь, см <sup>2</sup> | Кол-во стержней в пучке | К-во стержней по окружности |
| ▶                 | 1   | 1 ▼    | 0                 | 15                      |             | <input type="checkbox"/> | Пло... ▼            | 0                             | 0                              | 1                       | 6                           |
| *                 |     | 1 ▼    |                   |                         |             | <input type="checkbox"/> | Пло... ▼            | 0                             | 0                              | 1                       |                             |

Рисунок 8.6 Вид панели **Точечная арматура** для кольцевого сечения

Панель **Распределенная арматура** для всех сечений (рисунок 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 грани (значение столбца **Положение** равно «|») сечения (рисунок 8.8);
- **Отступ2** – расстояние от края включения до ближайшей правой (значение столбца **Положение** равно «—») или верхней грани (значение столбца **Положение** равно «|») сечения (рисунок 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 <sup>2</sup> | Макс. площадь, см <sup>2</sup> | 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                              | -- ▼      |

Рисунок 8.7 Панель **Распределенная арматура** для сечений, кроме кольцевого

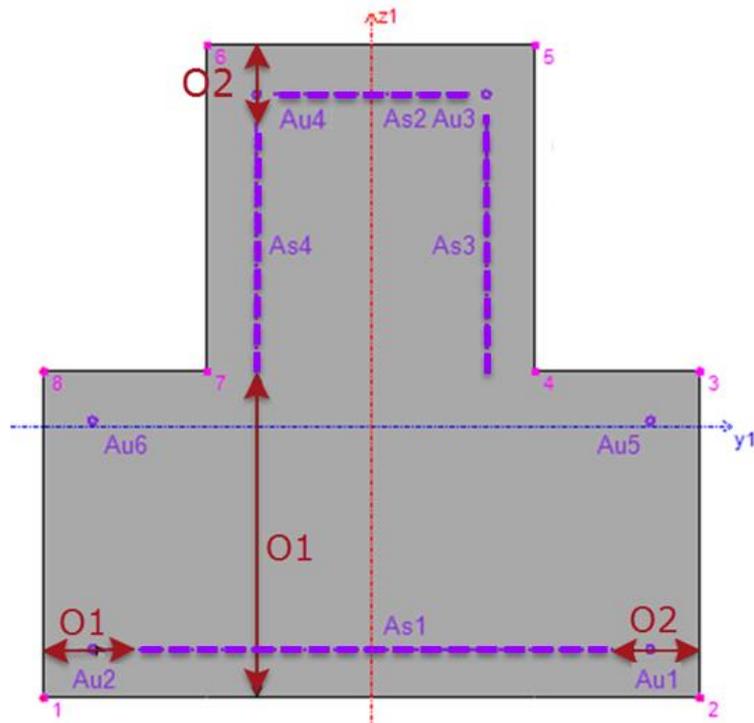


Рисунок 8.8 Отступы распределенной арматуры в тавровом сечении:  
O1 – Отступ1, O2 – Отступ2

Панель **Распределенная арматура** для кольцевого сечения (рисунок 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 <sup>2</sup> | Макс. площадь, |
| ▶                       | As  | 1      | 17                      |             | <input type="checkbox"/> | 0                             | 0              |
| *                       |     | 1      |                         |             | <input type="checkbox"/> | 0                             | 0              |

Рисунок 8.9 Панель **Распределенная арматура** для кольцевого сечения

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

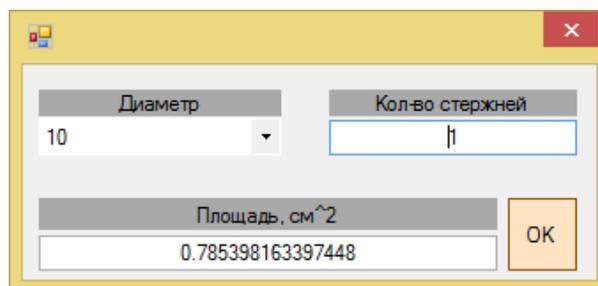


Рисунок 8.10 Окно сортамента арматуры

*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 <sup>2</sup> /м |

Выбор пункта **По умолчанию** позволяет выполнять подбор арматуры наиболее часто встречающегося случая ее расположения относительно граней сечения. При этом реализовано двухуровневое армирование (нижнее и верхнее) с осредненной для каждого уровня привязкой центра тяжести. Фактическое разделение привязки 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** (рисунок 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 <sup>2</sup> /м  | см <sup>2</sup> /м |

Рисунок 8.11 Панель задания площади **Поперечной арматуры** для плитных сечений

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

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 (рисунок 8.12).

| Арматурные вставки |     |        |                |                |             |                          |                                       |  |                                       |  |
|--------------------|-----|--------|----------------|----------------|-------------|--------------------------|---------------------------------------|--|---------------------------------------|--|
|                    | Имя | Т. пр. | Привязка X, см | Привязка Y, см | Лог. группа | Блок.                    | Нач. площадь (Ax), см <sup>2</sup> /м | Макс. площадь (Ax), см <sup>2</sup> /м | Нач. площадь (Ay), см <sup>2</sup> /м | Макс. площадь (Ay), см <sup>2</sup> /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"/> |                                       |  |                                       |  |

Рисунок 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, рисунок 8.13). Не может быть пустым или повторяться;
- **Т. пр.** – номер точки привязки, относительно которой будет размещена **Арматурная вставка** (обведены рамкой на рисунке 8.13);
- **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 графах **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, достигнув которой при наращивании вставка 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, достигнув которой при наращивании вставка заблокируется.

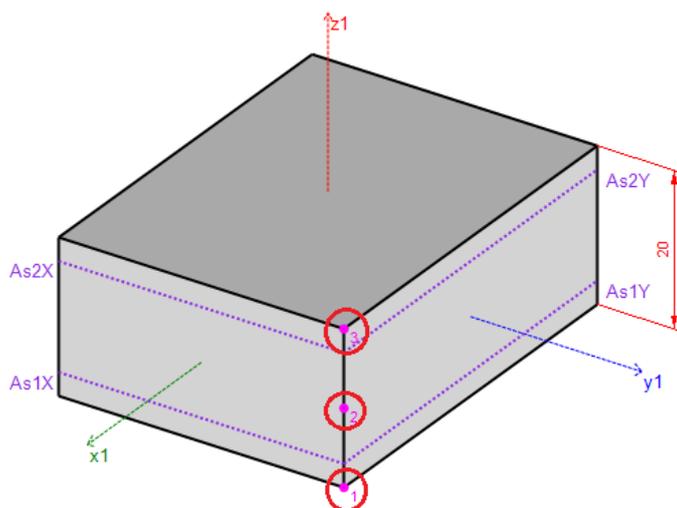


Рисунок 8.13 Точки привязки **Арматурных вставок** для плитных элементов

Для редактирования и ввода значений начальной и максимальной площадей на панели **Арматурные вставки** реализован вызов окна сортамента арматуры (рисунок 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 стержневых элементов

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

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

Область заголовка (рисунок 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 (смотри 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.



Рисунок 8.14 Область заголовка панели

## Параметры конструирования железобетонных стержней

При этом, 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 значение 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;

 *В случае если конечная расчетная длина, заданная пользователем, равна нулю, то 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 отметить 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 неактивен – флажок **провести расчет** не отмечен. После активации появляется возмож-

ность 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 отмечен – то его значение будет посчитано автоматически, исходя из площади подобранной арматуры.

Параметры конструирования стержневых элементов, согласно СНиП 2.03.01–84

| Параметры конструирования железобетонных стержней   |   |
|---|---|
| Нормы<br>СНиП 2.03.01-84  |   |
| Имя   | Описание  |
| <input checked="" type="checkbox"/> ж.б. стержень СНиП 2.03.01-84   |   |
| Бетон   |   |
| Тип бетона  | Класс бетона по прочности   |
| Тяжелый естественного твердения   | B25   |
| Характеристики бетона<br>Класс бетона : B25<br>Нормы : СНиП 2.03.01-84<br>Тип бетона : Тяжелый естественного твердения<br>Модуль упругости : 3.0591E+06 тс/м <sup>2</sup><br>Коэффициент Пуассона : 0.2<br>Модуль сдвига : 1.2746E+06 тс/м <sup>2</sup><br>Коэффициент температурного расширения : 1E-05<br>Расчетное сопротивление на сжатие : 1478.6 тс/м <sup>2</sup><br>Нормативное сопротивление на сжатие : 1886.5 тс/м <sup>2</sup><br>Расчетное сопротивление на растяжение : 107.07 тс/м <sup>2</sup>  |   |
| Продольная арматура   |   |
| Класс арматуры  |   |
| A-III   |   |
| Характеристики арматуры<br>Класс арматуры : A-III<br>Нормы : СНиП 2.03.01-84<br>Модуль упругости : 2.0394E+07 тс/м <sup>2</sup><br>Коэффициент Пуассона : 0.28<br>Модуль сдвига : 7.9665E+06 тс/м <sup>2</sup><br>Коэффициент температурного расширения : 1.2E-05<br>Расчетное сопротивление на растяжение для продольной арматуры : 36200 тс/м <sup>2</sup><br>Расчетное сопротивление на растяжение для поперечной арматуры : 29062 тс/м <sup>2</sup><br>Расчетное сопротивление на сжатие : 36200 тс/м <sup>2</sup><br>Нормативное сопротивление на растяжение : 39769 тс/м <sup>2</sup> |   |
| Поперечная арматура   |   |
| Класс арматуры  |   |
| A-III   |   |
| Характеристики арматуры<br>Класс арматуры : A-III<br>Нормы : СНиП 2.03.01-84<br>Модуль упругости : 2.0394E+07 тс/м <sup>2</sup><br>Коэффициент Пуассона : 0.28<br>Модуль сдвига : 7.9665E+06 тс/м <sup>2</sup><br>Коэффициент температурного расширения : 1.2E-05<br>Расчетное сопротивление на растяжение для продольной арматуры : 36200 тс/м <sup>2</sup><br>Расчетное сопротивление на растяжение для поперечной арматуры : 29062 тс/м <sup>2</sup><br>Расчетное сопротивление на сжатие : 36200 тс/м <sup>2</sup><br>Нормативное сопротивление на растяжение : 39769 тс/м <sup>2</sup> |   |
| Конструктивные особенности стержня  |   |
| Определимость системы   |   |
| <input type="radio"/> статически определяемая<br><input checked="" type="radio"/> статически неопределяемая   |   |
| Расчетные длины   |   |
| <input type="radio"/> коэффициент<br><input checked="" type="radio"/> длина<br>LY 0 м LZ 0 м  |   |
| Случайные эксцентриситеты   |   |
| <input checked="" type="checkbox"/> рассчитать программно<br>EY 0 см EZ 0 см  |   |
| Конструктивные особенности  |   |
| <input checked="" type="checkbox"/> не учитывать конструктивные   |   |
| Максимальный процент армирования  |   |
| 10 %  |   |
| Коэффициент условий работы арматуры(СНиП 2.03.01-84* табл.24)   |   |
| Для продольной арматуры   | Для поперечной арматуры   |
| 1   | 1   |
| Коэффициент условий работы для учета сейсмического воздействия табл.7 СНиП II-7-81*   |   |
| Проверка на прочность(без учета)  | Проверка на прочность наклонных   |
| 1   | 1   |
| Коэффициенты условий работы бетона (СНиП 2.03.01-84* табл.15)   |   |
| Условия эксплуатации бетона   | Произведение коэффициентов из табл.15 СНиП 2.03.01-84*(кроме Yb2 и Yb4) |
| остальные   | 0.85  |
| II предельное состояние   |   |
| <input checked="" type="checkbox"/> провести расчет   |   |
| Ширина раскрытия трещин   |   |
| Кратковременных   | $A_{cre1}$ 0.04 см  |
| Длительных  | $A_{cre2}$ 0.04 см  |
| <input checked="" type="checkbox"/> диаметр стержней 10   |   |

Рисунок 8.15 Параметры конструирования железобетонных стержней для СНиП 2.03.01–84

Параметры конструирования железобетонных стержней для СНиП 2.03.01–84 (рисунок 8.15) кроме указанных ранее общих разделов имеет несколько собственных:

- **Коэффициент условий работы арматуры (СНиП 2.03.01–84\* табл. 24)** – коэффициенты условий работы продольной и поперечной арматуры [8.14, п. 2.28];
- **Коэффициент условий работы для учета сейсмического воздействия табл. 7 СНиП II–7–81\*** – дополнительные коэффициенты условий работы для учета сейсмического воздействия при расчете на прочность нормальных и наклонных сечений [8.15, п. 2.14];
- **Коэффициент условий работы бетона (СНиП 2.03.01–84\* табл. 15)** – задается произведение коэффициентов, кроме Yb2 и Yb4, а также условия работы бетона [8.14, п. 2.13].

### Параметры конструирования стержневых элементов согласно СП 63–13330–2012

| Параметры конструирования железобетонных стержней  |  |
|--|--|
| Нормы<br>СП 63-13330-2012 (СНиП 52-01-2003)  |  |
| Имя  | Описание   |
| <input checked="" type="checkbox"/>  | ж.б. стержень СП 63-13330-2012 ((                                      |
| Бетон  |  |
| Тип бетона   | Класс бетона по прочности  |
| Тяжелый  | B25  |
| Характеристики бетона<br>Класс бетона : B25<br>Нормы : СП 63-13330-2012 (СНиП 52-01-2003)<br>Тип бетона : Тяжелый<br>Модуль упругости : 3.0591E+06 тс/м <sup>2</sup><br>Коэффициент Пуассона : 0.2<br>Коэффициент температурного расширения : 1E-05<br>Расчетное сопротивление на сжатие : 1478.6 тс/м <sup>2</sup><br>Нормативное сопротивление на сжатие : 1886.5 тс/м <sup>2</sup><br>Расчетное сопротивление на растяжение : 107.07 тс/м <sup>2</sup>  |  |
| Продольная арматура  |  |
| Класс арматуры   | A400   |
| Характеристики арматуры<br>Класс арматуры : A400<br>Нормы : СП 63-13330-2012 (СНиП 52-01-2003)<br>Модуль упругости : 2.0394E+07 тс/м <sup>2</sup><br>Коэффициент Пуассона : 0.28<br>Коэффициент температурного расширения : 1.2E-05<br>Расчетное сопротивление на растяжение для продольной арматуры : 35690 тс/м <sup>2</sup><br>Расчетное сопротивление на растяжение для поперечной арматуры : 28552 тс/м <sup>2</sup><br>Расчетное сопротивление на сжатие : 35690 тс/м <sup>2</sup><br>Нормативное сопротивление на растяжение : 40789 тс/м <sup>2</sup>  |  |
| Поперечная арматура  |  |
| Класс арматуры   | A400   |
| Характеристики арматуры<br>Класс арматуры : A400<br>Нормы : СП 63-13330-2012 (СНиП 52-01-2003)<br>Модуль упругости : 2.0394E+07 тс/м <sup>2</sup><br>Коэффициент Пуассона : 0.28<br>Коэффициент температурного расширения : 1.2E-05<br>Расчетное сопротивление на растяжение для продольной арматуры : 35690 тс/м <sup>2</sup><br>Расчетное сопротивление на растяжение для поперечной арматуры : 28552 тс/м <sup>2</sup><br>Расчетное сопротивление на сжатие : 35690 тс/м <sup>2</sup><br>Нормативное сопротивление на растяжение : 40789 тс/м <sup>2</sup><br>Коэффициент условий работы при сейсмике:1<br>Максимальный диаметр : 40<br>Минимальный диаметр : 6 |  |
| Конструктивные особенности стержня   |  |
| Определимость системы <input type="radio"/> статически определимая<br><input checked="" type="radio"/> статически неопределимая  |  |
| Расчетные длины <input type="radio"/> коэффициент<br><input checked="" type="radio"/> длина<br>LY 0 м LZ 0 м   |  |
| Случайные эксцентриситеты <input checked="" type="checkbox"/> рассчитать программно<br>EY 0 см<br>EZ 0 см  |  |
| Конструктивные особенности<br>стержень<br><input checked="" type="checkbox"/> не учитывать конструктивные  |  |
| Коэффициент условий работы для учета сейсмического воздействия табл.6 п. 5.14 СП   |  |
| Проверка на прочность (без учета наклонных сечений)<br>1   | Проверка на прочность наклонных сечений<br>1                           |
| Коэффициенты условий работы бетона (п.6.1.12)  |  |
| $\gamma_{b1}$<br>1.0   | $\gamma_{b3}$<br>0.85  |
| $\gamma_{b5}$<br>1   |  |
| Максимальный процент армирования<br>10 %   | Коэффициент надежности по ответственности (п.9 ГОСТ Р 54257-2010)<br>1 |
| II предельное состояние  |  |
| Ширина раскрытия трещин  |  |
| <input checked="" type="checkbox"/> провести расчет  | Кратковременных 0.04 см<br>Длительных 0.04 см                          |
| <input checked="" type="checkbox"/> диаметр стержней 10  |  |
| <input checked="" type="checkbox"/> учет ползучести  |  |
| Относительная влажность<br>80 %  |  |

Рисунок 8.16 Параметры конструирования железобетонных стержней для СП 63–13330–2012

Параметры конструирования железобетонных стержней для СП 63–13330–2012 (рисунок 8.16), кроме указанных ранее общих разделов, имеет несколько собственных:

- **Коэффициент условий работы для учета сейсмического воздействия табл. 6 п. 5.14 СП 63-13330-2012** – дополнительные коэффициенты условий работы для учета сейсмического воздействия при расчете на прочность нормальных и наклонных сечений;
- **Коэффициенты условий работы бетона (п. 6.1.12)** – задаются коэффициенты  $\gamma_{b1}$ ,  $\gamma_{b3}$  и  $\gamma_{b5}$  [8.12, п. 6.1.12];
- **Коэффициент надежности по ответственности (п. 9 ГОСТ Р 54257–2010)** – коэффициент, на который умножаются усилия, действующие в сечении по первой группе предельных состояний;
- **Относительная влажность** – используется при расчете на ползучесть (включенный флажок **учет ползучести**) [8.12, п. 6.1.15].

Параметры конструирования стержневых элементов согласно Eurocode 2

Параметры конструирования железобетонных стержней для Eurocode 2 (рисунок 8.17) имеет тот же набор общих разделов. Единственным исключением выступает появившаяся возможность задавать тип заполнителя бетона [8.2, п. 3.1.3(2)].

| Параметры конструирования железобетонных стержней   |  |   |
|---|--|---|
| Нормы<br>Еврокод 2  |  |   |
| Имя   | Описание   |   |
| <input checked="" type="checkbox"/>   | ж.б. стержень Еврокод 2  |   |
| Бетон   |  |   |
| Класс бетона по прочности<br>C25/30   | Тип заполнителя<br>кварцевый   |   |
| Характеристики бетона<br>Класс бетона : C25/30<br>Нормы : Еврокод<br>Модуль упругости : 3.1611E+06 тс/м <sup>2</sup><br>Нормативное сопротивление бетона осевому сжатию: 2549.3 тс/м <sup>2</sup><br>Гарантированная прочность бетона: 3059.1 тс/м <sup>2</sup><br>Прочность бетона на осевое сжатие: 3365.1 тс/м <sup>2</sup><br>Прочность бетона на осевое растяжение: 265.13 тс/м <sup>2</sup><br>Нормативное сопротивление бетона осевому растяжению, соответствующее 5% квантилю статистического распределения: 183.55 тс/м <sup>2</sup><br>Нормативное сопротивление бетона осевому растяжению, соответствующее 95% |  |   |
| Продольная арматура   |  |   |
| Класс арматуры<br>A400C   |  |   |
| Характеристики арматуры<br>Класс арматуры : A400C<br>Нормы : Еврокод 2<br>Модуль упругости : 2.1414E+07 тс/м <sup>2</sup><br>Коэффициент температурного расширения : 1.2E-05<br>Характеристическое значение прочности на растяжение: 40789 тс/м <sup>2</sup><br>Расчетное значение прочности на растяжение: 35486 тс/м <sup>2</sup><br>Расчетные предельные деформации напряжения: 0.025<br>Коэффициент условий работы при сейсмике: 1.2<br>Максимальный диаметр : 40<br>Минимальный диаметр : 6  |  |   |
| Поперечная арматура   |  |   |
| Класс арматуры<br>A400C   |  |   |
| Характеристики арматуры<br>Класс арматуры : A400C<br>Нормы : Еврокод 2<br>Модуль упругости : 2.1414E+07 тс/м <sup>2</sup><br>Коэффициент температурного расширения : 1.2E-05<br>Характеристическое значение прочности на растяжение: 40789 тс/м <sup>2</sup><br>Расчетное значение прочности на растяжение: 35486 тс/м <sup>2</sup><br>Расчетные предельные деформации напряжения: 0.025<br>Коэффициент условий работы при сейсмике: 1.2<br>Максимальный диаметр : 40<br>Минимальный диаметр : 6  |  |   |
| Конструктивные особенности стержня  |  |   |
| Определимость системы <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="radio"/> статически определяемая</li> <li><input checked="" type="radio"/> статически неопределяемая</li> </ul>   |  |   |
| Расчетные длины <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="radio"/> коэффициент</li> <li><input checked="" type="radio"/> длина</li> </ul> LY 0 м LZ 0 м   |  |   |
| Случайные эксцентриситеты <ul style="list-style-type: none"> <li><input checked="" type="checkbox"/> рассчитать программно</li> </ul>   |  |   |
| Конструктивные особенности <ul style="list-style-type: none"> <li>стержень</li> <li><input checked="" type="checkbox"/> не учитывать конструктивные</li> </ul>  |  |   |
| Коэффициенты условий работы бетона  |  |   |
| Коэффициент, учитывающий влияние длительности приложения нагрузки на  | Коэффициент, учитывающий влияние длительности приложения нагрузки на | Коэффициент надежности на сжатие для бетона (первое предельное состояние) |
| $\alpha_{cc}$ 1   | $\alpha_{ct}$ 1  | $\gamma_c$ 1.3  |
| Коэффициенты условий работы арматуры  |  |   |
| Для продольной арматуры   |  | Для поперечной арматуры   |
| $\gamma_s$ 1.5  |  | $\gamma_s$ 1.5  |
| Максимальный процент армирования  |  |   |
| 10 %  |  |   |
| II предельное состояние   |  |   |
| Ширина раскрытия трещин   |  |   |
| <input checked="" type="checkbox"/> провести расчет   | Максимальная ширина раскрытия трещин                                 | Длительных<br>0.04 см<br>Кратковременных<br>0.04 см                       |
|   | $W_{max}$  |   |
|   | <input checked="" type="checkbox"/> диаметр стержней 10              |   |
| Ползучесть  |  |   |
| <input checked="" type="checkbox"/> учет ползучести   | Относительная влажность  | 80 %  |
|   | Возраст бетона   | 25550 дня(дней)   |
|   | T( $\Delta t$ )  | 28 °C   |
|   | Тип цемента  | нормального и быстрого твер.  |

Рисунок 8.17 Параметры конструирования железобетонных стержней для Eurocode 2

К собственным разделам задания свойств параметров конструирования для Eurocode 2 относятся:

- **Коэффициенты условий работы бетона** – задаются следующие коэффициенты:
  - коэффициент, учитывающий влияние длительности приложения нагрузки на прочность бетона при сжатии  $\alpha_{cc}$  [8.2, п. 3.1.6];
  - коэффициент, учитывающий влияние длительности приложения нагрузки на прочность бетона при растяжении  $\alpha_{ct}$  [8.2, п. 3.1.6];
  - коэффициент надежности на сжатие для бетона (первое предельное состояние)  $\gamma_c$  [8.2, п. 3.1.6];
- **Коэффициенты условий работы арматуры** для продольной и поперечной арматуры;
- **Ползучесть** – задание параметров для учета влияния ползучести [8.2, п.п. 3.1.2(9), 7.3.4, В.1]:

- относительная влажность;
- возраст бетона;
- $\Delta T(t)$ ;
- тип цемента.

Параметры конструирования стержневых элементов согласно ДСТУ Б В.2.6–156:2010 и ДСТУ-Н Б В.2.6–185:2012

Параметры конструирования железобетонных стержней для ДСТУ Б В.2.6–156:2010 и ДСТУ-Н Б В.2.6–185:2012 имеют одинаковый вид (рисунок 8.18) и состоят из общих разделов задания свойств параметров конструирования (**Определимость системы, Расчетные длины, Случайные эксцентриситеты, Конструктивные особенности, Максимальный процент армирования**) и своих собственных. При этом разделы материалов визуально отличаются от представленных в остальных нормах: в них нет области отображения характеристик – для их просмотра нужно нажать кнопку **Характеристики**.

| Параметры конструирования железобетонных стержней                                      |  |   |   |
|--|--|---|---|
| Нормы  |  |   |   |
| ДСТУ Б В.2.6-156:2010  |  |   |   |
| Имя  |  | Описание  |   |
| <input checked="" type="checkbox"/> ж.б. стержень ДСТУ Б В.2.6-156:2                   |  |   |   |
| Бетон  |  |   |   |
| Класс бетона по прочности  | Коэффициенты условий работы бетона   |   |   |
| C25/30   | Коэффициент, учитывающий влияние длительности приложения нагрузки на прочность бетона при сжатии     | $\alpha_{cc}$   | 1   |
| Тип заполнителя  | Коэффициент, учитывающий влияние длительности приложения нагрузки на прочность бетона при растяжении | $\alpha_{ct}$   | 1   |
| кварцевый  | Коэффициент надежности на сжатие для бетона (первое предельное состояние)                            | $\gamma_c$  | 1.3   |
| <input type="button" value="Характеристики"/>  | Коэффициент, учитывающий характер разрушения бетонных конструкций                                    | $\gamma_{c2}$   | 1   |
|  | Коэффициент, учитывающий бетонирование в вертикальном положении, при высоте шара бетона больше 1.5 м | $\gamma_{c3}$   | 1   |
|  | Коэффициент надежности на растяжение для бетона (первое предельное состояние)                        | $\gamma_{ct}$   | 1.5   |
| Продольная арматура  |  | Поперечная арматура   |   |
| Класс арматуры   | <input type="button" value="Характеристики"/>  | Класс арматуры  | <input type="button" value="Характеристики"/> |
| A240C  |  | A400C   |   |
| Коэффициент надежности для арматуры (первое предельное состояние)                      |  | Коэффициент надежности для арматуры (первое предельное состояние) |   |
| $\gamma_s$ 1.5   |  | $\gamma_s$ 1.5  |   |
| Конструктивные особенности   |  |   |   |
| Конструктивные особенности   |  | Случайные эксцентриситеты   |   |
| стержень   | <input checked="" type="checkbox"/> рассчитать программно  | EY 0  | см  |
| <input checked="" type="checkbox"/> не учитывать конструктивные особенности            |  | EZ 0  | см  |
| Расчетные длины  |  | Максимальный процент армирования                                  |   |
| <input type="radio"/> коэффициент  | <input checked="" type="radio"/> длина   | 10 %  |   |
| LY 0 м   | LZ 0 м   |   |   |
| Тип диаграммы деформаций   |  | Определимость системы   |   |
| <input checked="" type="radio"/> Двухлинейная  | <input type="radio"/> статически определимая   | <input checked="" type="radio"/> статически неопределимая         |   |
| <input type="radio"/> Криволинейная  |  |   |   |
| Коэффициенты условий работы  |  |   |   |
| Коэффициент снижения прочности материалов при знакопеременных сейсмических нагрузках   | табл.6.12 ДБН В1.1-12:2014*  | $\gamma_s$  | 1   |
| Коэффициент учета сейсмичности при проверке на прочность (без учета наклонных сечений) | табл.6.13 ДБН В1.1-12:2014*  | $m_1$   | 1   |
| Коэффициент учета сейсмичности при проверке на прочность наклонных сечений             | табл.6.13 ДБН В1.1-12:2014*  | $m_2$   | 1   |
| Коэффициент ответственности для расчетов по первой группе предельных состояний         | табл.5 ДБН В1.2-14:2009*   | $\gamma_{n1}$   | 1   |
| Коэффициент ответственности для расчетов по второй группе предельных состояний         | табл.5 ДБН В1.2-14:2009*   | $\gamma_{n2}$   | 1   |
| Коэффициент ответственности для расчетов на аварийные сочетания с учетом сейсмичности  | табл.5 ДБН В1.2-14:2009*   | $\gamma_{na}$   | 1   |
| Коэффициент надежности модели для расчетов по первой группе предельных состояний       | п.7.6.1 ДБН В1.2-14:2009*  | $\gamma_{d1}$   | 1   |
| Коэффициент надежности модели для расчетов по второй группе предельных состояний       | п.7.6.1 ДБН В1.2-14:2009*  | $\gamma_{d2}$   | 1   |
| II предельное состояние  |  |   |   |
| <input checked="" type="checkbox"/> провести расчет                                    |  | <input type="checkbox"/> учет ползучести                          |   |
| Ширина раскрытия трещин  |  |   | Относительная влажность                       |
| <input checked="" type="checkbox"/> диаметр стержней                                   | Максимальная ширина раскрытия трещин   | $W_{max}$   | 80 %  |
| 10   |  |   |   |
|  |  | Длительных<br>0.04 см   |   |

Рисунок 8.18 Параметры конструирования железобетонных стержней для ДСТУ Б В.2.6–156:2010

Раздел **Бетон** предоставляет возможность по выбору класса бетона и типа заполнителя [8.3, п. 3.1.2.2]. Также в этом разделе задаются **Коэффициенты условий работы бетона**:

- Коэффициент, учитывающий влияние длительности приложения нагрузки на прочность бетона при сжатии  $\alpha_{cc}$  [8.3, п. 3.1.5.1];
- Коэффициент, учитывающий влияние длительности приложения нагрузки на прочность бетона при растяжении  $\alpha_{ct}$  [8.3, п. 3.1.5.2];
- Коэффициент надежности на сжатие (первое предельное состояние)  $\gamma_c$  [8.3, п. 3.1.5.1];
- Коэффициент, учитывающий характер разрушения бетонных конструкций  $\gamma_{c2}$  [8.5, п. 3.1.2.5; 8.4, п. 6.1.2.5];
- Коэффициент, учитывающий бетонирование в вертикальном положении, при высоте шара бетона выше 1.5 м,  $\gamma_{c3}$  [8.5, п. 3.1.2.5; 8.4, п. 6.1.2.5];
- Коэффициент надежности на растяжение (первое предельное состояние)  $\gamma_{ct}$  [8.3, п. 3.1.5.2].

Разделы **Продольная арматура** и **Поперечная арматура** имеют схожий вид и функциональность: выбор класса арматуры, отображение характеристик и задание коэффициента надежности для первого предельного состояния  $\gamma_s$  [8.5, п. 3.2.1.4; 8.4, п. 6.2.3].

В разделе **Коэффициенты условий работы** можно задавать следующие коэффициенты:

- Коэффициент снижения прочности материалов при знакопеременных сейсмических нагрузках  $\gamma_s$  [8.7, табл. 6.12];
- Коэффициент учета сеймики при проверке на прочность (без учета наклонных сечений)  $m_1$  [8.7, табл. 6.13];
- Коэффициент учета сеймики при проверке на прочность наклонных сечений  $m_2$  [8.6, табл. 5];
- Коэффициент ответственности для расчетов по первой группе предельных состояний  $\gamma_{N1}$  [8.6, табл. 5];
- Коэффициент ответственности для расчетов по второй группе предельных состояний  $\gamma_{N2}$  [8.6, табл. 5];
- Коэффициент ответственности для расчетов на аварийные сочетания с учетом сеймики  $\gamma_{NA}$  [8.6, табл. 5];
- Коэффициент надежности модели для расчетов по первой группе предельных состояний  $\gamma_{d1}$  [8.6, п. 7.6.1];
- Коэффициент надежности модели для расчетов по второй группе предельных состояний  $\gamma_{d2}$  [8.6, п. 7.6.1].

В разделе **II предельное состояние**, кроме задания диаметра стержней и ширины раскрытия трещин, имеется возможность задания относительной влажности, на основании которой будет выбран нужный коэффициент ползучести [8.3, табл. 3.1].

### Параметры конструирования стержневых элементов согласно ACI 318–11

Панель **Параметры конструирования железобетонных стержней** для ACI 318–11 (рисунок 8.19) не имеет своих уникальных разделов для задания свойств параметров конструирования, но в то же время изменяет устоявшуюся схему работы с некоторыми разделами.

Рисунок 8.19 Параметры конструирования железобетонных стержней для ACI 318–11

В первую очередь, здесь изменен список вариантов выпадающего списка **Конструктивные особенности**:

- **стержень** – конструктивные требования отсутствуют. Учет влияния прогибов выполняется;
- **балка** – конструктивные требования для балки. Учет влияния прогибов не выполняется;
- **колонна со спиральной арматурой** – конструктивные требования для колонны. Учет влияния продольной силы выполняется. Коэффициент снижения несущей способности  $\phi = 0.75$  [8.1, п. 9.3.2];
- **колонна с хомутами** – конструктивные требования для колонны. Учет влияния продольной силы выполняется. Коэффициент снижения несущей способности  $\phi = 0.65$  [8.1, п. 9.3.2].

Второй особенностью является только одно поле редактирования **Ширины раскрытия трещин** в разделе **II предельное состояние**.

Третья особенность - в разделе **Характеристики бетона** присутствует поле для ввода **Плотности** бетона. Ее величина влияет на тип бетона, что в свою очередь влияет на значения механических характеристик бетона [8.1, п. 8.6.1].

### Задание конструирования для плитных элементов

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

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

Область заголовка (рисунок 8.20) предоставляет пользователю возможности для задания следующих параметров:

- **Имя** – служит для удобства навигации в списке параметров конструирования и при работе с расчетной схемой (смотри 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.



Рисунок 8.20 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, будет начат подбор площади арматуры;
- **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 неактивен – флажок **провести расчет** не отмечен. После активации 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.

### Параметры конструирования пластинчатых элементов согласно СНиП 2.03.01–84

**Параметры конструирования железобетонных пластин** для СНиП 2.03.01–84 (рисунок 8.21) кроме указанных ранее разделов имеет несколько собственных:

- **Коэффициент условий работы арматуры (СНиП 2.03.01–84\* табл. 24)** – коэффициенты условий работы продольной и поперечной арматуры [8.14, п. 2.28];
- **Коэффициент условий работы для учета сейсмического воздействия табл. 7 СНиП II–7–81\*** – дополнительные коэффициенты условий работы для учета сейсмического воздействия при расчете на прочность нормальных и наклонных сечений [8.15, п. 2.14];

| Параметры конструирования железобетонных плит   |                           | Конструктивные особенности   |   |
|---|---------------------------|--|---|
| Нормы   |                           | Продавливание  |   |
| СНиП 2.03.01-84   |                           | Максимальный   | 5 %   |
| Имя   |                           | Минимальный  | 0.05 %                                      |
| Описание  |                           | Шаг поперечных стержней при продавливании  |   |
| <input checked="" type="checkbox"/> ж.б. пластина СНиП 2.03.01-84                       |                           | 1 м  |   |
| Тпс   |                           | Определимость системы  |   |
|   |                           | <input type="radio"/> Статически определяемая  |   |
|   |                           | <input checked="" type="radio"/> Статически неопределяемая                           |   |
|   |                           | Коэффициент условий работы для учета сейсмического воздействия табл. 7 СНиП II-7-81* |   |
|   |                           | Проверка на прочность (без учета наклонных)  | Проверка на прочность наклонных сечений     |
|   |                           | 1  | 1   |
|   |                           | Коэффициенты условий работы бетона (СНиП 2.03.01-84* табл. 15)                       |   |
|   |                           | Условия эксплуатации бетона  | Произведение коэффициентов из табл. 15 СНиП |
|   |                           | благоприятные для нарастания прочности   | 0.7225                                      |
|   |                           | Коэффициент условий работы арматуры (СНиП 2.03.01-84* табл. 24)                      |   |
|   |                           | Для продольной арматуры по оси X   | Для продольной арматуры по оси Y            |
|   |                           | 1  | 1   |
|   |                           | Для поперечной арматуры  |   |
|   |                           | 1  |   |
|   |                           | II предельное состояние  |   |
|   |                           | <input checked="" type="checkbox"/> провести расчет                                  |   |
|   |                           | Ширина раскрытия трещин  |   |
|   |                           | Кратковременных  | $a_{cre1}$ 0.04 см                          |
|   |                           | Длительных   | $a_{cre2}$ 0.04 см                          |
|   |                           | <input type="radio"/> диаметр стержней   |   |
|   |                           | <input checked="" type="radio"/> шаг стержней 20 см                                  |   |
| <b>Бетон</b>  |                           |  |   |
| Тип бетона  | Класс бетона по прочности |  |   |
| Тяжелый естественного твердения   | B25                       |  |   |
| Характеристики бетона   |                           |  |   |
| Класс бетона : B25  |                           |  |   |
| Нормы : СНиП 2.03.01-84   |                           |  |   |
| Тип бетона : Тяжелый естественного твердения  |                           |  |   |
| Модуль упругости : 3.0591E+06 тс/м <sup>2</sup>   |                           |  |   |
| Коэффициент Пуассона : 0.2  |                           |  |   |
| Модуль сдвига : 1.2746E+06 тс/м <sup>2</sup>  |                           |  |   |
| Коэффициент температурного расширения : 1E-05   |                           |  |   |
| <b>Продольная арматура по оси X</b>   |                           |  |   |
| Класс арматуры  |                           |  |   |
| A-III   |                           |  |   |
| Характеристики арматуры   |                           |  |   |
| Класс арматуры : A-III  |                           |  |   |
| Нормы : СНиП 2.03.01-84   |                           |  |   |
| Модуль упругости : 2.0394E+07 тс/м <sup>2</sup>   |                           |  |   |
| Коэффициент Пуассона : 0.28   |                           |  |   |
| Модуль сдвига : 7.9665E+06 тс/м <sup>2</sup>  |                           |  |   |
| Коэффициент температурного расширения : 1.2E-05   |                           |  |   |
| Расчетное сопротивление на растяжение для продольной арматуры : 36200 тс/м <sup>2</sup> |                           |  |   |
| <b>Продольная арматура по оси Y</b>   |                           |  |   |
| Класс арматуры  |                           |  |   |
| A-III   |                           |  |   |
| Характеристики арматуры   |                           |  |   |
| Класс арматуры : A-III  |                           |  |   |
| Нормы : СНиП 2.03.01-84   |                           |  |   |
| Модуль упругости : 2.0394E+07 тс/м <sup>2</sup>   |                           |  |   |
| Коэффициент Пуассона : 0.28   |                           |  |   |
| Модуль сдвига : 7.9665E+06 тс/м <sup>2</sup>  |                           |  |   |
| Коэффициент температурного расширения : 1.2E-05   |                           |  |   |
| Расчетное сопротивление на растяжение для продольной арматуры : 36200 тс/м <sup>2</sup> |                           |  |   |
| <b>Поперечная арматура</b>  |                           |  |   |
| Класс арматуры  |                           |  |   |
| A-III   |                           |  |   |
| Характеристики арматуры   |                           |  |   |
| Класс арматуры : A-III  |                           |  |   |
| Нормы : СНиП 2.03.01-84   |                           |  |   |
| Модуль упругости : 2.0394E+07 тс/м <sup>2</sup>   |                           |  |   |
| Коэффициент Пуассона : 0.28   |                           |  |   |
| Модуль сдвига : 7.9665E+06 тс/м <sup>2</sup>  |                           |  |   |
| Коэффициент температурного расширения : 1.2E-05   |                           |  |   |
| Расчетное сопротивление на растяжение для продольной арматуры : 36200 тс/м <sup>2</sup> |                           |  |   |

Рисунок 8.21 Параметры конструирования железобетонных пластин для СНиП 2.03.01–84

- **Коэффициент условий работы бетона (СНиП 2.03.01–84\* табл. 15)** – задается произведение коэффициентов, кроме  $\gamma_{b2}$  и  $\gamma_{b4}$ , а также **Условия эксплуатации бетона** [8.14 п. 2.13].

*Параметры конструирования пластинчатых элементов согласно СП 63–13330–2012*

В **Параметрах конструирования железобетонных пластин** для СП 63–13330–2012 (рисунок 8.22) к собственным свойствам причисляют:

- **Коэффициент условий работы для учета сейсмического воздействия табл. 6 п. 5.14 СП 14.13330.2014** – дополнительные коэффициенты условий работы для учета сейсмического воздействия при расчете на прочность нормальных и наклонных сечений;
- **Коэффициенты условий работы бетона (п. 6.1.12)** – задаются коэффициенты  $\gamma_{b1}$ ,  $\gamma_{b3}$  и  $\gamma_{b5}$  [8.12, п. 6.1.12];
- **Коэффициент надежности по ответственности (п. 9 ГОСТ Р 54257–2010)** – коэффициент, на который умножаются усилия, действующие в сечении по первой группе предельных состояний;
- **Относительная влажность** – используется при расчете на ползучесть (включенный флажок **учет ползучести**) [8.12, п. 6.1.15].

| Параметры конструирования железобетонных плит  |  | Конструктивные особенности  |  |
|--|--|---|--|
| Нормы<br>СП 63-13330-2012 (СНиП 52-01-2003)  |  | Процент армирования<br>Максимальный 5 %<br>Минимальный 0.05 %   |  |
| Имя Описание<br><input checked="" type="checkbox"/> ж.б. плита СП 63-13330-2012 (С 1nc   |  | Коэффициент условий работы поперечной   |  |
| <b>Бетон</b><br>Тип бетона: Тяжелый<br>Класс бетона по прочности: B25<br>Характеристики бетона:<br>Класс бетона: B25<br>Нормы: СП 63-13330-2012 (СНиП 52-01-2003)<br>Тип бетона: Тяжелый<br>Модуль упругости: 3.0591E+06 тс/м <sup>2</sup><br>Коэффициент Пуассона: 0.2<br>Коэффициент температурного расширения: 1E-05<br>Расчетное сопротивление на сжатие: 1478.6 тс/м <sup>2</sup><br>Нормативное сопротивление на сжатие: 1886.5 тс/м <sup>2</sup>  |  | Проверка на прочность (без учета наклонных) 1<br>Проверка на прочность наклонных сечений 1  |  |
| <b>Продольная арматура по оси X</b><br>Класс арматуры: A400<br>Характеристики арматуры:<br>Класс арматуры: A400<br>Нормы: СП 63-13330-2012 (СНиП 52-01-2003)<br>Модуль упругости: 2.0394E+07 тс/м <sup>2</sup><br>Коэффициент Пуассона: 0.28<br>Коэффициент температурного расширения: 1.2E-05<br>Расчетное сопротивление на растяжение для продольной арматуры: 35690 тс/м <sup>2</sup><br>Расчетное сопротивление на растяжение для поперечной арматуры: 28552 тс/м <sup>2</sup><br>Расчетное сопротивление на сжатие: 35690 тс/м <sup>2</sup> |  | Определимость системы<br><input type="radio"/> Статически определяемая<br><input checked="" type="radio"/> Статически неопределимая   |  |
| <b>Продольная арматура по оси Y</b><br>Класс арматуры: A400<br>Характеристики арматуры:<br>Класс арматуры: A400<br>Нормы: СП 63-13330-2012 (СНиП 52-01-2003)<br>Модуль упругости: 2.0394E+07 тс/м <sup>2</sup><br>Коэффициент Пуассона: 0.28<br>Коэффициент температурного расширения: 1.2E-05<br>Расчетное сопротивление на растяжение для продольной арматуры: 35690 тс/м <sup>2</sup><br>Расчетное сопротивление на растяжение для поперечной арматуры: 28552 тс/м <sup>2</sup><br>Расчетное сопротивление на сжатие: 35690 тс/м <sup>2</sup> |  | Шаг поперечных стержней при продавливании 1 м   |  |
| <b>Поперечная арматура</b><br>Класс арматуры: A400<br>Характеристики арматуры:<br>Класс арматуры: A400<br>Нормы: СП 63-13330-2012 (СНиП 52-01-2003)<br>Модуль упругости: 2.0394E+07 тс/м <sup>2</sup><br>Коэффициент Пуассона: 0.28<br>Коэффициент температурного расширения: 1.2E-05<br>Расчетное сопротивление на растяжение для продольной арматуры: 35690 тс/м <sup>2</sup><br>Расчетное сопротивление на растяжение для поперечной арматуры: 28552 тс/м <sup>2</sup><br>Расчетное сопротивление на сжатие: 35690 тс/м <sup>2</sup>          |  | Коэффициент условий работы для учета сейсмического воздействия табл. 6 п. 5.14 СП 14.13330.2014<br>Проверка на прочность (без учета наклонных) 1<br>Проверка на прочность наклонных сечений 1 |  |
|  |  | Коэффициенты условий работы бетона (п.6.1.12)<br>$\gamma_{b1}$ 1.0 $\gamma_{b3}$ 0.85 $\gamma_{b5}$ 1   |  |
|  |  | Коэффициент надежности по ответственности (п.9 ГОСТ Р 54257-2010)<br>1  |  |
|  |  | II предельное состояние<br><input checked="" type="checkbox"/> провести расчет  |  |
|  |  | Ширина раскрытия трещин<br>Кратковременных 0.04 см<br>Длительных 0.04 см  |  |
|  |  | <input type="radio"/> диаметр стержней<br><input checked="" type="radio"/> шаг стержней 20 см   |  |
|  |  | <input checked="" type="checkbox"/> учет ползучести   |  |
|  |  | Относительная влажность<br>80 %   |  |

Рисунок 8.22. Параметры конструирования железобетонных пластин для СП 63–13330–2012

### Параметры конструирования пластинчатых элементов согласно Eurocode 2

| Параметры конструирования железобетонных плит   |   | Конструктивные особенности  |   |
|---|---|---|---|
| Нормы<br>Еврокод 2  |   | Процент армирования   |   |
| Имя<br><input checked="" type="checkbox"/> ж.б. плита Euroкод 2   |   | Максимальный 5 %<br>Минимальный 0.05 %  |   |
| Описание<br>Inc   |   | Продавливание   |   |
| Бетон   |   | Шаг поперечных стержней при продавливании<br>1 м  |   |
| Класс бетона по прочности<br>C25/30   | Тип заполнителя<br>кварцевый  | Коэффициенты условий работы бетона  |   |
| Характеристики бетона<br>Класс бетона : C25/30<br>Нормы : Еврокод<br>Модуль упругости : 3.1611E+06 тс/м <sup>2</sup><br>Нормативное сопротивление бетона осевому сжатию: 2549.3 тс/м <sup>2</sup><br>Гарантированная прочность бетона: 3059.1 тс/м <sup>2</sup><br>Прочность бетона на осевое сжатие: 3365.1 тс/м <sup>2</sup><br>Прочность бетона на осевое растяжение: 265.13 тс/м <sup>2</sup><br>Нормативное сопротивление бетона осевому растяжению, соответствующее 5% квантилю статистического распределения: 183.55 тс/м <sup>2</sup> |   | $\alpha_{cc}$ 1<br>$\alpha_{ct}$ 1<br>$\gamma_c$ 1.3  | Коэффициент, учитывающий влияние длительности приложения нагрузки на прочность бетона при сжатии<br>Коэффициент, учитывающий влияние длительности приложения нагрузки на прочность бетона при растяжении<br>Коэффициент надежности на сжатие для бетона (первое предельное состояние) |
| Продольная арматура по оси X  |   | Коэффициенты условий работы арматуры  |   |
| Класс арматуры<br>A400C   | Характеристики арматуры<br>Класс арматуры : A400C<br>Нормы : Еврокод 2<br>Модуль упругости : 2.1414E+07 тс/м <sup>2</sup><br>Коэффициент температурного расширения : 1.2E-05<br>Характеристическое значение прочности на растяжение: 40789 тс/м <sup>2</sup><br>Расчетное значение прочности на растяжение: 35486 тс/м <sup>2</sup><br>Расчетные предельные деформации напряжения: 0.025<br>Коэффициент условий работы при сейсмике: 1.2<br>Максимальный диаметр : 40 | Для продольной арматуры по оси X<br>$\gamma_{sx}$ 1.5   | Для продольной арматуры по оси Y<br>$\gamma_{sy}$ 1.5   |
| Продольная арматура по оси Y  |   | Для поперечной арматуры<br>$\gamma_s$ 1.5   |   |
| Класс арматуры<br>A400C   | Характеристики арматуры<br>Класс арматуры : A400C<br>Нормы : Еврокод 2<br>Модуль упругости : 2.1414E+07 тс/м <sup>2</sup><br>Коэффициент температурного расширения : 1.2E-05<br>Характеристическое значение прочности на растяжение: 40789 тс/м <sup>2</sup><br>Расчетное значение прочности на растяжение: 35486 тс/м <sup>2</sup><br>Расчетные предельные деформации напряжения: 0.025<br>Коэффициент условий работы при сейсмике: 1.2<br>Максимальный диаметр : 40 | II предельное состояние   |   |
| Поперечная арматура   |   | Ширина раскрытия трещин   |   |
| Класс арматуры<br>A400C   | Характеристики арматуры<br>Класс арматуры : A400C<br>Нормы : Еврокод 2<br>Модуль упругости : 2.1414E+07 тс/м <sup>2</sup><br>Коэффициент температурного расширения : 1.2E-05<br>Характеристическое значение прочности на растяжение: 40789 тс/м <sup>2</sup><br>Расчетное значение прочности на растяжение: 35486 тс/м <sup>2</sup><br>Расчетные предельные деформации напряжения: 0.025<br>Коэффициент условий работы при сейсмике: 1.2<br>Максимальный диаметр : 40 | Максимальная ширина раскрытия трещин<br>$W_{max}$   | Длительных 0.04 см<br>Кратковременных 0.04 см   |
| <input checked="" type="checkbox"/> провести расчет   |   | <input type="radio"/> диаметр стержней<br><input checked="" type="radio"/> шаг стержней 20 см |   |
| <input checked="" type="checkbox"/> учет ползучести   |   | Ползучесть  |   |
|   |   | Относительная влажность 80 %  |   |
|   |   | Возраст бетона 25550 дня(дней)  |   |
|   |   | T( $\Delta t$ ) 28 °C   |   |
|   |   | Тип цемента нормального и быстрого твердения  |   |

Рисунок 8.23 Параметры конструирования железобетонных пластин для Eurocode 2

Параметры конструирования железобетонных пластин для Eurocode 2 (рисунок 8.23) имеет все тот же набор общих разделов. Единственным исключением выступает появившаяся возможность задания типа заполнителя бетона [8.2, п. 3.1.3(2)]. К собственным разделам задания свойств параметров конструирования для Eurocode 2 относятся:

- **Коэффициенты условий работы бетона** – задаются следующие коэффициенты:
  - Коэффициент, учитывающий влияние длительности приложения нагрузки на прочность бетона при сжатии  $\alpha_{cc}$  [8.2, п. 3.1.6];
  - Коэффициент, учитывающий влияние длительности приложения нагрузки на прочность бетона при растяжении  $\alpha_{ct}$  [8.2, п. 3.1.6];
  - Коэффициент надежности на сжатие для бетона (первое предельное состояние)  $\gamma_c$  [8.2, п. 3.1.6];
- **Коэффициенты условий работы арматуры** для продольной и поперечной арматуры;

• **Ползучесть** – задание параметров для учета влияния ползучести [8.2, п.п. 3.1.2(9), 7.3.4, В.1]:

- **Относительная влажность;**
- **Возраст бетона;**
- $\Delta T(t)$ ;
- **Тип цемента.**

*Параметры конструирования пластинчатых элементов согласно ДСТУ Б В.2.6–156:2010 и ДСТУ-Н Б В.2.6–185:2012*

Параметры конструирования железобетонных плит

Нормы  
 ДСТУ Б В.2.6-156:2010

Имя Описание  
 ж.б. пластина ДСТУ Б В.2.6-156:2 1пс

**Материалы**

**Бетон**

|                                     |  |               |     |
|-------------------------------------|--|---------------|-----|
| Класс бетона по прочности<br>C25/30 | Коэффициенты условий работы бетона   |               |     |
| Тип заполнителя<br>кварцевый        | Коэффициент, учитывающий влияние длительности приложения нагрузки на прочность бетона при сжатии     | $\alpha_{cc}$ | 1   |
| Характеристики                      | Коэффициент, учитывающий влияние длительности приложения нагрузки на прочность бетона при растяжении | $\alpha_{ct}$ | 1   |
|                                     | Коэффициент надежности на сжатие для бетона (первое предельное состояние)                            | $\gamma_c$    | 1.3 |
|                                     | Коэффициент, учитывающий характер разрушения бетонных конструкций                                    | $\gamma_{c2}$ | 1   |
|                                     | Коэффициент, учитывающий бетонирование в вертикальном положении, при высоте шара бетона больше 1.5 м | $\gamma_{c3}$ | 1   |
|                                     | Коэффициент надежности на растяжение для бетона (первое предельное состояние)                        | $\gamma_{ct}$ | 1.3 |

**Продольная арматура**

|   |                |   |                |
|---|----------------|---|----------------|
| вдоль оси X<br>Класс арматуры<br>A400C  | Характеристики | вдоль оси Y<br>Класс арматуры<br>A400C  | Характеристики |
| Коэффициент надежности для арматуры (первое предельное состояние)<br>$\gamma_s$ 1.5 |                | Коэффициент надежности для арматуры (первое предельное состояние)<br>$\gamma_s$ 1.5 |                |

**Поперечная арматура**

|                         |                |   |
|-------------------------|----------------|---|
| Класс арматуры<br>A400C | Характеристики | Коэффициент надежности для арматуры (первое предельное состояние)<br>$\gamma_s$ 1.5 |
|-------------------------|----------------|---|

**Конструктивные особенности**

|  |   |
|--|---|
| Тип диаграммы деформаций   | Определимость системы   |
| <input checked="" type="radio"/> Двухлинейная<br><input type="radio"/> Криволинейная | <input type="radio"/> Статически определимая<br><input checked="" type="radio"/> Статически неопределимая |

**Коэффициенты условий работы**

|  |                              |               |   |
|--|------------------------------|---------------|---|
| Коэффициент снижения прочности материалов при знакопеременных сейсмических нагрузках   | табл. 6.12 ДБН В1.1-12:2014* | $\gamma_s$    | 1 |
| Коэффициент учета сейсмичности при проверке на прочность (без учета наклонных сечений) | табл. 6.13 ДБН В1.1-12:2014* | $m_1$         | 1 |
| Коэффициент учета сейсмичности при проверке на прочность наклонных сечений             | табл. 6.13 ДБН В1.1-12:2014* | $m_2$         | 1 |
| Коэффициент ответственности для расчетов по первой группе предельных состояний         | табл. 5 ДБН В1.2-14:2009*    | $\gamma_{n1}$ | 1 |
| Коэффициент ответственности для расчетов по второй группе предельных состояний         | табл. 5 ДБН В1.2-14:2009*    | $\gamma_{n2}$ | 1 |
| Коэффициент ответственности для расчетов на аварийные сочетания с учетом сейсмичности  | табл. 5 ДБН В1.2-14:2009*    | $\gamma_{na}$ | 1 |
| Коэффициент надежности модели для расчетов по первой группе предельных состояний       | п. 7.6.1 ДБН В1.2-14:2009*   | $\gamma_{d1}$ | 1 |
| Коэффициент надежности модели для расчетов по второй группе предельных состояний       | п. 7.6.1 ДБН В1.2-14:2009*   | $\gamma_{d2}$ | 1 |

**II предельное состояние**

провести расчет        учет ползучести

|  |                                      |           |   |      |
|--|--------------------------------------|-----------|---|------|
| <input type="radio"/> диаметр стержней<br><input checked="" type="radio"/> шаг стержней<br>20 см | Ширина раскрытия трещин              |           | Относительная влажность                             |      |
|  | Максимальная ширина раскрытия трещин | $W_{max}$ | Кратковременных<br>0.04 см<br>Длительных<br>0.04 см | 80 % |

Рисунок 8.24 Параметры конструирования железобетонных пластин для ДСТУ Б В.2.6–156:2010

• **Параметры конструирования железобетонных пластин** для ДСТУ Б В.2.6–156:2010 и ДСТУ-Н Б В.2.6–185:2012 имеют одинаковый вид (рисунок 8.24) и состоят из общих разделов задания свойств параметров конструирования (**Определимость системы, Максимальный процент армирования, Минимальный процент армирования**) и своих собственных. При этом разделы материалов визуально отличаются от представленных в остальных нормах: в них нет области отображения характеристик – для их просмотра нужно нажать кнопку **Характеристики**;

• раздел **Бетон** предоставляет возможность по выбору класса бетона и типа заполнителя, который влияет на величину модуля упругости [8.2, п. 3.1.2.2]. Также в этом разделе задаются **Коэффициенты условий работы бетона**:

- коэффициент, учитывающий влияние длительности приложения нагрузки на прочность бетона при сжатии  $\alpha_{cc}$  [8.3, п. 3.1.5.1];
- коэффициент, учитывающий влияние длительности приложения нагрузки на прочность бетона при растяжении  $\alpha_{ct}$  [8.3, п. 3.1.5.2];
- коэффициент надежности на сжатие (первое предельное состояние)  $\gamma_c$  [8.3, п. 3.1.5.1];
- коэффициент, учитывающий характер разрушения бетонных конструкций  $\gamma_{c2}$  [8.5, п. 3.1.2.5; 8.4, п. 6.1.2.5];
- коэффициент, учитывающий бетонирование в вертикальном положении, при высоте шара бетона выше 1.5 м  $\gamma_{c3}$  [8.5, п. 3.1.2.5; 8.4, п. 6.1.2.5];
- коэффициент надежности на растяжение (первое предельное состояние)  $\gamma_{ct}$  [8.3, п. 3.1.5.2].

Разделы **Продольная арматура** и **Поперечная арматура** имеют схожий вид и функциональность: выбор класса арматуры, отображение характеристик и задание коэффициента надежности для первого предельного состояния  $\gamma_s$  [8.5, п. 3.2.1.4; 8.4, п. 6.2.3].

В разделе **Коэффициенты условий работы** можно задавать следующие коэффициенты:

- Коэффициент снижения прочности материалов при знакопеременных сейсмических нагрузках  $\gamma_s$  [8.7, табл. 6.12];
- Коэффициент учета сеймики при проверке на прочность (без учета наклонных сечений)  $m_1$  [8.7, табл. 6.13];
- Коэффициент учета сеймики при проверке на прочность наклонных сечений  $m_2$  [8.6, табл. 5];
- Коэффициент ответственности для расчетов по первой группе предельных состояний  $\gamma_{M1}$  [8.6, табл. 5];
- Коэффициент ответственности для расчетов по второй группе предельных состояний  $\gamma_{N2}$  [8.6, табл. 5];
- Коэффициент ответственности для расчетов на аварийные сочетания с учетом сеймики  $\gamma_{NA}$  [8.6, табл. 5];
- Коэффициент надежности модели для расчетов по первой группе предельных состояний  $\gamma_{d1}$  [8.6, п. 7.6.1];
- Коэффициент надежности модели для расчетов по второй группе предельных состояний  $\gamma_{d2}$  [8.6, п. 7.6.1].

В разделе **II предельное состояние** кроме задания диаметра стержней и ширины раскрытия трещин имеется возможность задания относительной влажности, на основании которой будет выбран нужный коэффициент ползучести [8.3, табл. 3.1].

*Параметры конструирования пластинчатых элементов согласно ACI 318–11*

**Параметры конструирования железобетонных пластин** для ACI 318–11 (рисунок 8.25) не имеет своих уникальных разделов для задания свойств параметров конструирования, но в то же время изменяет устоявшуюся схему работы с некоторыми разделами.

Особенностью является только одно поле редактирования ширины раскрытия трещин в разделе **II предельное состояние**. В разделе **Продавливание** появляется возможность задания коэффициента  $\alpha_s$ , учитывающего расположение колонны относительно плиты.

Также в разделе **Характеристики бетона** присутствует поле для ввода **Плотности** бетона. Ее величина влияет на тип бетона, что в свою очередь влияет на значения механических характеристик бетона [8.1, п. 8.6.1].

| Параметры конструирования железобетонных плит   |                                     |
|---|-------------------------------------|
| Нормы<br>ACI 318-11   |                                     |
| Имя   | Описание                            |
| <input checked="" type="checkbox"/> ж.б. пласина ACI 318-11   | 1пс                                 |
| Характеристики бетона   |                                     |
| Класс бетона по прочности<br>3500(24)   | Плотность, тс/м <sup>3</sup><br>2.4 |
| Класс бетона : 3500(24)<br>Плотность : 2.4 тс/м <sup>3</sup><br>Модуль упругости : 2.5256E+06 тс/м <sup>2</sup><br>Прочность бетона на осевое сжатие : 2447.3 тс/м <sup>2</sup><br>Модуль разрыва : 309.73 тс/м <sup>2</sup><br>Максимальные деформации сжатия : 0.003  |                                     |
| Продольная арматура по оси X  |                                     |
| Класс арматуры<br>A615 Grade60  |                                     |
| Класс арматуры : A615 Grade60<br>Плотность : 7.875 тс/м <sup>3</sup><br>Модуль упругости : 2.0394E+07 тс/м <sup>2</sup><br>Минимальный предел текучести : 42828 тс/м <sup>2</sup><br>Минимальное сопротивление растяжению : 63222 тс/м <sup>2</sup><br>Максимальные деформации растяжения : 0.0021<br>Максимальный диаметр : 57<br>Минимальный диаметр : 10 |                                     |
| Продольная арматура по оси Y  |                                     |
| Класс арматуры<br>A615 Grade60  |                                     |
| Класс арматуры : A615 Grade60<br>Плотность : 7.875 тс/м <sup>3</sup><br>Модуль упругости : 2.0394E+07 тс/м <sup>2</sup><br>Минимальный предел текучести : 42828 тс/м <sup>2</sup><br>Минимальное сопротивление растяжению : 63222 тс/м <sup>2</sup><br>Максимальные деформации растяжения : 0.0021<br>Максимальный диаметр : 57<br>Минимальный диаметр : 10 |                                     |
| Характеристики поперечной арматуры  |                                     |
| Класс арматуры<br>A615 Grade60  |                                     |
| Класс арматуры : A615 Grade60<br>Плотность : 7.875 тс/м <sup>3</sup><br>Модуль упругости : 2.0394E+07 тс/м <sup>2</sup><br>Минимальный предел текучести : 42828 тс/м <sup>2</sup><br>Минимальное сопротивление растяжению : 63222 тс/м <sup>2</sup><br>Максимальные деформации растяжения : 0.0021<br>Максимальный диаметр : 57<br>Минимальный диаметр : 10 |                                     |
| Конструктивные особенности  |                                     |
| Продавливание   |                                     |
| Шаг поперечных стержней при продавливании<br>1 м  | $\alpha_s$ 40                       |
| Проценты армирования  |                                     |
| Минимальный<br>0.05 %   | Максимальный<br>5 %                 |
| II предельное состояние   |                                     |
| <input checked="" type="checkbox"/> провести расчет   |                                     |
| Ширина раскрытия трещин   |                                     |
| <input type="radio"/> диаметр стержней  |                                     |
| <input checked="" type="radio"/> шаг стержней<br>20 см  | 0.04 см                             |

**Рисунок 8.25 Параметры конструирования железобетонных пластин для ACI 318–11**

**8.2.2 Расчет**

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

 *Задание и редактирование исходных данных в Редакторе параметров конструирования возможно, как в Исходных данных, так и в Результатах расчета. В режиме Результатов расчета допускается многократное изменение параметров конструирования.*

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 нагрузжений и других нормативных условий.

При применении 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  $\gamma_{b2} = 1,0$  [8.11, п. 3.1].

Площади арматуры по первой и второй группе предельных состояний вычисляются по полученным в результате расчета наборам усилий: от отдельных загрузжений, от расчетных сочетаний усилий (PCY), от расчетных сочетаний нагрузок (PCH). 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** (рисунок 8.26).

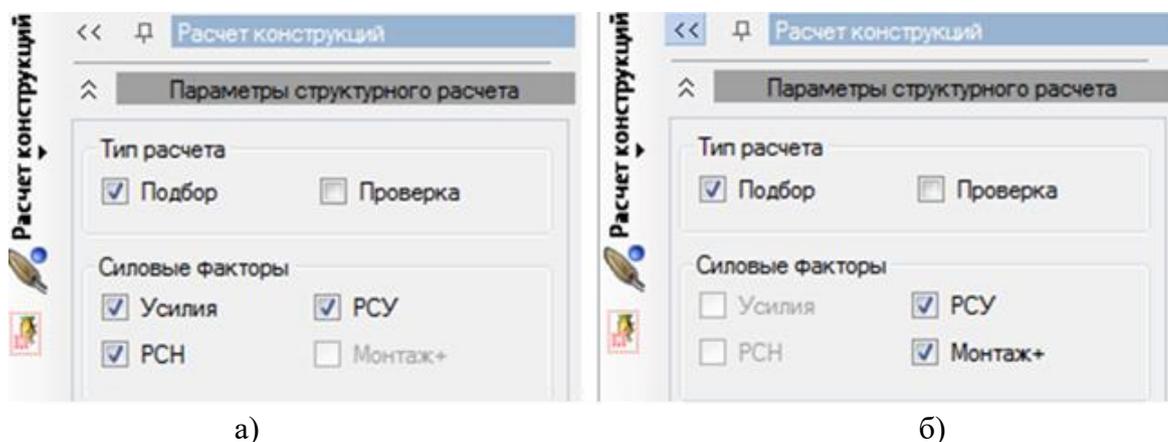


Рисунок 8.26 Выбор **Силовых факторов** при запуске **Расчета конструкций** на:  
 а) Усилия/PCH/PCY, б) PCY/Монтаж

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  $\varphi_n$ , 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  $\varphi_n$ .

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 находится 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 находится из условий равенства внешних и внутренних нормальных сил, и моментов согласно 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, находятся предельные усилия, воспринимаемые сечением с заданной продольной арматурой. **Процент использования (%)** определяется как частное от деления предельных усилий и фактических усилий (**N**) и (**M**) в сечении элемента.

#### *Проверка на крутящий момент*

Проверка производится следующим образом:

- производится подбор продольной арматуры из условий ее работы на изгиб (**M<sub>y</sub>**) и (**M<sub>z</sub>**) и нормальную силу (**N**);
  - по методике выбранного норматива производится подбор площади поперечной арматуры (**A<sub>swZ</sub>**) и (**A<sub>swY</sub>**) на действие поперечных сил (**Q<sub>z</sub>**) и (**Q<sub>y</sub>**);
  - продольная арматура, указанная пользователем, состоит из арматуры, работающей на изгиб (**M<sub>y</sub>**) и (**M<sub>z</sub>**), нормальную силу (**N**) и кручение (**M<sub>x</sub>**). 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;

- 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;
- производится подбор фактической площади продольной и поперечной арматуры, работающей на кручение ( $M_x$ ). Требуемая арматура должна превышать вычисленную фактическую арматуру;
- для получения **Процента использования (%)** сечения на крутящий момент ( $M_x$ ), программа делит фактическую арматуру, полученную в результате подбора на крутящий момент, на требуемую арматуру, обретенную 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 результаты будет записано худшее из них.

### *Проверка на раскрытие трещин*

Используется продольная арматура, заданная пользователем. На эту арматуру производится расчет ширины раскрытия трещин. **Процент использования (%)** есть 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 раздельном учете каждого

из направлений усилий ( $Q_x$  соответствует  $A_{swX}$ ,  $Q_y$  соответствует  $A_{swY}$ ,  $Q_{xy} = \sqrt{Q_x^2 + Q_y^2}$  соответствует  $A_{swXY}$ ).

### 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 пункте 3.7.2 Создание и настройка таблиц. В этом пункте 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 (рисунок 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;
  - **Ly** – 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 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 пункта меню **Результаты** ⇨ **Железобетонные конструкции** (кнопка  на панели инструментов).

Панель **Железобетонные конструкции** (рисунок 8.27) 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;

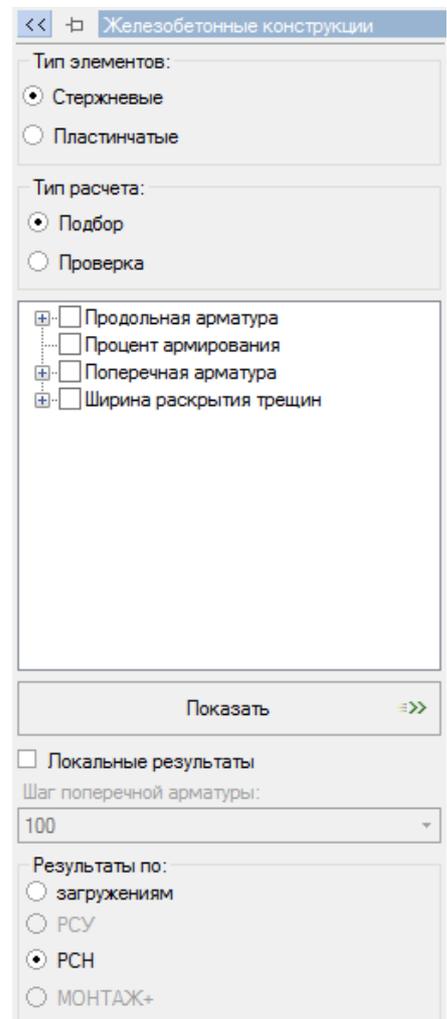


Рисунок 8.27 Панель режима **Железобетонные конструкции**

- **Шаг поперечной арматуры** – выпадающий 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 представляет собой список флажков, который зависит от выбранного типа расчета.

Для результатов подбора это будут: **Продольная арматура**, **Процент армирования**, **Поперечная арматура**, **Ширина раскрытия трещин** (рисунок 8.28, а). Каждый из этих флажков является составным (кроме **Процент армирования**) и может быть раскрыт кликом по значку плюса левее от него. 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 (смотри 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.

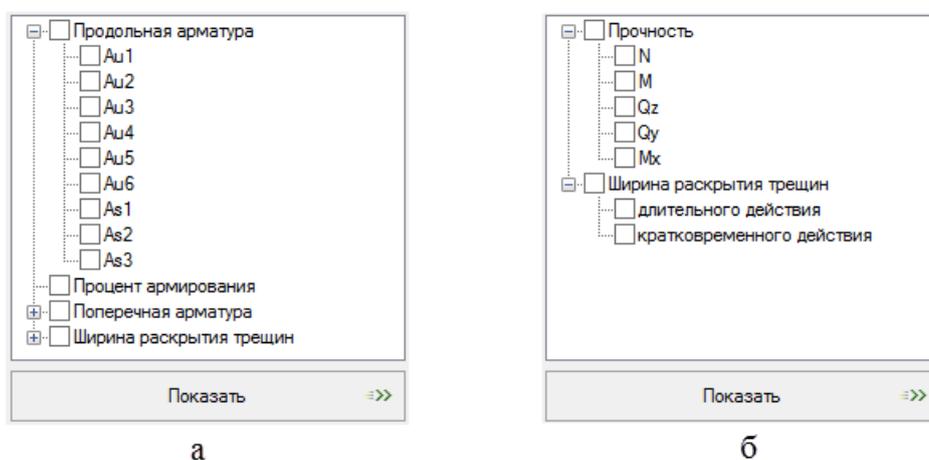


Рисунок 8.28 Категории результатов Стержневых элементов для **Подбора** (а) и **Проверки** (б)

Для типа расчета **Проверка** список флажков состоит из двух составных: **Прочность** и **Ширина раскрытия трещин** (рисунок 8.28, б). Эти флажки также составные и могут быть раскрыты.

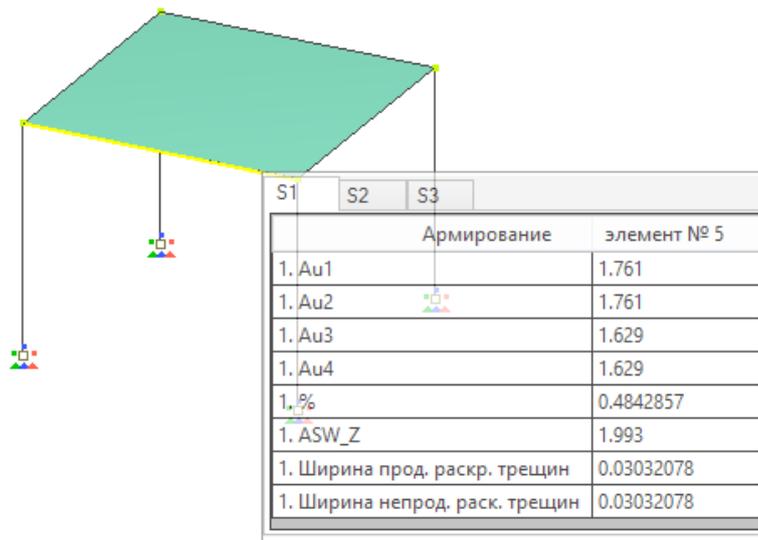
Флажок **Прочность** включает флажки для проверки по продольной силе (**N**), поперечным силам (**Qz**, **Qy**), изгибающему моменту (**M**). Для стержней добавляется еще и проверка по крутящему моменту (**Mx**). То есть, список флажков совпадает со списком колонок из таблиц результатов проверки железобетонных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

Флажок **Локальные результаты** определяет отображение локальных результатов на экране. Если флажок не отмечен, то при клике по выбранному элементу пользователю будет показано табличное окно результатов для данного элемента (рисунок 8.29).

 При выводе локальных результатов учитывается отмеченный **Тип элементов**: например, если отмечен пункт **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 пункта **Тип расчета**. Для стержней над таблицей результатов находятся вкладки, которые указывают, для какого расчетного сечения нужно вывести результаты (рисунок 8.29).



| S1 | S2 | S3 | 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  |

Рисунок 8.29 Окно табличных локальных результатов стержня для подбора

Если галочка **Локальные результаты** отмечена, при нажатии на элемент откроется форма **Результаты армирования**. В меню **Вид** (рисунок 8.30) 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 (рисунок 8.31);
- **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;
- **Единицы измерения** – отображает текущие единицы измерения площади арматуры;

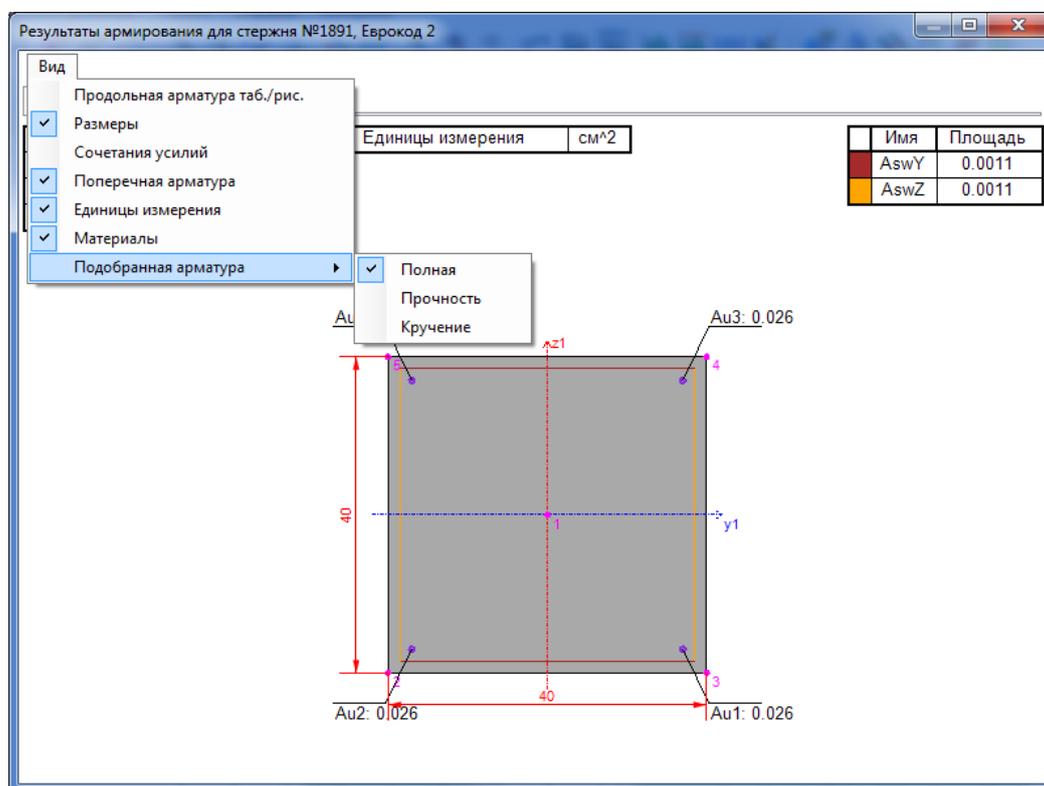


Рисунок 8.30 Меню **Вид** на форме **Результаты армирования**

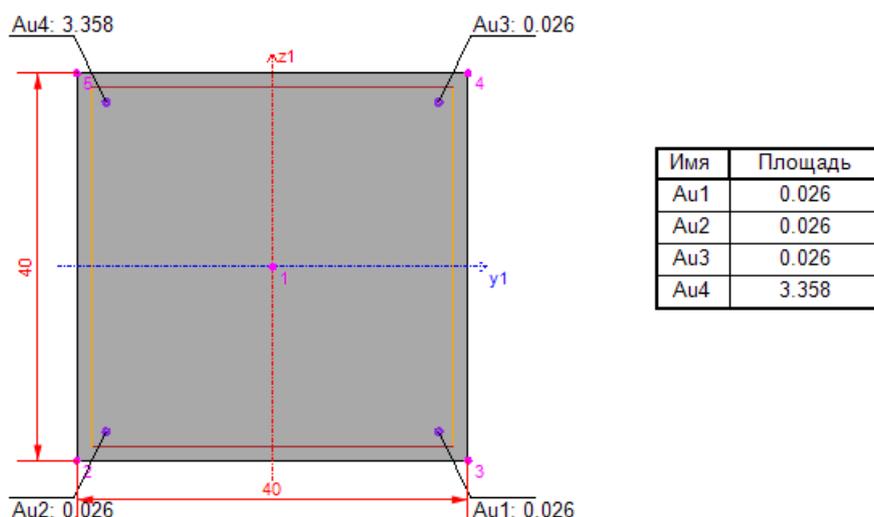


Рисунок 8.31 Отображение продольной арматуры

- **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**).

### 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 **Преобразовать результаты в исходные данные**, раздел **Преобразование подобранных сечений** (рисунок 8.32) (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 – пользователь увидит засеренные поля выбора силового фактора, а кнопка преобразования будет недоступной.*

После успешного выполнения конструктивного расчета железобетонных элементов режим примет следующий вид (рисунок 8.32):

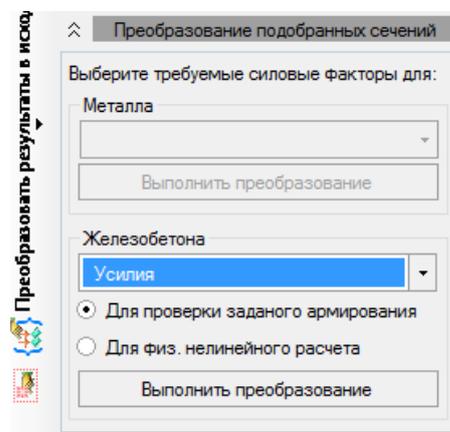


Рисунок 8.32 Вид панели **Преобразования подобранных сечений Железобетона**

### Задание параметров преобразования

В выпадающем списке выберите требуемый силовой фактор из доступных для преобразования (рисунок 8.33):

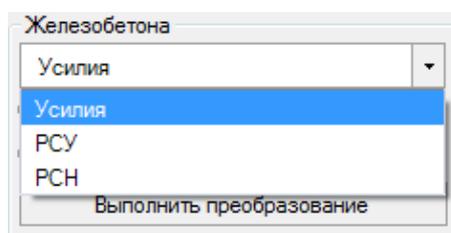


Рисунок 8.33 Выбор силового фактора преобразования Железобетона

Затем выберите один из вариантов цели 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**. Всплывающее окно опишет результат выполнения операции.

## 8.4 ПРОДАВЛИВАНИЕ БЕЗБАЛОЧНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЛИТ

### 8.4.1 Подготовка исходных данных

Перейти в режим Продавливание безбалочных ж/б плит можно с помощью меню **Конструирование** ⇒ **Продавливание безбалочных ж/б плит** или кнопки  на панели инструментов.

Панель активного режима **Продавливание безбалочных ж/б плит** состоит из трех выпадающих вкладок:

- **Список групп;**
- **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** (рисунок 8.34) 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.

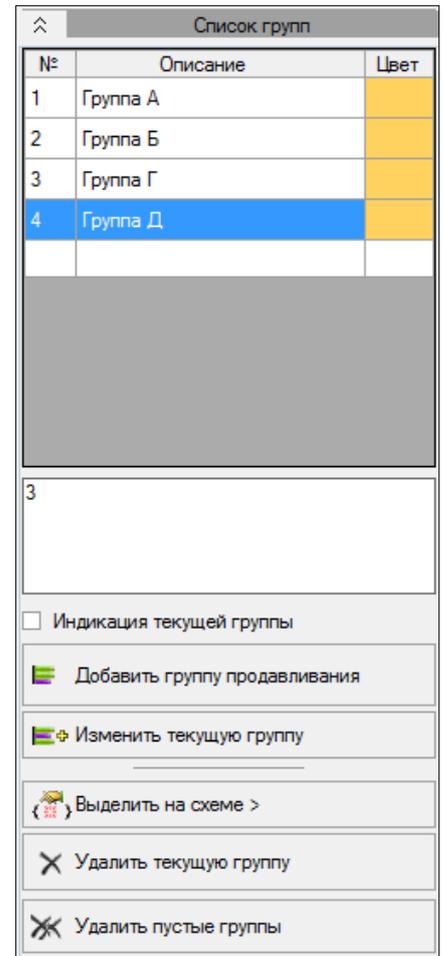


Рисунок 8.34 Вкладка **Список групп**

### Вкладка Редактирование контура продавливания

Вкладка **Редактирование контура продавливания** (рисунок 8.35) предназначена для создания и изменения контура продавливания в выбранных группах.

Активация 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**

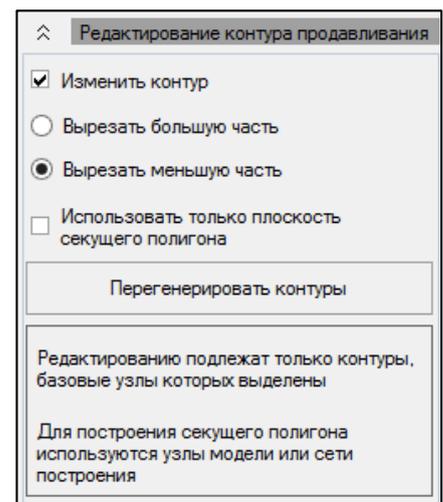


Рисунок 8.35 Вкладка **Редактирование контура продавливания**

**полигона.** Если этот флажок не активирован, то обрезаны будут все контуры, на которые попадет проекция секущего полигона вдоль глобальной оси Z. Если же флажок включен, то обрезанным будет только контур, находящийся в одной плоскости с секущим полигоном.

 *Отредактированными будут лишь те контуры, узлы которых выделены на расчетной схеме.*

### 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 в узел должна быть приложена сосредоточенная сила.

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

### 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:
  - $R_{z1}$  – 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.

При желании ход расчета для отдельно взятого контура можно отобразить на экране: **Результаты расчета** ⇨ **Продавливание безбалочных ж/б плит** ⇨ **Расчет и результаты**. Таблица с результатами формируется после проведения **Расчета на Продавливание**. Ход расчета открывается при нажатии на кнопку, расположенную в конце столбцов таблицы (рисунок 8.36).

| № группы | №№ узлов | №№ элементов           | Предупр. | Ошибки | Asw, см <sup>2</sup> | Asw*(u/Sw), см <sup>2</sup> | Sw, м  | u, 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                 |

Рисунок 8.36 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** (рисунок 8.37) 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 (рисунок 8.37). Затем нажать кнопку **Расчет**. После этого на панели результатов появится таблица результатов по группам продавливания (рисунок 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**.

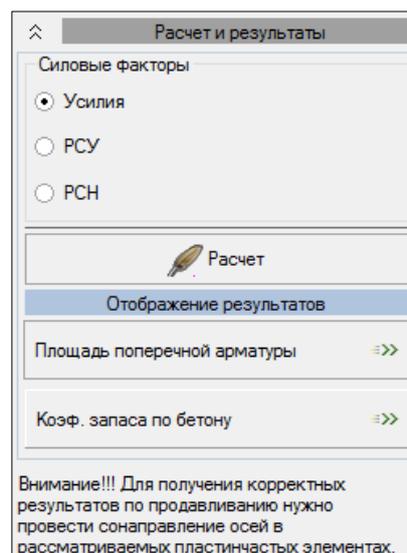


Рисунок 8.37 Вкладка **Расчет и результаты**

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.

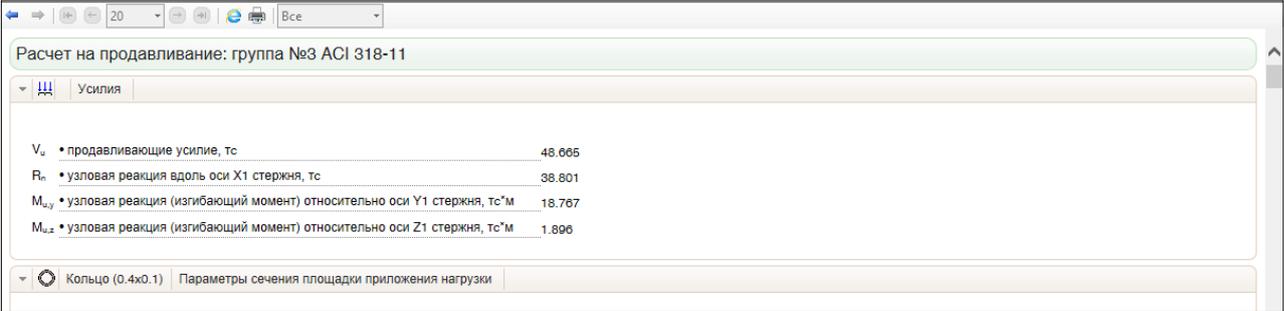
 Информацию об элементах управления таблицы результатов смотри в пункте 9.6 *Результаты расчета.*

Кроме этого, доступные таблицы результатов по группам появятся в режиме **Таблицы результатов** (рисунок 8.38).

| № группы | №№ узлов | №№ элементов | Asw (см <sup>2</sup> ) | Asw*(u/Sw) (см <sup>2</sup> ) | 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                |

Рисунок 8.38 Пример таблицы результатов из режима **Таблицы результатов**

Протокол расчета группы продавливания (рисунок 8.39) 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 одинаковый, но при этом имеются отличия в параметрах конструирования и материалах.



| Расчет на продавливание: группа №3 ACI 318-11 |   |        |
|---|---|--------|
| $V_u$   | • продавливающее усилие, тс   | 48.665 |
| $R_u$   | • узловая реакция вдоль оси X1 стержня, тс                              | 38.801 |
| $M_{u,y}$                                     | • узловая реакция (изгибающий момент) относительно оси Y1 стержня, тс*м | 18.767 |
| $M_{u,z}$                                     | • узловая реакция (изгибающий момент) относительно оси Z1 стержня, тс*м | 1.896  |

Кольцо (0.4x0.1) | Параметры сечения площадки приложения нагрузки

Рисунок 8.39 Пример протокола расчета группы продавливания

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