

## ГЛАВА 2. ОПИСАНИЕ ГРАФИЧЕСКОГО ИНТЕРФЕЙСА ДЛЯ СОЗДАНИЯ РАСЧЕТНЫХ СХЕМ

### 2.1 ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКОГО ИНТЕРФЕЙСА

#### 2.1.1 Описание рабочего окна

Рабочее окно ПК ЛИРА имеет вид:

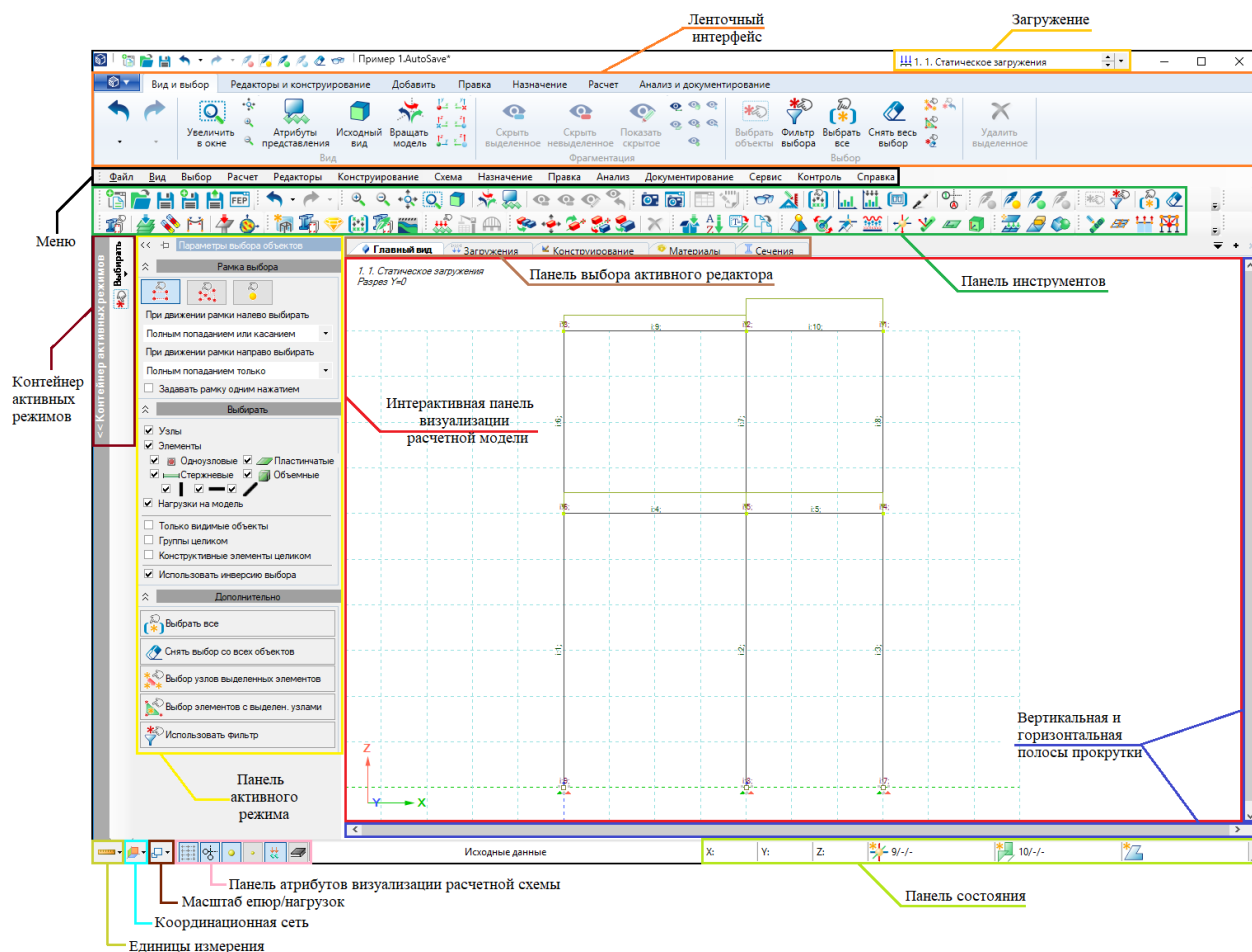


Рис. 2.1. Рабочее окно ПК ЛИРА

Строка заголовка содержит кнопки быстрого доступа к основным командам (создание нового проекта, открытие и сохранение проекта, запуск задачи на расчет и т.д.), а также раскрывающийся список загрузений, присвоенных данной расчетной модели, с отображением текущего вида загрузки. В строке заголовка окна также отображается имя файла, присвоенное при создании задачи. Если же имя не было присвоено, то задача по умолчанию получает название «Untitled 1,2,3,...».

Рабочее окно программы состоит из следующих разделов и инструментальных панелей:

- **Меню** — содержит ряд категорий, при выборе которых раскрывается выпадающий список операций, относящихся к данной категории.
- **Ленточный интерфейс** — тип интерфейса, основанный на панелях инструментов, разделенных вкладками, главной частью которого является модульная лента с пиктограмма-

ми вместо текстовых пунктов меню. При первом запуске ПК ЛИРА 10.8 ленточный интерфейс отсутствует. Для того чтобы настроить интерфейс в стиле ленты, в меню **Сервис** ⇨ **Настройки среды** установите флажок напротив команды **Лента**. Ленточный интерфейс ПК ЛИРА 10.8 является адаптивным, то есть автоматически подстраивается под текущие операции. При работе со схемой, в зависимости от выбранных инструментов и элементов схемы, на ленте над текущей вкладкой появляются контекстные вкладки. Они предоставляют быстрый доступ к релевантным инструментам, которые, скорее всего, понадобятся в следующий момент. Например, при работе с узлами, появляется контекстная вкладка **Узлы**.

- **Панель инструментов** — включает структурированный набор элементов управления (кнопок) для выполнения операций по созданию/редактированию расчетной схемы и анализу результатов расчета. Показать все панели инструментов, расположить их на позициях по умолчанию или выровнять их расположение можно через меню **Сервис** ⇨ **Настройки среды** ⇨ **Выставить**.

- **Контейнер активных режимов** — содержит список активных режимов, которые размещаются в порядке загрузки. При необходимости возврата в уже загруженный ранее режим, нужно щелкнуть левой кнопкой мыши по его иконке, при этом все выше находящиеся режимы в стеке будут удалены. В случае, если иконки режимов не помещаются в стек, появится пиктограмма для их сворачивания/разворачивания.

- **Панель выбора активного редактора** — позволяет переключаться между редакторами и созданными проекциями задачи.

- **Интерактивная панель визуализации расчетной модели** — это панель, где формируется расчетная схема, задаются нагрузки, выводятся результаты расчета и т.д. В левом верхнем углу отображается название активного нагружения и другая полезная информация, в нижнем — глобальная система координат.

- **Панель активного режима** — раскрывает полный функционал выбранного режима.

- **Панель состояния** — содержит информацию о количестве существующих/выбранных/скрытых узлов, элементов, архитектурных элементов и текущие координаты мыши в трехмерном пространстве расчетной схемы.

- **Вертикальная и горизонтальная полосы прокрутки** — позволяют перемещать визуальную область в необходимом направлении и содержат скроллер прокрутки.

- **Масштаб эпюр/нагрузок** — содержит настройки коэффициента масштабирования для визуализации нагрузок и эпюр усилий (рис. 2.2).

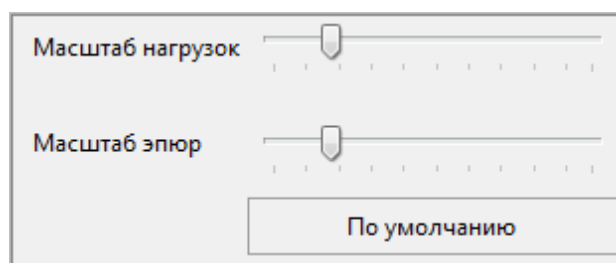



Рис. 2.2. Масштаб эпюр/нагрузок

- **Единицы измерения** — это панель настройки и выбора величин и их единиц измерения (рис. 2.3). В ней содержатся:

- выбор системы исчисления: СИ, Английская, Пользовательская;
- задание единиц измерения для каждого типа данных.

При помощи кнопок  можно задавать необходимое количество знаков после запятой и представлять число в экспоненциальной форме.

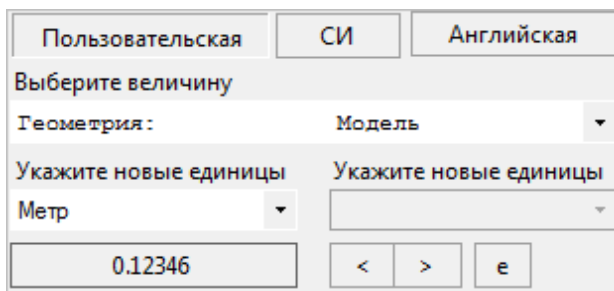


Рис. 2.3. Единицы измерения

• **Координационная сеть** — вспомогательный инструмент для создания и позиционирования фрагментов расчетной схемы относительно друг друга (рис. 2.4). Для редактирования стандартного вида сети можно изменять следующие параметры:

- выбор сети построения: квадратная, прямоугольная, полярная;
- задание параметров: шаг, количество, угол, радиус, по радиусу, по дуге;
- расположение в плоскостях параллельных координатным  $XOY$ ,  $XOZ$ ,  $YOZ$  или под углом к ним  $XYZ$ .

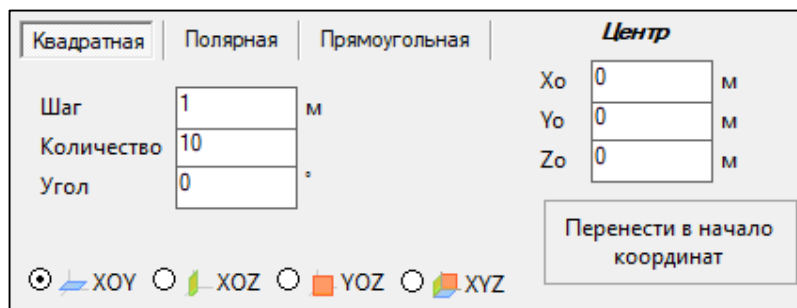


Рис. 2.4. Координационная сеть

• **Панель атрибутов визуализации расчетной схемы** — содержит ряд функций, необходимых для визуализации расчетной схемы.

### 2.1.2 Навигация в пространстве расчетной схемы


В ПК ЛИРА используется правая декартова система координат.

#### Вращение

Широкие возможности вращения позволяют комфортно работать как с большими проектами, так и с их фрагментами.

Для поворота расчетной схемы вокруг различных осей или выбора стандартной проекции просмотра нужно воспользоваться командой меню **Вид ⇨ Вращать модель** (рис. 2.5). Вращение схемы осуществляется на величину приращения угла относительно:

- глобальных осей  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$ ;
- текущей позиции по нужному направлению.

 Положительным считается поворот против часовой стрелки, а отрицательным — по часовой стрелке, если смотреть с конца оси.

Также в панели активного режима можно задать проекцию для представления расчетной схемы:

- по глобальной оси Z — представление расчетной схемы в проекции на плоскость XOY, -XOY;
- по глобальной оси Y — представление расчетной схемы в проекции на плоскость XOZ, -XOZ;
- по глобальной оси X — представление расчетной схемы в проекции на плоскость YOZ, -YOZ;
- исходный вид — представление расчетной схемы в диметрической проекции.

Операции по вращению модели возможно осуществлять, не находясь в активном режиме **Вращать модель**. Для этого необходимо воспользоваться сочетанием клавиш:

- **Ctrl + колесико мыши** — вращение относительно глобальных осей X, Y, Z;
- **Ctrl + левая кнопка мыши** — вращение относительно текущей позиции по нужному направлению;
- **Ctrl + E** — исходный вид.

Быстрый выбор проекции представления расчетной схемы возможен в контекстном меню (рис. 2.6), появляющемся при щелчке правой кнопкой мыши по рабочей области.


### Масштабирование

Еще одним важным инструментом при работе с расчетной схемой является масштабирование.

Чтобы пошагово уменьшить или увеличить схему (коэффициент уменьшения схемы для каждого шага 1.25), можно воспользоваться командой меню **Вид ⇨ Увеличить/Уменьшить панораму**.

Для размещения расчетной схемы с наиболее рациональным использованием площади рабочего окна необходимо выполнить команду **Вид ⇨ Вписать в окно**. Также для этого можно использовать сочетание клавиш **Ctrl+W**.

Для приближения/удаления расчетной схемы воспользуйтесь колесиком мыши, при этом масштабирование будет выполняться относительно точки, находящейся под указателем мыши.

Для более точного позиционирования фрагмента расчетной схемы воспользуйтесь командой **Вид ⇨ Увеличить в окне** либо же кнопкой  на панели инструментов.

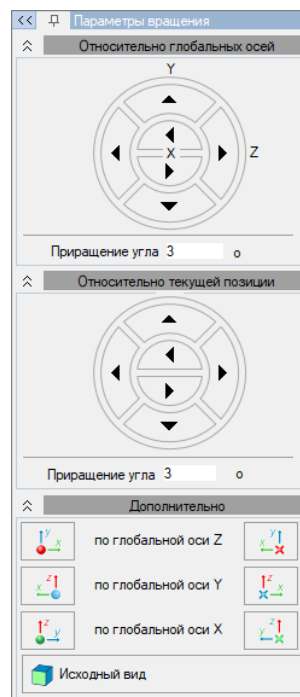


Рис. 2.5. Параметры вращения

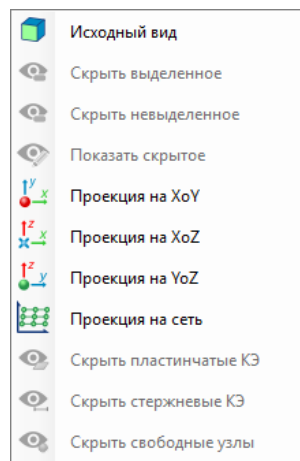


Рис. 2.6. Контекстное меню

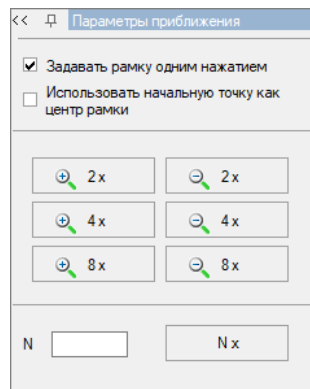


Рис. 2.7. Параметры приближения

Режим **Параметры приближения** (рис. 2.7) используется для более детальной настройки отображения расчетной схемы и имеет следующие возможности:

- **Задавать рамку одним нажатием** — захват нужной области производится одним нажатием левой кнопки мыши. Удерживая нажатой левую кнопку мыши, тянуть в требуемом направлении.

- **Использовать начальную точку как центр рамки** — увеличение относительно центра. Для выбора центра/начальной точки щелкнуть левой кнопкой мыши в нужном месте и потянуть в требуемом направлении.

### **Фрагментация**


При работе с расчетной схемой часто возникает потребность отобразить/скрыть те или иные фрагменты расчетной схемы. Для этого можно воспользоваться командой меню **Вид ⇨ Скрыть выделенное/невыделенное, Показать скрытое, Скрыть объемные КЭ /одноузловые КЭ/пластинчатые КЭ/стержневые КЭ/свободные узлы**.

Для удобства использования этот функционал также продублирован в контекстном меню, появляющемся при щелчке правой кнопкой мыши по рабочей области (рис. 2.6).

## 2.2 НАСТРОЙКИ РАБОЧЕЙ СРЕДЫ

Для комфортной работы программный комплекс ПК ЛИРА предоставляет пользователю широкие возможности по настройке рабочей среды.

Вызвать диалоговое окно настроек можно с помощью команды меню **Сервис** ⇒ **Настройки среды**.

 Для применения параметров нажмите кнопку **Подтвердить**. Чтобы закрыть диалоговое окно настроек без применения изменений, нажмите кнопку **Отмена**.

**Настройки рабочей среды** ⇒ вкладка **Расположение** (рис. 2.8)

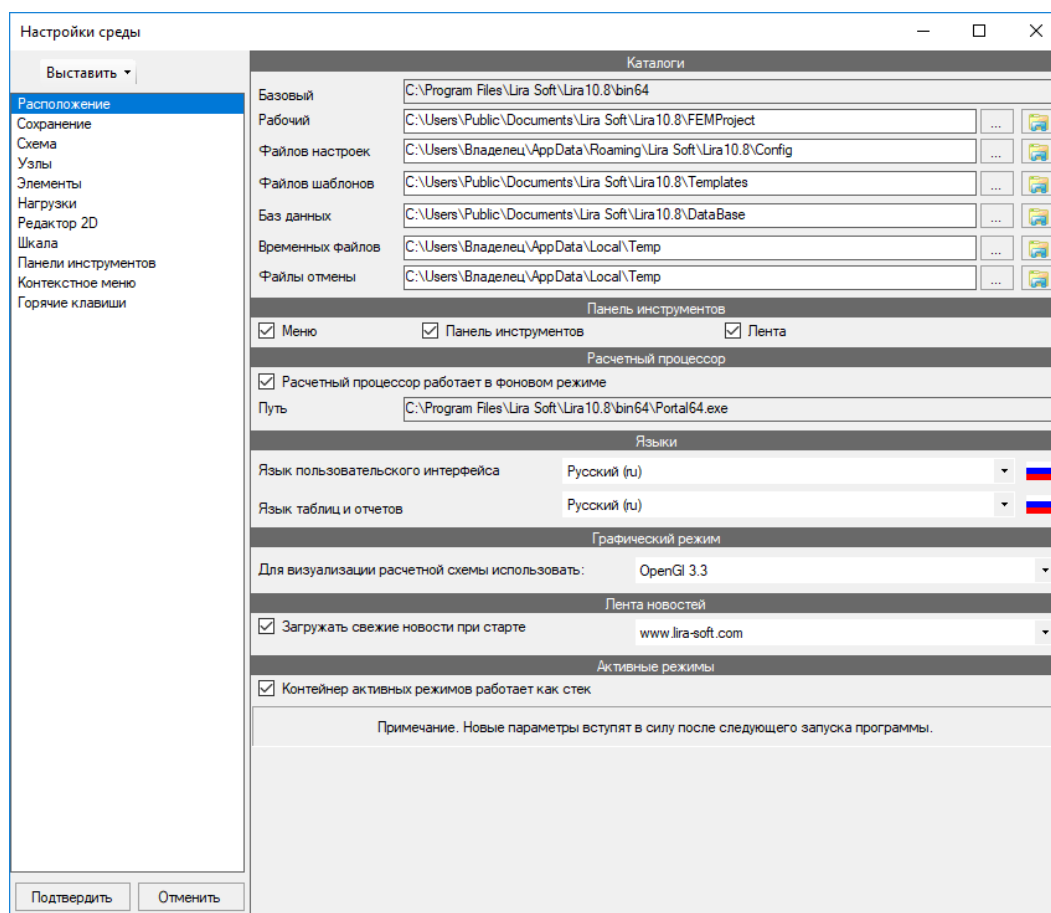



Рис. 2.8. Вкладка **Расположение**

Данная вкладка состоит из семи блоков.

В первом блоке, **Каталоги**, пользователь может просмотреть или изменить пути к стандартным каталогам ПК ЛИРА:

- **Базовый каталог** — место размещения главного исполняемого файла и файлов библиотек. Он не может быть изменен, так как этот путь задается на этапе инсталляции программы.
- **Рабочий каталог** — хранит файлы проектов/моделей, исходных данных, промежуточных результатов, а также результатов расчета программного комплекса.
- **Файлов настроек** — содержит файлы настроек программы.

- **Файлов шаблонов** — файлы шаблонов, используемых в ПК ЛИРА.
- **Баз данных** — файлы баз данных, используемых для моделирования и расчета пользовательских задач.
- **Временных файлов** — каталог, в который попадают временные файлы, созданные во время функционирования программного комплекса.
- **Файлы отмены** — файлы, которые используются для работы undo/redo.

 *Будьте внимательны! Редактирование путей к стандартным каталогам ПК ЛИРА может негативно повлиять на работу программы. Изменения этих параметров вступят в силу после перезагрузки программы.*


Второй блок, **Панель инструментов**, позволяет выбрать, в каком виде будут представлены инструменты пользовательского интерфейса. С помощью соответствующих флажков можно включить или выключить ленточный интерфейс, показать или скрыть панель инструментов или меню.

Третий блок, **Расчетный процессор**, дает возможность посмотреть путь к расчетному процессору, этот путь является неизменяемым.

Расчетный процессор может работать в двух режимах:


- **Расчетный процессор работает в фоновом режиме (выкл.)** — этот режим работы подразумевает запуск и работу расчетного процессора аналогично старым версиям. Вместо окна графической модели появляется окно расчетного процессора, которое показывает текущее состояние расчета.

- **Расчетный процессор работает в фоновом режиме (вкл.)** — этот режим работы характеризуется непрямым вызовом процессора. Окно расчетного процессора не появляется. За ходом расчета можно следить по интерактивному протоколу расчета, который будет отображаться в нижней части рабочего окна ПК ЛИРА. Если в процессе расчета вы увидите в протоколе сообщения, содержащие списки элементов или узлов на голубом фоне, то для быстрой отметки узлов или элементов из этих списков достаточно выполнить двойной щелчок мышью на сообщении.

 *Для изменения режимов работы процессора перезагрузка программы не требуется.*

В четвертом блоке, **Языки**, пользователь имеет возможность изменять языковые настройки.


Для смены языка интерфейса, таблиц и отчетов выберите в соответствующих раскрывающихся списках нужный язык.

 *Изменения этих параметров вступят в силу после перезагрузки программы.*

Пятый блок, **Графический режим**, позволяет пользователю выбрать версию **OpenGL**, которая будет использоваться при визуализации расчетной схемы. В текущей версии ПК ЛИРА доступно два режима:

- **OpenGL 1.1** — режим работы, использующий технологию OpenGL версии 1.1, которая работает в ранних версиях комплекса ЛИРА 10 и поддерживается большинством современных видеокарт.
- **OpenGL 3.3** — режим работы, использующий технологию OpenGL версии 3.3. Характеризуется значительным ускорением в работе по сравнению с предыдущим режимом. Все его преимущества проявляются при работе со схемами с большим количеством узлов и элементов.

Для установки нужного режима выберите соответствующий элемент в раскрывающемся списке.

 *Обратите внимание! При использовании режима OpenGL 3.3 программа автоматически проверит поддержку этой технологии вашей видеокартой. Если видеокарта не поддерживает данный режим, программа автоматически выберет графический режим по умолчанию — OpenGL 1.1. Для изменения указанных параметров перезагрузка программы не требуется.*

Шестой блок, **Лента новостей**, дает возможность включить или отключить отображение последних новостей от группы компаний «Лира». На выбор предоставляется два источника новостей: [www.lira-soft.com](http://www.lira-soft.com) или [www.lira10.com](http://www.lira10.com).

Седьмой блок, **Активные режимы**, определяет принцип работы контейнера активных режимов. При установленном флажке контейнер активных режимов работает как стек.

**Настройки рабочей среды** ⇨ вкладка **Сохранение** (рис. 2.9)

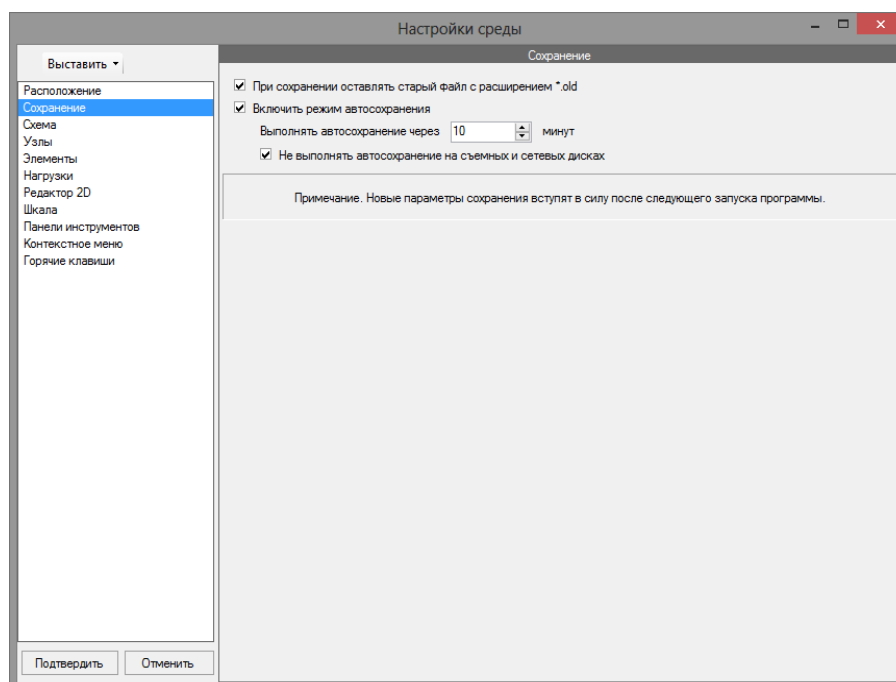


Рис. 2.9. Вкладка **Сохранение**



В текущей вкладке пользователь имеет возможность управлять политикой сохранения и автосохранения файлов проекта.

**При сохранении оставлять файл с расширением \*.old** — при повторном сохранении задачи у существующего на диске файла будет изменено расширение на \*.old.

**Включить режим автосохранения** — дает возможность пользователю избежать потери данных при аварийных сбоях, зависаниях операционной системы и т.д. При этом в папке проекта будет автоматически создан файл с расширением \*AutoSave. В него полностью будет записано текущее состояние модели.

**Выполнять автосохранение через** — задает интервал, через который происходит автоматическое сохранение задач.

**Не выполнять автосохранение на съемных и сетевых дисках.** При запуске задач большого размера со съемных/сетевых устройств существует вероятность того, что автосохранение может выполняться долгое время или завершится с ошибкой из-за ограничений по скорости записи на носитель, передачи данных через сетевое устройство, количества свободного пространства на накопителе. Поэтому пользователь может решить, каким образом программе следует поступать в данной ситуации.

 *Изменения этих параметров вступят в силу после перезагрузки программы.*

**Настройки рабочей среды** ⇔ вкладка **Схема** (рис. 2.10)

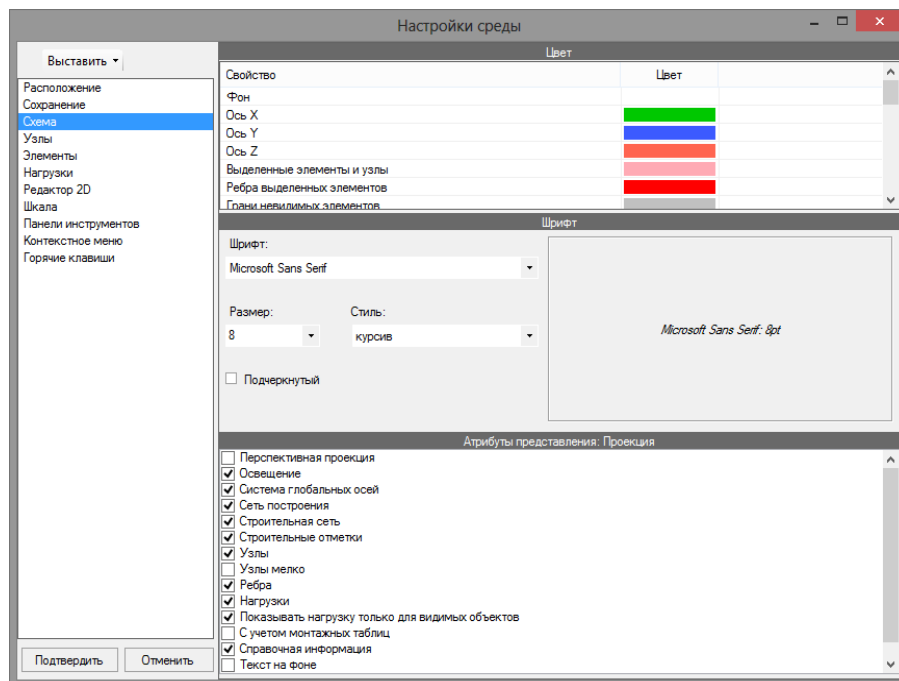


Рис. 2.10. Вкладка **Схема**


Данная вкладка разделена на три блока.

В первом блоке, **Цвет**, пользователь может подобрать для себя цветовую гамму, назначая требуемый цвет на нужный элемент графической схемы. Для этого пользователю нужно щелкнуть по требуемой ячейке и выбрать желаемый цвет.

Второй блок, **Шрифт**, позволяет задать основные характеристики текста в программе:

- **Шрифт** — задает тип шрифта текста/подписей в программе. Выберите требуемый элемент в раскрывающемся списке.
- **Размер** — задает размер символов выбранного шрифта. Для того чтобы задать требуемый размер, выберите соответствующий элемент в раскрывающемся списке.
- **Стиль** — устанавливает требуемый стиль. Для того чтобы задать стиль, выберите соответствующий элемент в раскрывающемся списке.
- **Подчеркнутый** — добавляет подчеркивание под символом.

В третьем блоке, **Атрибуты представления: Проекция**, указываются умалчиваемые атрибуты представления, которые будут автоматически назначаться всем вновь созданным проекциям, в том числе и при создании новой расчетной схемы.

 Для изменения этих параметров перезагрузка программы не требуется.

**Настройки рабочей среды** ⇔ вкладка **Узлы** (рис. 2.11)

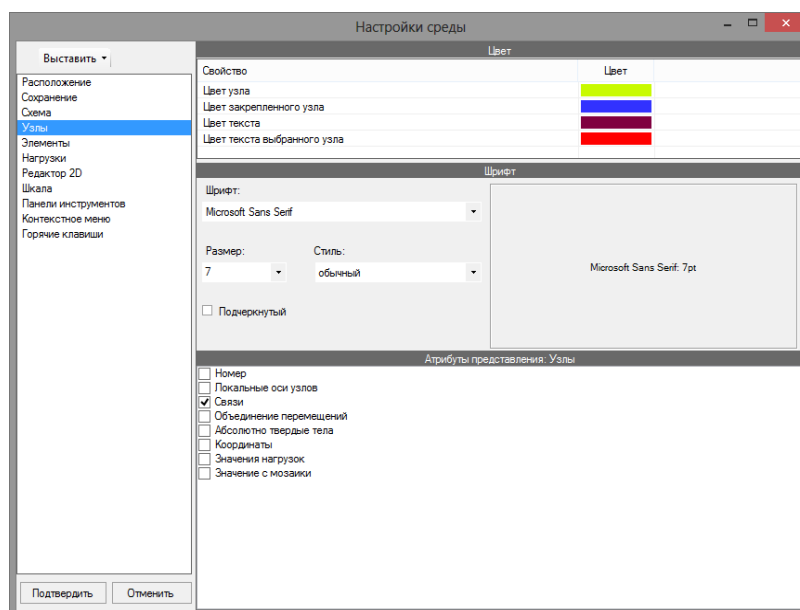



Рис. 2.11. Вкладка **Узлы**

Текущая вкладка состоит из трех блоков.

В первом блоке, **Цвет**, можно настроить все цвета, используемые при визуализации узлов расчетной схемы. Для этого нужно щелкнуть по требуемой ячейке и выбрать нужный цвет.

Во втором блоке, **Шрифт**, задаются основные характеристики шрифта, который будет применяться при отображении информации для узлов.

В третьем блоке, **Атрибуты представления: Узлы**, указываются умалчиваемые атрибуты представления, которые будут автоматически назначаться всем вновь созданным узлам расчетной схемы.

 Для изменения этих параметров перезагрузка программы не требуется.

Настройки рабочей среды ⇨ вкладка **Элементы** (рис. 2.12)

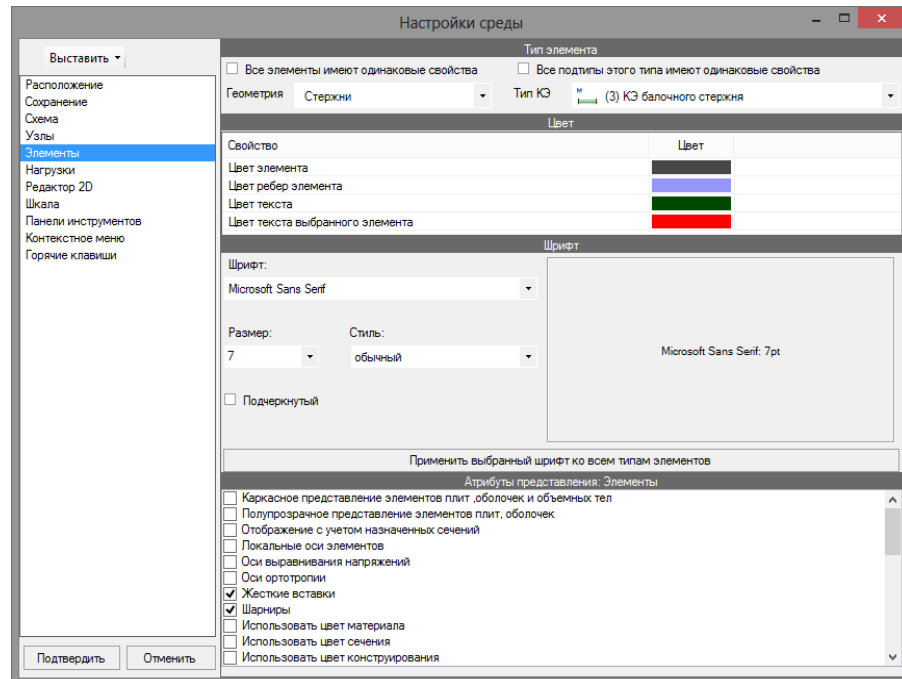


Рис. 2.12. Вкладка **Элементы**

Эта вкладка состоит из четырех блоков.


В первом блоке, **Тип Элемента**, можно выполнить следующие настройки:

- **Все элементы имеют одинаковые свойства** — все дальнейшие изменения свойств будут применяться ко всем элементам независимо от их геометрии и типа.
- **Геометрия** — дает возможность выбрать тип элемента по геометрии для его последующей настройки. Все дальнейшие изменения будут относиться к этому геометрическому типу элемента.
- **Все подтипы этого типа имеют одинаковые свойства** — все дальнейшие изменения свойств будут применяться к элементам выбранного типа независимо от его типа КЭ.
- **Тип КЭ** — позволяет произвести настройку свойств для элементов соответствующего типа. Все дальнейшие изменения будут относиться к выбранному ранее геометрическому типу элемента и типу конечного элемента.

Во втором блоке, **Цвет**, можно настроить все цвета, используемые при визуализации элементов. Для этого нужно щелкнуть по требуемой ячейке и выбрать нужный цвет.

В третьем блоке, **Шрифт**, задаются основные характеристики шрифта, который будет применяться при отображении информации для элементов.

В четвертом блоке, **Атрибуты представления: Элементы**, указываются умалчиваемые атрибуты представления, которые будут автоматически назначаться всем вновь созданным элементам расчетной схемы.

 Для изменения этих параметров перезагрузка программы не требуется.

## Настройки рабочей среды ⇨ вкладка **Нагрузки** (рис. 2.13)

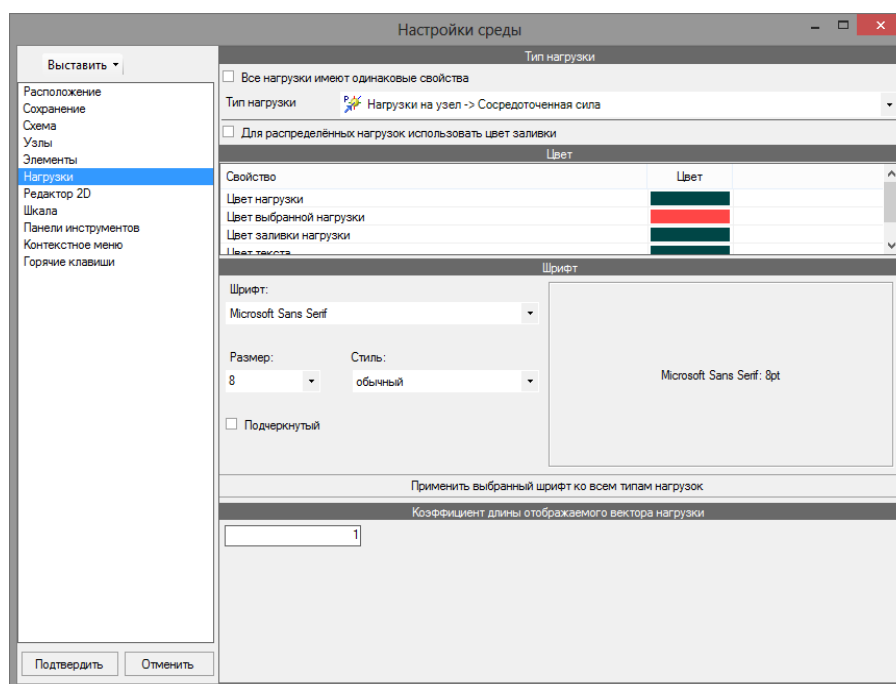


Рис. 2.13. Вкладка **Нагрузки**

Эта вкладка включает четыре блока.


Первый блок — **Тип нагрузки**. Определяет множество или конкретный тип нагрузки, для которого будут изменены свойства:

- **Все нагрузки имеют одинаковые свойства** — все дальнейшие изменения свойств будут применимы ко всем нагрузкам независимо от их типа.
- **Тип нагрузки** — дает возможность настроить отображение конкретной нагрузки.
- **Для распределенных нагрузок использовать цвет заливки** — если этот параметр включен, распределенные нагрузки будут рисоваться не только линиями контура, но и полупрозрачным заполнением. Включение этого параметра существенно увеличивает время перерисовки расчетной схемы.

Второй блок, **Цвет**, позволяет настроить все цвета, используемые при визуализации нагрузок. Для этого пользователю нужно щелкнуть по требуемой ячейке и выбрать желаемый цвет.

В третьем блоке, **Шрифт**, задаются основные характеристики шрифта, который будет применяться при отображении значений величин нагрузок.

Четвертый блок, **Кэффициент длины отображаемого вектора нагрузки**, дает возможность задать дополнительный коэффициент масштабирования, применяемый при отображении нагрузок.

 Для изменения этих параметров перезагрузка программы не требуется.

## Настройки рабочей среды ⇨ вкладка Редактор 2D (рис. 2.14)

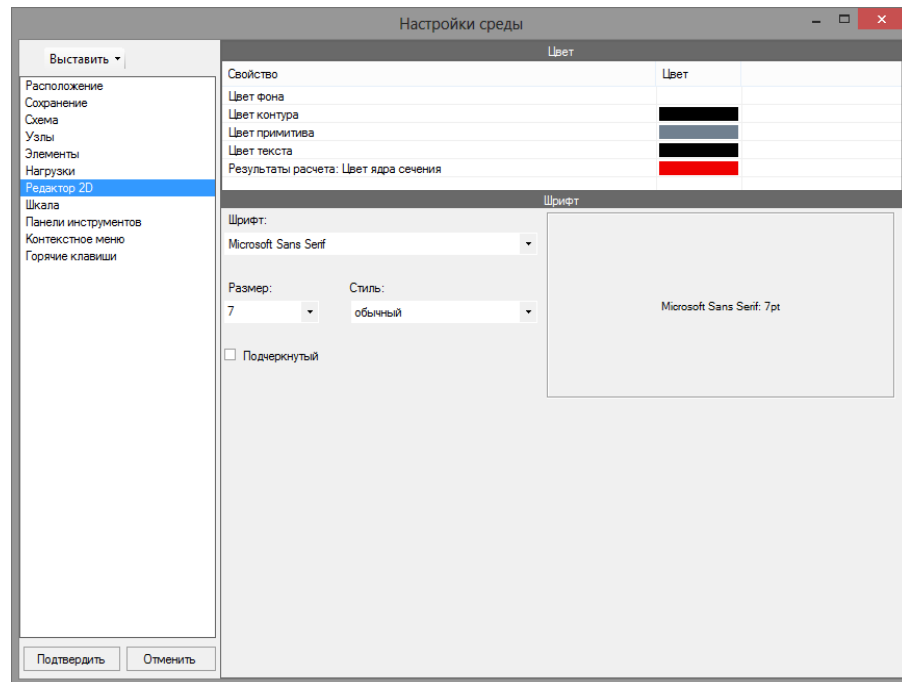


Рис. 2.14. Вкладка Редактор 2D

Текущая вкладка разделена на два блока.

В первом блоке, **Цвет**, можно настроить все цвета, используемые при работе в 2D-редакторе. Для этого пользователю нужно щелкнуть по требуемой ячейке и выбрать нужный цвет.

Второй блок, **Шрифт**, позволяет задать основные характеристики шрифта, который будет применяться при отображении текста в 2D-редакторе.



*Для изменения этих параметров перезагрузка программы не требуется.*

## Настройки рабочей среды ⇨ вкладка Шкала

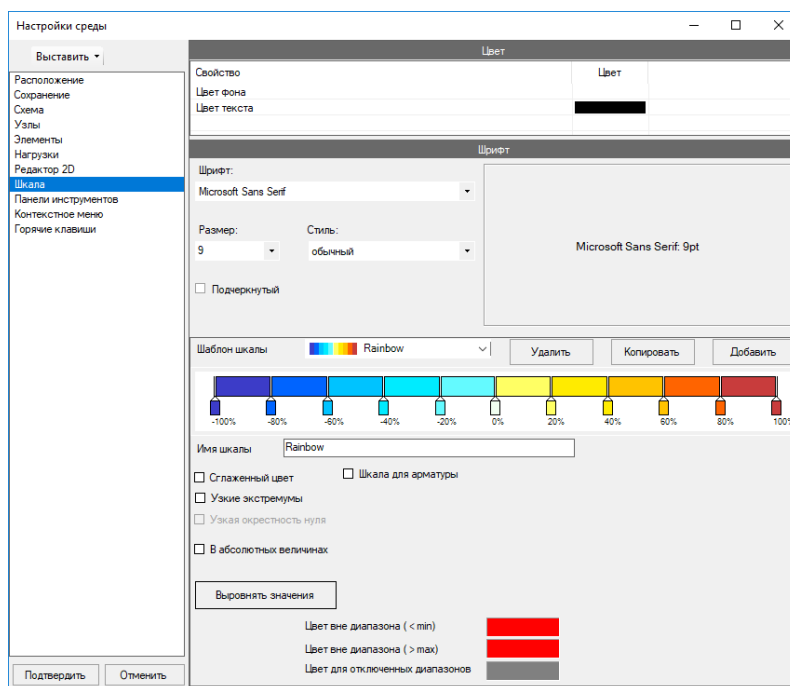


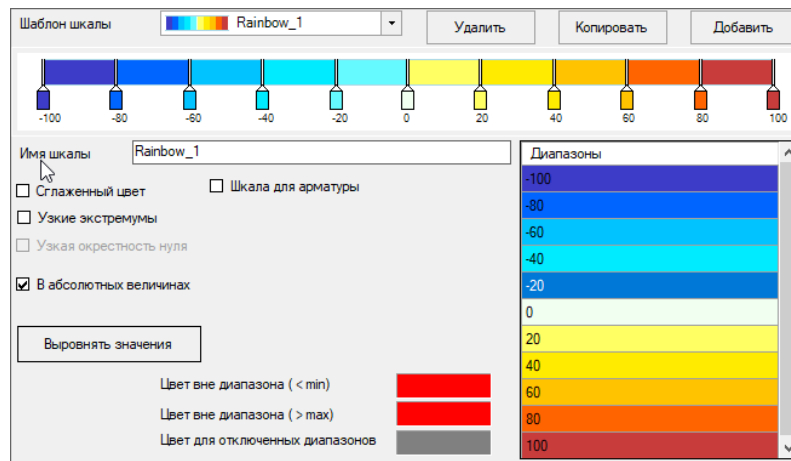
Рис. 2.15. Вкладка **Шкала**, общий вид

Данная вкладка состоит из двух блоков (рис. 2.15).

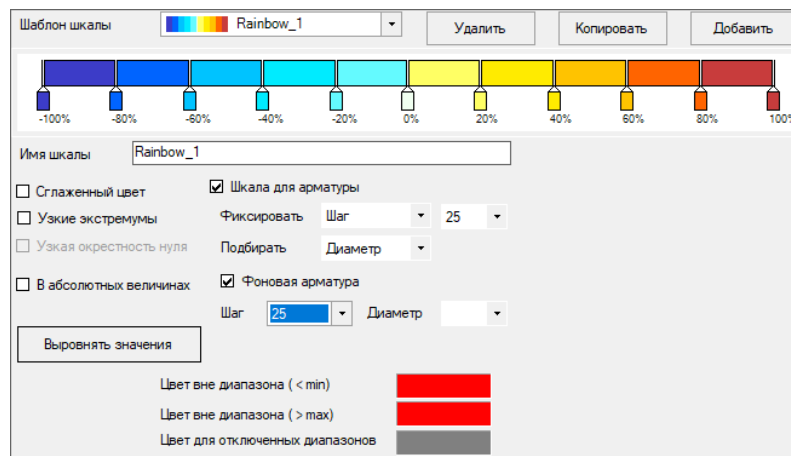
В первом блоке, **Цвет**, задается цвет свойств объектов шкалы. Для этого пользователю нужно щелкнуть по требуемой ячейке и выбрать нужный цвет.

Пользователь может создавать свои шаблоны шкалы. Ее значения могут задаваться в процентных и абсолютных величинах. По умолчанию шкала задана в процентном соотношении. Пользователь может менять требуемый диапазон шкалы, передвигая ползунок на нужную позицию. Одиночный щелчок по области шкалы добавляет новый диапазон. Также вы можете задать цвет необходимому диапазону, щелкнув правой кнопкой мыши по ползунку и применив выбранный цвет.

- **Шаблон шкалы** — выберите в раскрывающемся списке выберите нужный шаблон шкалы.
- **Удалить** — удаляет текущий (выбранный) шаблон.
- **Копировать** — копирует текущий (выбранный) шаблон.
- **Сглаженный цвет** — задает сглаживание цвета.
- **Узкие экстремумы** — задает рисование узких экстремумов на графической схеме.
- **Узкая окрестность нуля (доступна при включенных узких экстремумах)** — задает рисование узкой окрестности нуля на графической схеме.
- **Цвет вне диапазона** — дает возможность выбрать цвет, который будет отображаться, когда значение попадет за пределы диапазона. Для этого нужно щелкнуть по ячейке и выбрать нужный цвет.
- **Имя шкалы** — задать имя шкалы.
- Для того чтобы переключить шкалу на вид с абсолютными значениями, нужно установить флажок **В абсолютных величинах** (рис. 2.16).

Рис. 2.16. Вид вкладки **В абсолютных величинах**

- **Выровнять значения** — производит выравнивание после пользовательских манипуляций с ползунками шкалы.

Рис. 2.17. Вид вкладки **Шкала для арматуры**

Установить параметры для отображения шкалы и визуализации результатов расчета арматур можно в случае, если ее значения заданы в процентах. Установите флажок **Шкала для арматуры**. Становятся доступными следующие параметры фиксирования и подбора (рис. 2.17):

- **Фиксировать Шаг** ⇔ **Подбирать Диаметр**;
- **Фиксировать Диаметр** ⇔ **Подбирать Количество/Шаг**;
- **Фиксировать Количество** ⇔ **Подбирать Диаметр**.

Значения этих параметров пользователь выбирает в соответствующих раскрывающихся списках.

При активном параметре **Фиксировать Шаг** становится доступным параметр **Фоновая арматура**, который позволяет задать шаг и диаметр фоновой арматуры.

Второй блок, **Шрифт**, задает основные характеристики отображения текста шкалы в программе. Задаются аналогично настройке шрифта для проекции/узлов/элементов/нагрузок (см. настройку шрифта вкладки **Схема**).

 *Изменения этих параметров вступят в силу после перезагрузки программы.*

**Настройки рабочей среды ⇨ вкладка Панели инструментов (рис. 2.18)**

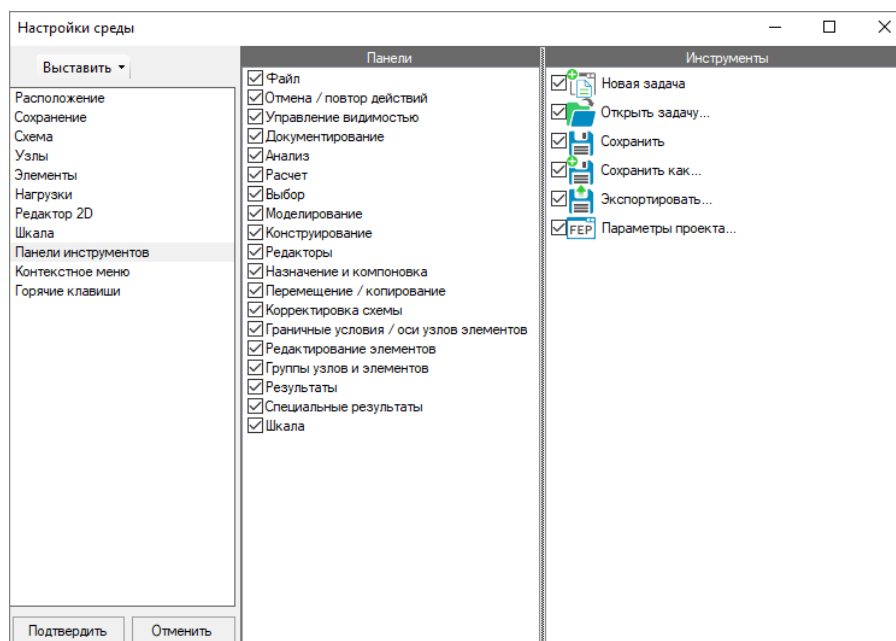


Рис. 2.18. Вкладка **Панели инструментов**

Для гибкой настройки пользовательского интерфейса существует возможность подстраивать панели инструментов/элементы панелей инструментов под свои потребности (рис. 2.19).



Рис. 2.19. **Панель инструментов ПК ЛИРА 10.8**

На вкладке **Панели инструментов** окна настроек все доступные в ПК ЛИРА панели инструментов представлены в области **Панели**. Установленный возле названия требуемой панели инструментов флажок говорит о том, что данная панель будет отображена в программе. Соответственно, если сбросить флажок, то текущая панель инструментов не будет отображаться в окне программы.

Выбранная панель инструментов имеет свои встроенные элементы, которые показаны в области **Инструменты**. Аналогично настройке панели инструментов, установкой соответствующих флажков вы можете указать, какие элементы должны отображаться на панели инструментов, а какие — нет.

 *Перезагрузка программы не требуется.*



## Настройки рабочей среды ⇨ вкладка **Контекстное меню** (рис. 2.20)

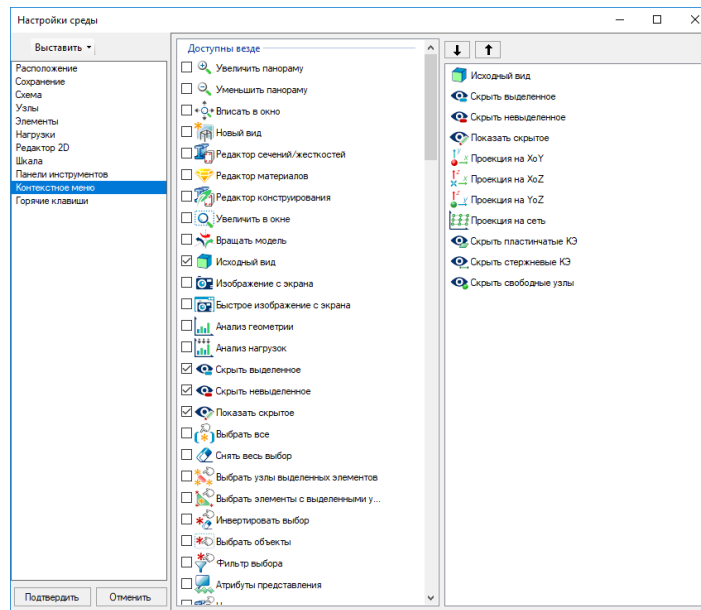


Рис. 2.20. Вкладка **Контекстное меню**

Пользователь также может настраивать элементы контекстного меню, которое вызывается щелчком правой кнопкой мыши в области графического редактора (рис. 2.21).

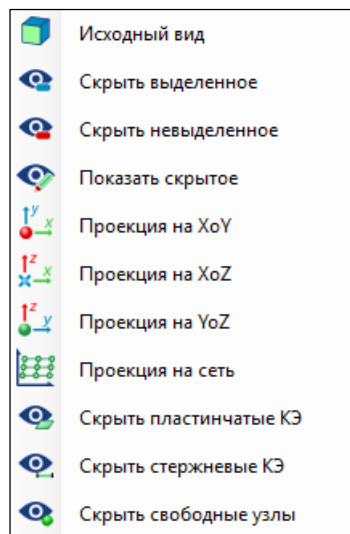


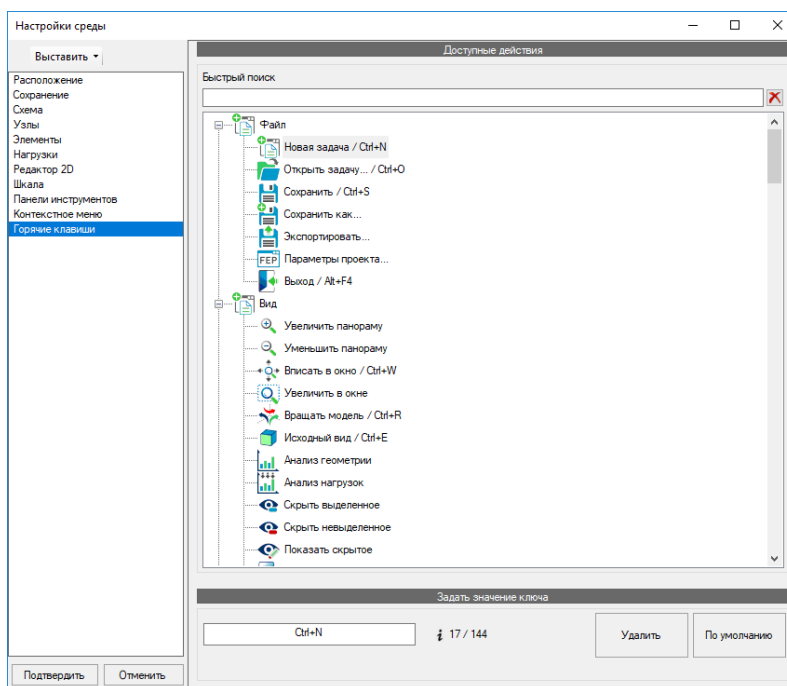


Рис. 2.21. **Контекстное меню** ПК ЛИРА 10.8

Чтобы задать, какие элементы должны отображаться в контекстном меню, установите соответствующие флажки в области **Доступны везде** вкладки **Контекстное меню** (см. рис. 2.20). Порядок отображения выбранных элементов в контекстном меню задается в области справа данной вкладки при помощи кнопок со стрелками  .

 *Перезагрузка программы не требуется.*

**Настройки рабочей среды ⇨ вкладка Горячие клавиши (рис. 2.22)**



**Рис. 2.22. Вкладка Горячие клавиши**

Данная вкладка позволяет задать «горячие» клавиши для вызова команд ПК ЛИРА и разделена на два блока.

В первом блоке, **Доступные действия**, пользователь должен выбрать команду/действие из всех доступных в древовидном списке. Для более удобного поиска нужной команды предусмотрена строка **Быстрый поиск**, где можно ввести искомое слово/словосочетание (от двух символов). Результат поиска будет выведен тут же в окне.

Во втором блоке, **Задать значение ключа**, нужно ввести необходимую комбинацию клавиш для выбранной на предыдущем этапе команды. В текущей версии программы можно задать комбинацию из одной/двух клавиш — модификатора и простой. Также допускается использование функциональных клавиш. Если введенная вами комбинация уже назначена другой команде, будет отображено соответствующее предупреждение.

При нажатии на кнопку **Удалить** выбранная комбинация будет удалена, а текущая команда больше не будет связана с ней.

Кнопка **По умолчанию** позволяет выставить комбинации по умолчанию. После ее нажатия будет установлен первоначальный набор значений горячих клавиш/команд.

Тут же на панели есть возможность увидеть количество команд с назначенными комбинациями горячих клавиш и общее количество команд.

 *Перезагрузка программы не требуется.*

## Настройки рабочей среды ⇔ Выставить

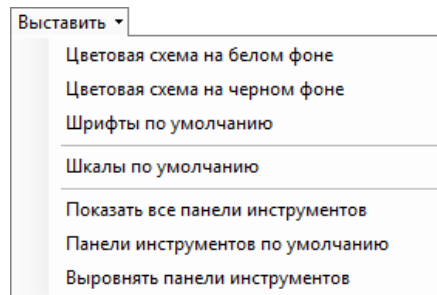


Рис. 2.23. Команды меню **Выставить**

В данном меню собраны команды, позволяющие вернуть состояние по умолчанию для следующих настроек:

- **Цвет/шрифт:**
  - **Цветовая схема на белом фоне** — сбрасывает пользовательскую цветовую схему на стандартную с белым фоном.
  - **Цветовая схема на черном фоне** — сбрасывает пользовательскую схему на цветовую схему с черным фоном.
  - **Шрифты по умолчанию** — все шрифты будут установлены по умолчанию.
- **Шкалы:**
  - **Шкалы по умолчанию** — установка шкалы по умолчанию.
- **Панели инструментов:**
  - **Показать все панели инструментов** — в главном окне программы будут отображены все панели инструментов.
  - **Панели инструментов по умолчанию** — в главном окне программы будут отображены панели инструментов по умолчанию.
  - **Выровнять панели инструментов** — произвести выравнивание всех добавленных в данном окне панелей инструментов.

## 2.3 СОЗДАНИЕ НОВОЙ РАСЧЕТНОЙ СХЕМЫ

Для создания новой расчетной схемы воспользуйтесь командой меню **Файл ⇔ Новая задача** (комбинация клавиш **Ctrl + N**) или выберите команду **Создать новый проект** в окне начальной загрузки (рис. 2.24).

В окне **Параметры проекта** указываются следующие данные:

- имя проекта;
- описание проекта;
- тип создаваемой задачи;
- использование в задаче нелинейных элементов и специальных систем расчета (**МОНТАЖ**, **ДИНАМИКА +**, **МОСТ**, **PUSHOVER**, **СЕЧЕНИЕ**, **ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ**, **ФИЛЬТРАЦИЯ**);
- путь сохранения проекта.

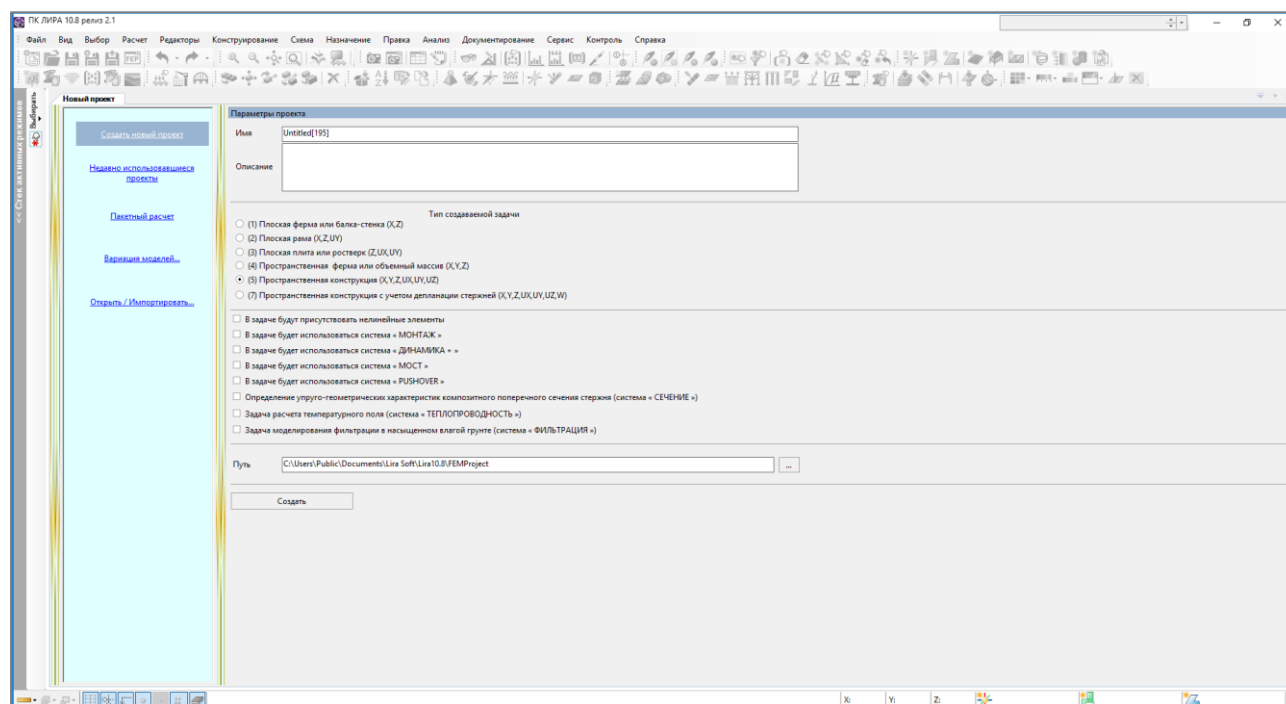


Рис. 2.24. Окно начальной загрузки

**Имя проекта** указывается пользователем или создается автоматически программой (например, Untitled[3]).

В соответствующем поле ввода можно дать **Описание задачи** (является необязательным полем заполнения).

В зависимости от признака схемы необходимо выбрать **Тип создаваемой задачи**.

В общем случае каждый узел схемы имеет 6 степеней свободы: три линейных перемещения вдоль осей  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  и три поворота вокруг осей  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$ .

Для расчетных схем, в которых количество степеней свободы в узле заведомо меньше 6 (плоские фермы, плоские рамы и т.п.), применяется так называемый признак схемы. В ПК ЛИРА задействованы шесть признаков схемы:


- **Признак (1) Плоская ферма или балка-стенка ( $X, Z$ )** — схемы, располагаемые в плоскости  $XOZ$ ; каждый узел имеет 2 степени свободы — линейные перемещения вдоль осей  $X$ ,  $Z$ . В этом признаке схемы рассчитываются плоские фермы и балки-стенки.
- **Признак (2) Плоская рама ( $X, Z, UY$ )** — схемы, располагаемые в плоскости  $XOZ$ ; каждый узел имеет 3 степени свободы — линейные перемещения вдоль осей  $X$ ,  $Z$  и поворот вокруг оси  $Y$ . В этом признаке схемы рассчитываются плоские рамы и допускается включение элементов ферм и балок-стенок.
- **Признак (3) Плоская плита или ростверк ( $Z, UX, UY$ )** — схемы, располагаемые в плоскости  $XOY$ ; каждый узел имеет 3 степени свободы — линейное перемещение вдоль оси  $Z$  и повороты вокруг осей  $X$ ,  $Y$ . В этом признаке схемы рассчитываются балочные ростверки и плиты, допускается учет упругого основания.
- **Признак (4) Пространственная ферма или объемный массив ( $X, Y, Z$ )** — пространственные схемы, каждый узел которых имеет 3 степени свободы — линейные перемещения вдоль осей  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$ . В этом признаке схемы рассчитываются пространственные фермы и объемные тела.

• **Признак (5) Пространственная конструкция (X, Y, Z, UX, UY, UZ)** — пространственные схемы общего вида с 6-ю степенями свободы в узле. В этом признаке схемы рассчитываются пространственные каркасы, оболочки и объемные тела.

• **Признак (7) Пространственная конструкция с учетом деформации стержней (X, Y, Z, UX, UY, UZ, W).**

Также выбираются дополнительные необходимые параметры создания проекта, а именно:

- В задаче будут присутствовать нелинейные элементы (см. Главу 11).
- В задаче будет использована система **МОНТАЖ** (см. Главу 11.5).
- В задаче будет использована система **ДИНАМИКА+** (см. Главу 13).
- В задаче будет использована система **МОСТ** (см. Главу 14).
- В задаче будет использована система **PUSHOVER** (см. Главу 12).
- В задаче будет использована система **СЕЧЕНИЕ** (см. Главу 15).
- В задаче будет использована система **ТЕПЛОПРОДНОСТЬ** (см. Главу 16).
- В задаче будет использована система **ФИЛЬТРАЦИЯ** (см. Главу 17).

 В зависимости от выбранного признака схемы, дополнительных параметров и специальных систем расчета, некоторые операции по созданию схемы могут быть недоступны.

В поле **Путь** указан адрес размещения папки, в которой будет сохранен проект. После задания всех необходимых параметров нужно нажать кнопку **Создать**.

## 2.4 ДОБАВЛЕНИЕ УЗЛОВ И ЭЛЕМЕНТОВ

Для добавления узлов и элементов к расчетной схеме необходимо воспользоваться меню **Схема** (рис. 2.25), либо панелью инструментов **Добавить фрагмент** (рис. 2.26), либо вкладкой ленты **Добавить** (рис. 2.27).

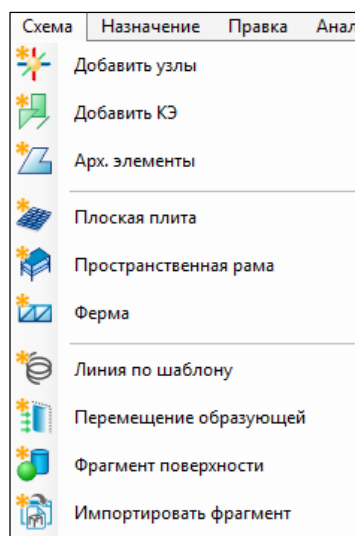


Рис. 2.25. Команды для добавления новых узлов и элементов в меню **Схема**



Рис. 2.26. Панель инструментов **Добавить фрагмент**

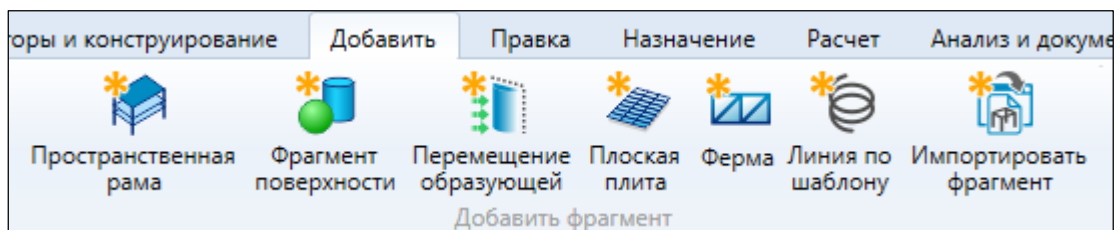



Рис. 2.27. Вкладка ленты **Добавить**

Для создания расчетной схемы существуют такие команды:

- добавить узлы;
- добавить конечные элементы;
- архитектурные элементы;
- добавить импортированный фрагмент;
- добавить фрагмент поверхности;
- добавить пространственную раму;
- добавить ферму;
- добавить фрагмент плоской плиты;
- добавить линии по шаблону;
- добавить фрагмент перемещением образующей.

### Добавление узлов

Для добавления узлов в расчетную схему необходимо воспользоваться командой меню **Схема** ⇨ **Добавить узлы** либо же кнопкой  на панели инструментов или во вкладке ленты. Активизируется режим **Добавить узлы**, который предоставляет следующие возможности задания узла/узлов:

- **По координатам** — задание значений координат новых узлов в соответствующих полях ввода.
- **На Сети построения** — добавление в расчетную схему новых узлов указанием курсором мыши на точки пересечения сети построения.

Рассмотрим задание узлов по координатам.

Используется диалоговое окно **Добавить узлы**, которое содержит три закладки (рис. 2.28).

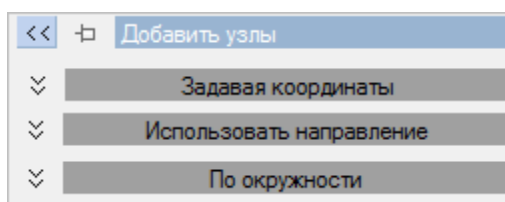



Рис. 2.28. Режим **Добавить узлы**

- **Задавая координаты**

Необходимо задать значения координат нового узла в соответствующих полях ввода (рис. 2.29).

	X	Y	Z
*			

Рис. 2.29. Поля для задания координат узла

На экране появится новый узел/узлы в виде пиктограммы .

Чтобы подтвердить расположение узла/узлов, необходимо нажать на кнопку **Добавить** (рис. 2.30).

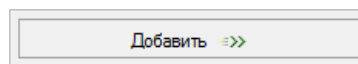


Рис. 2.30. Кнопка **Добавить**

- **Использовать направление**

Закладка предназначена для задания значений координат нового узла при помощи направляющего вектора.

Существует два способа задания узла/узлов.

- Способ первый:

Использовать направление

---

Начальная точка вектора направления

X <sub>0</sub>	Y <sub>0</sub>	Z <sub>0</sub>
0	0	0

Конечная точка вектора направления

X <sub>n</sub>	Y <sub>n</sub>	Z <sub>n</sub>
1	0	0

---

Равные расстояния

2

Цепочка привязок


1:1


Использовать привязки как относительные соотношения при разбивке между заданными точками

---


Добавить =>>

Рис. 2.31. Вкладка **Использовать направление**


При активной панели **Использовать направление** (рис. 2.31) необходимо ввести координаты начальной точки вектора направления. На экране появится начальная точка вектора направления в виде пиктограммы .

Также ввести координаты конечной точки вектора направления. На экране появится конечная точка вектора направления в виде пиктограммы .

Задать цепочку привязки в виде соотношения цифр  $a:b:c\dots z$ , где  $a,b,c\dots z$  — арабские числа.

 Если установлен флажок **Использовать привязки как относительные соотношения при разбивке между заданными точками**, то привязки будут использоваться как коэффициенты к реальному расстоянию между начальной и конечной точками.

Если флажок **Использовать привязки как относительные соотношения при разбивке между заданными точками** сброшен, то цепочка привязок будет использоваться как расстояния между точками в текущих единицах измерения.

На экране появится создаваемый узел/узлы в виде пиктограммы .

Чтобы подтвердить расположение узла/узлов, необходимо нажать на кнопку **Добавить**.

○ Способ второй:

Позволяет использовать существующие точки схемы. Для создания точек, лежащих между существующими точками, необходимо:

1. Вывести на экран фрагмент схемы с нужными точками.
2. Навести курсор на «начальную» точку, щелкнув правой кнопкой мыши. В появившемся контекстном меню (рис. 2.32) нужно выбрать команду **Установить начальную точку вектора направления**.

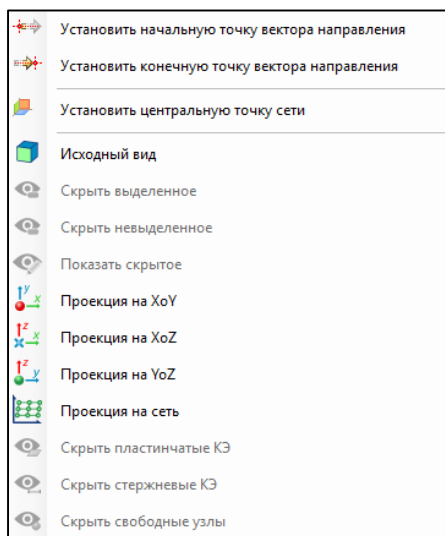



Рис. 2.32. Контекстное меню

3. Выполнить аналогичные действия для "конечной" точки, выбрав в контекстном меню команду **Установить конечную точку вектора направления**.
4. Установить необходимую **Цепочку привязок**.

На экране появится создаваемый узел/узлы в виде пиктограммы .

Чтобы подтвердить расположение узла/узлов, необходимо нажать на кнопку **Добавить**.



- **По окружности**

Добавление в расчетную схему новых узлов, расположенных по дуге окружности (рис. 2.33).

Центр окружности		
X <sub>0</sub>	Y <sub>0</sub>	Z <sub>0</sub>
0	0	0

Параметры окружности		
R	F1	F2
5	0	180

Количество узлов: 18

Плоскость:  X<sub>0</sub>Y,  X<sub>0</sub>Z,  Y<sub>0</sub>Z

Соединять узлы стержнями

Добавить

Рис. 2.33. Вкладка **По окружности**

В соответствующих полях ввода нужно задать координаты центра окружности, а также параметры окружности: радиус окружности (R), углы начала и конца дуги (F1) и (F2) (отсчет углов происходит против часовой стрелки).


В поле ниже задается количество узлов на окружности.

С помощью переключателя указывается плоскость, в которой должна располагаться окружность (плоскости X0Y, X0Z и Y0Z).

Для того чтобы соединить узлы окружности стержнями, необходимо установить соответствующий флажок.

Далее нажать кнопку **Добавить**.

### Добавление конечных элементов

Для добавления элементов в расчетную схему необходимо воспользоваться командой меню **Схема** ⇒ **Добавить КЭ** либо же кнопкой  на панели инструментов или во вкладке ленты. Активизируется режим **Добавить элементы**, который предоставляет следующие возможности задания узла/узлов:

- параметрически — задание стержней с помощью полей ввода диалогового окна;
- на сети построения — добавление в расчетную схему новых элементов указанием курсором мыши на точки пересечения сети построения.

Рассмотрим задание конечных элементов параметрическим способом.

При этом используется панель активного режима **Добавить элементы**, которая содержит четыре закладки (рис. 2.34).

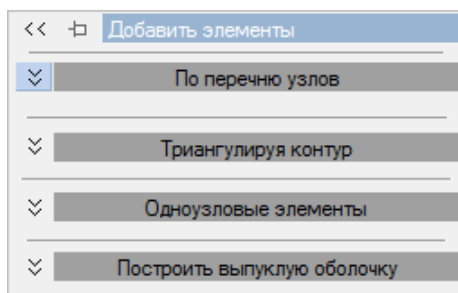



Рис. 2.34. Режим **Добавить элементы**

- **По перечню узлов**

Для добавления в схему стержней, трехузловых и четырехузловых элементов плиты необходимо ввести номера узлов, используя в качестве разделителей символы «,» или «пробел» (рис. 2.35).

 *Каждый элемент с соответствующим перечнем узлов записывается в новой строке. Переход на следующую строку происходит автоматически. Флажок **При добавлении стержней учитывать промежуточные узлы** (узлы, лежащие между двумя указанными узлами) устанавливается для добавления в схему стержней. Установленный флажок означает, что стержень сразу же будет разбит на несколько стержней в соответствии с количеством промежуточных узлов.*

Чтобы подтвердить расположение элемента/элементов, необходимо нажать на кнопку **Добавить**.

- **Триангулирую контур**

Команда выполняется после формирования контура плоского фрагмента и вызывает на экран диалоговое окно, в котором задается метод триангуляции: **Сетка узлов, Делоне, ReGrid, ReGrid2, ReGridQuad** (рис. 2.36).

Для выбора вида триангуляции необходимо выбрать один из переключателей:

- **Сетка узлов** — позволяет создать контур плоского фрагмента. Заполнение контура осуществляется минимальным количеством пластинчатых элементов, без добавления узлов на контуре и внутри контура. Между узлами автоматически образуется «резиновый контур».

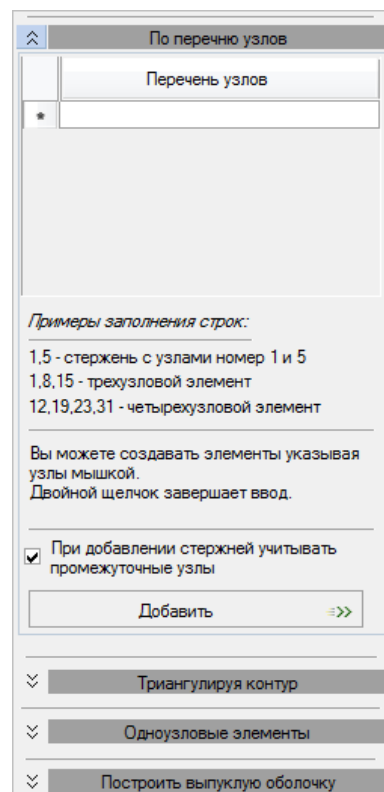
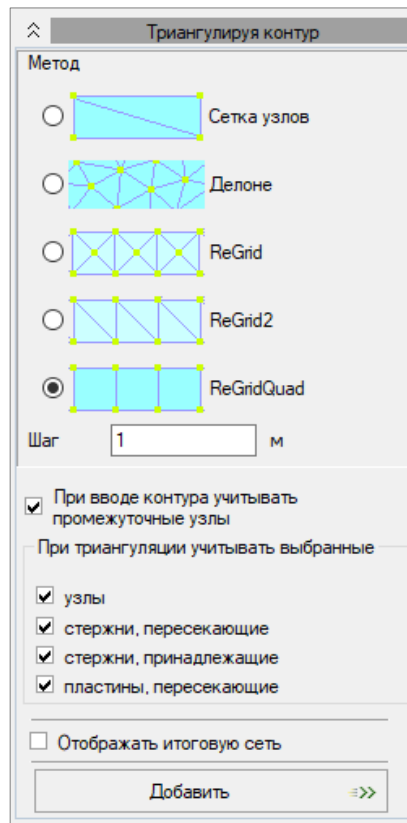


Рис. 2.35. Вкладка **По перечню узлов**

Рис. 2.36. Вкладка **Триангулирую контур**

- **Делоне** — выполняется заполнение контура с проверкой на выполнение критерия Делоне и оптимизации геометрии КЭ.
- **ReGrid, ReGrid2, ReGridQuad** — выполняется заполнение контура с проверкой геометрического качества КЭ с соответствующим разбиением.

При необходимости можно установить флажок напротив нужного параметра триангуляции:

- при вводе контура учитывать промежуточные узлы;
- при триангуляции учитывать выбранные узлы / стержни, пересекающие / стержни, принадлежащие / пластины, пересекающие;
- отображать итоговую сеть.

После задания необходимых параметров нажмите кнопку **Добавить**.

- **Одноузловые элементы**

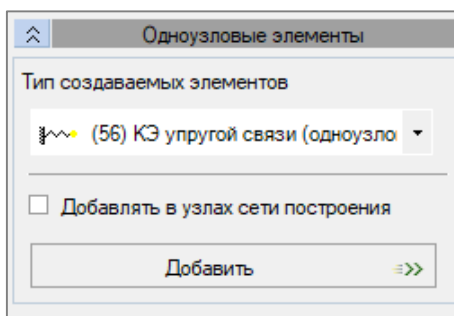


Рис. 2.37. Вкладка **Одноузловые элементы**

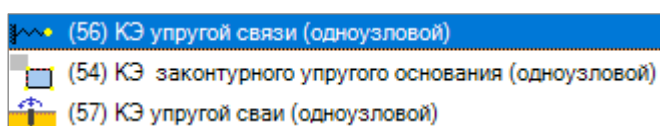


Рис. 2.38. Перечень возможных типов одноузловых элементов

Для задания необходимо выделить существующий узел, затем выбрать в раскрывающемся списке нужный тип создаваемого элемента и нажать кнопку **Добавить** (рисунки 2.37 и 2.38).

Предусмотрена опция добавления одноузловых элементов во всех узлах сети построения. Для этого нужно установить соответствующий флажок.

- **Построить выпуклую оболочку**

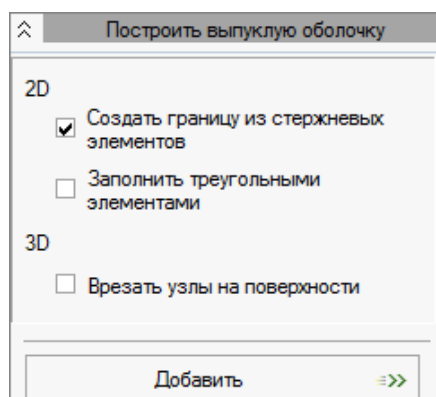


Рис. 2.39. Вкладка **Построить выпуклую оболочку**

Используется автоматический выбор алгоритма построения выпуклой оболочки. Если через все выделенные узлы возможно провести плоскость, работает 2D-алгоритм построения выпуклой оболочки, если нельзя, то используется 3D-алгоритм.

При работе 2D-алгоритма (создается КЭ или группа КЭ из выделенных на экране узлов в одной из выбранных плоскостей):


- создать границу из стержневых элементов — автоматически создается выпуклый стержневой контур, опоясывающий отмеченные узлы;
- заполнить треугольными элементами — автоматическая триангуляция выпуклого контура треугольными элементами между отмеченными узлами.

При работе 3D-алгоритма (создается пространственная схема из выделенных на экране узлов):

- автоматически выполняется врезка выделенных узлов, лежащих на поверхности.

После задания необходимых параметров нужно нажать кнопку **Добавить** (рис. 2.39).

### Добавление архитектурных элементов

Для добавления архитектурных элементов в расчетную схему необходимо воспользоваться командой меню **Схема ⇨ Архитектурные элементы** либо же кнопкой  на панели инструментов / ленте. Активизируется режим **Архитектурные элементы**.

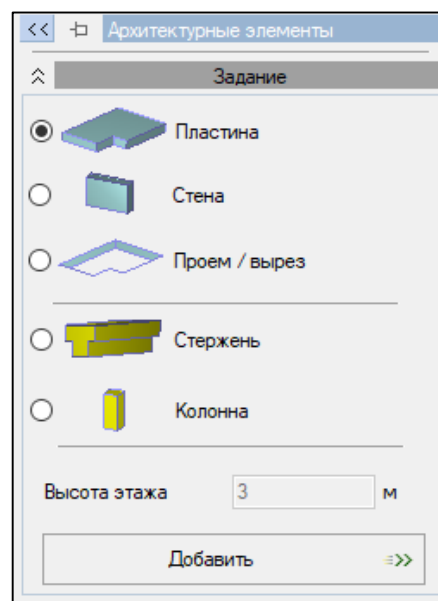


Рис. 2.40. Режим **Добавление архитектурных элементов**

#### • **Задание**

Во вкладке **Задание** (рис. 2.40) необходимо выбрать один из переключателей для указания типа элемента, который необходимо добавить — **Пластина, Стена, Проем / вырез, Стержень, Колонна**.

Внутренний контур может отсекал часть внешнего контура или попадать полностью внутрь.

Для типов элемента **Стена** и **Колонна** необходимо ввести нужную высоту элемента в поле **Высота этажа**.

После нажатия кнопки **Добавить** архитектурные примитивы задаются в виде полигона (в окне **Главного вида** по точкам указывается контур, который образует элемент).

#### • **Редактирование**

Режим предназначен для редактирования уже заданных элементов.

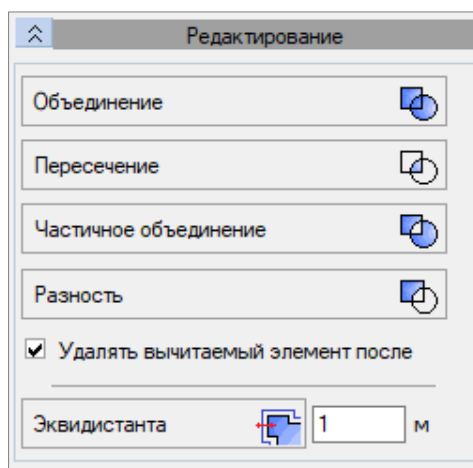



Рис. 2.41. Режим Редактирование

Для начала необходимо выделить элементы при помощи команды  либо комбинации клавиш **Ctrl + Shift + левая кнопка мыши** в окне **Главный вид**. Затем на панели активного режима (рис. 2.41) выбрать операцию редактирования: **Объединение**, **Пересечение**, **Разность** или **Частичное объединение**. Операция **Эквидистанта** позволит изменить контуры выделенных объектов на равноудаленное расстояние, заданное в поле ввода.

Также можно выполнять редактирование в окне **Главный вид**, перемещая точки контура или с помощью контекстного меню (рис. 2.42):

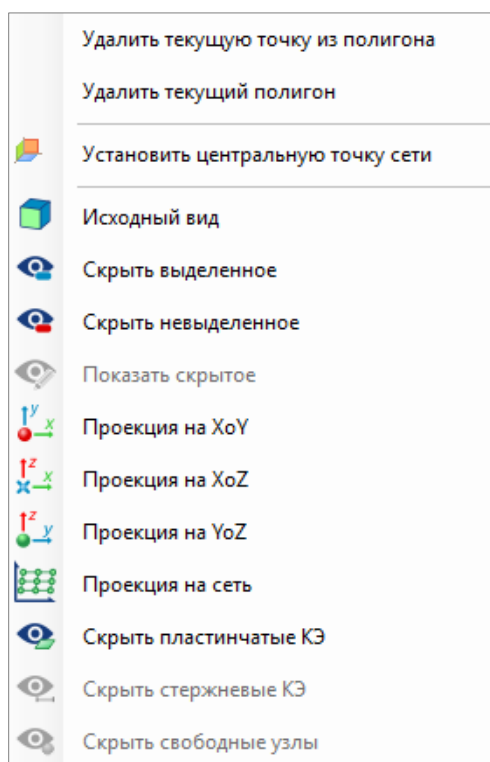



Рис. 2.42. Контекстное меню в режиме редактирования

- **Параметры триангуляции**

После того как архитектурные примитивы заданы и отредактированы, им можно назначить **Параметры триангуляции**.

Для этого в окне **Главный вид** необходимо выделить элементы при помощи команды  либо комбинацией клавиш **Ctrl + Shift + левая кнопка мыши**. Затем на вкладке **Параметры триангуляции** (рис. 2.43) выбрать один из переключателей выбора **Метода** триангуляции, задать **Шаг** и нажать кнопку **Назначить**. С назначенных элементов автоматически снимается выделение.

Если существует необходимость создания твердых тел в местах пересечения со стержнями, то нужно установить соответствующий флажок.

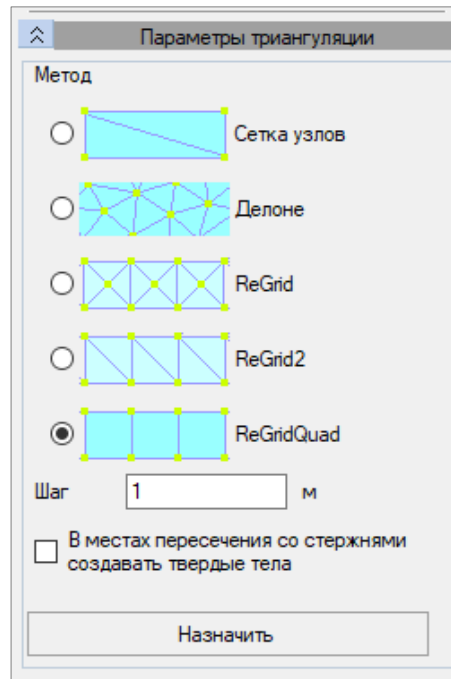


Рис. 2.43. Режим задания параметров триангуляции

#### • Триангуляция

Для выполнения триангуляции по заданным ранее параметрам необходимо на панели активного режима перейти на вкладку **Триангуляция** и нажать кнопку **Триангулировать**.

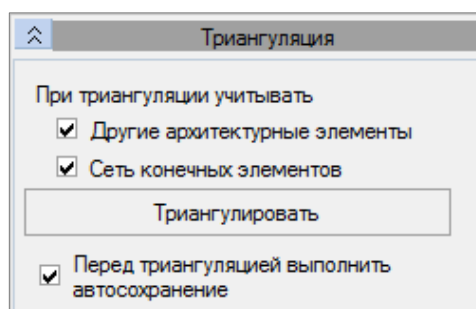



Рис. 2.44. Вкладка **Триангуляция**

Перед триангуляцией есть возможность учитывать (рис. 2.44):


- другие архитектурные элементы;
- сеть конечных элементов.

При необходимости предлагается выполнить автосохранение.

### Добавление импортированного фрагмента

Для добавления импортированного фрагмента в расчетную схему необходимо воспользоваться командой меню **Схема** ⇒ **Импортировать фрагмент** или кнопкой  на панели инструментов либо во вкладке ленты. Активизируется режим **Импортировать** (подробнее смотрите в Приложении Б).

### Добавление фрагмента поверхности

Для добавления фрагмента поверхности в расчетную схему необходимо воспользоваться командой меню **Схема** ⇒ **Фрагмент поверхности** либо же кнопкой  на панели инструментов. Активизируется режим **Добавить поверхность** (рис. 2.45), с помощью которого возможна генерация стержневых или пластинчатых объемных поверхностей.

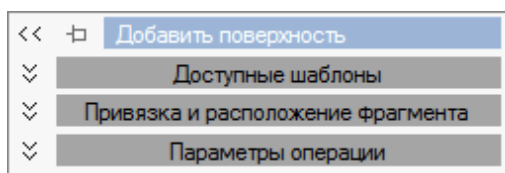


Рис. 2.45

- **Доступные шаблоны**

Из перечня шаблонов выберите необходимый (рис. 2.46).

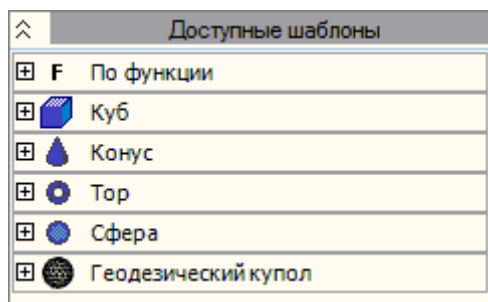


Рис. 2.46

- **По функции**

На выбор предоставляются поверхности вида (рис. 2.47):

- $Z = f(U, V)$
- $R = f(U, V)$
- $\begin{cases} X = f(U, V) \\ Y = f(U, V) \\ Z = f(U, V) \end{cases}$



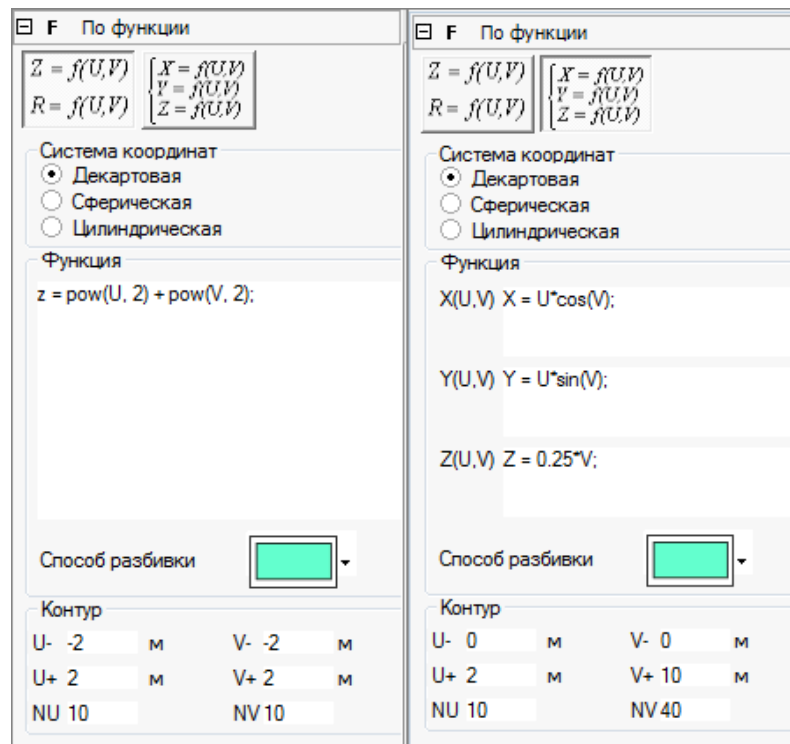


Рис. 2.47

Кнопка  $\begin{matrix} Z = f(U, V) \\ R = f(U, V) \end{matrix}$

При нажатой кнопке в соответствующее поле ввода записывается формула поверхности:

- $Z = f(U, V)$  — для декартовой системы координат, где  $U, V, Z$  — координаты  $X, Y, Z$  рассматриваемой точки.
- $R = f(U, V)$  — для сферической системы координат, где:  $R$  — расстояние от начала координат до рассматриваемой точки;  $U$  — угол между осью  $Z$  и отрезком, соединяющим начало координат и рассматриваемую точку;  $V$  — угол между осью  $X$  и проекцией отрезка, соединяющего начало координат с рассматриваемой точкой, на плоскость  $XY$ .
- $R = f(U, V)$  — для цилиндрической системы координат, где:  $R$  — расстояние от рассматриваемой точки до оси  $Z$ ;  $U$  — угол между осью  $X$  и ортогональной проекцией рассматриваемой точки на плоскость  $XY$ ;  $V$  — координата  $Z$  рассматриваемой точки.


 Синтаксис формульного задания поверхностей должен полностью соответствовать синтаксису и правилам использования языка программирования C#. То есть допускается создание пользовательских переменных любых типов данных, доступных в C#, использование любых видов циклов, написание различных условий и ограничений на параметры функций и т.д.

Таблица 2.1. Список базовых функций и констант

Название функции	Описание функции	Название функции	Описание функции
Sin(x)	Синус	Log(x)	Натуральный логарифм
Cos(x)	Косинус	log10(x), lg(x)	Логарифм по основанию 10
Tan(x)	Тангенс	Sqrt(x)	Корень квадратный
Asin(x)	Арксинус	Pow(x,n)	Возведение x в степень n, $x^n$
Acos(x)	Арккосинус	Abs(x)	Абсолютная величина числа
Atan(x)	Арктангенс	Exp(x)	Вычисление экспоненты
Sinh(x)	Гиперболический синус	pi	Константа $\pi = 3,1415926535$
Cosh(x)	Гиперболический косинус	e	Константа $e = 2,7182818284$
Tanh(x)	Гиперболический тангенс	—	—

В таблице 2.1 перечислены основные математические функции и константы, которые можно использовать для задания функций поверхности.

**Пример 2.4.1** (рис. 2.48)

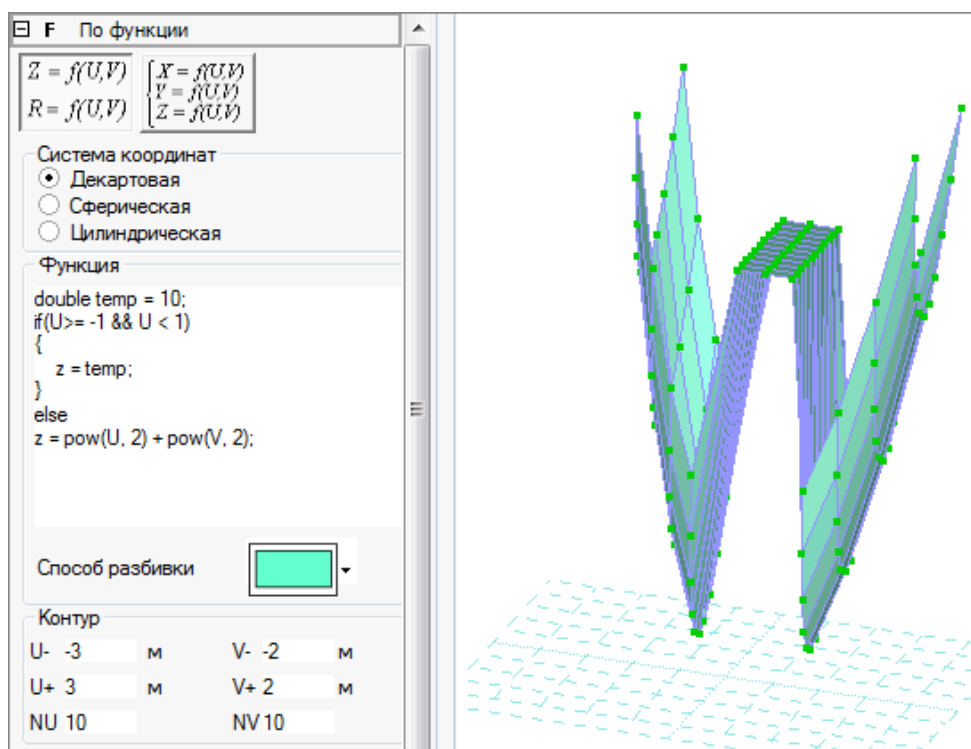



Рис. 2.48

 *Регистр символов в строке написания формулы не имеет значения.*

В раскрывающемся списке выберите **Способ разбивки**.

Для задания контура в соответствующих полях ввода укажите граничные значения координат U и V, а также количество точек на контуре N.

По завершении нажмите кнопку **Использовать фрагмент**.

$$\text{Кнопка} \left\{ \begin{array}{l} X = f(U, V) \\ Y = f(U, V) \\ Z = f(U, V) \end{array} \right.$$

Предназначена для задания поверхностей, описанных системой уравнений.

Необходимо выбрать систему координат для построения поверхности.

В соответствующих полях ввода задать функции X, Y, Z.

Затем выбрать **Способ разбивки** и задать контур (в полях U-, U+, V-, V+ задаются минимальные и максимальные границы задаваемого параметра; UN, VN — число дроблений соответствующего участка).

Нажать кнопку **Использовать фрагмент**.

**Пример 2.4.2** (рис. 2.49 и 2.50)

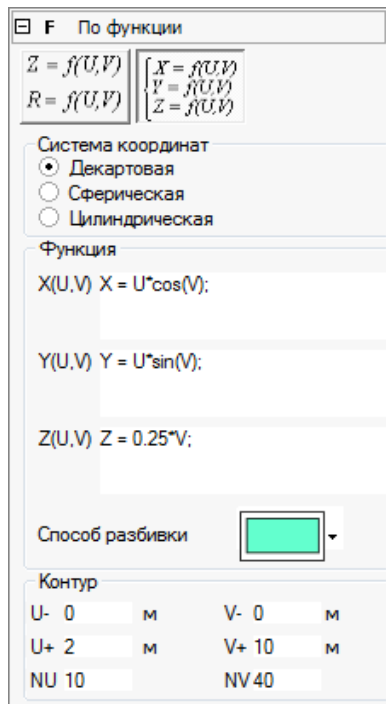


Рис. 2.49

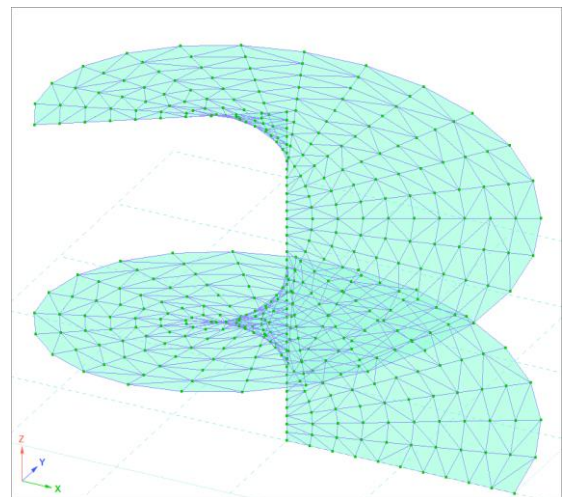


Рис. 2.50

### ○ Куб

Необходимо задать **Основные параметры** (рис. 2.51):

- **Габариты по X/Y/Z** — длина фрагмента по оси X/Y/Z в текущих единицах измерения;
- **Шагов по X/Y/Z** — количество шагов габаритов по оси X/Y/Z.

Выбрать **Способ разбивки**.

Нажать кнопку **Использовать фрагмент**.

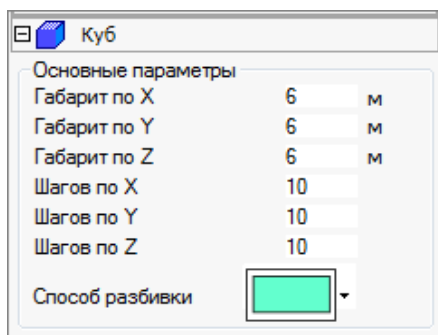


Рис. 2.51

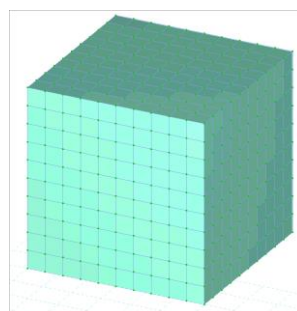


Рис. 2.52

○ **Конус**

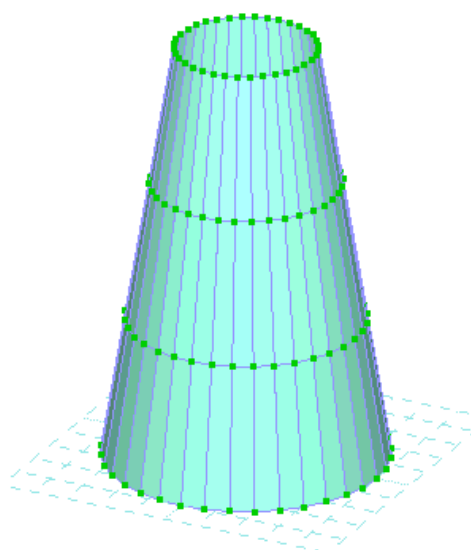


Рис. 2.53

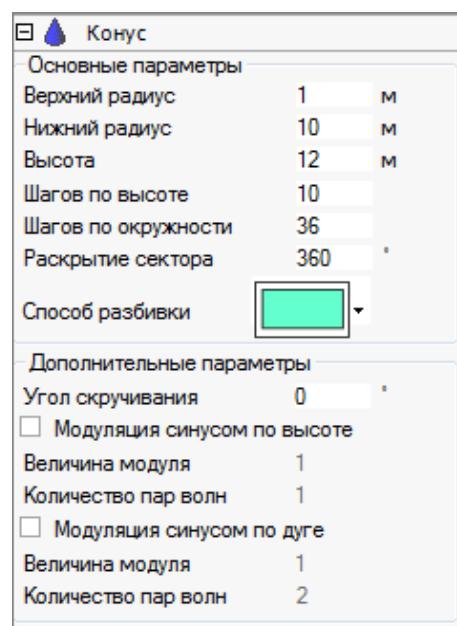


Рис. 2.54

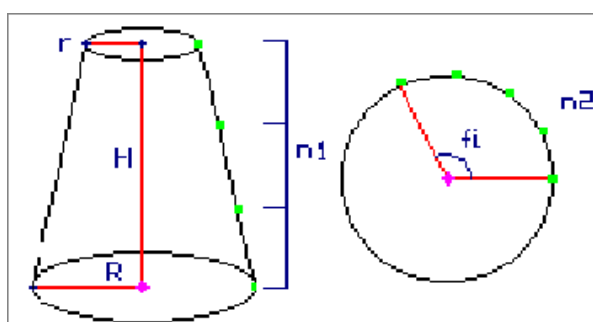


Рис. 2.55

Необходимо задать **Основные параметры** (рис. 2.54):

В диалоговом окне задаются:

- **Верхний радиус  $r$**  — верхний радиус конуса (в случае усеченного конуса);
- **Нижний радиус  $R$**  — нижний радиус (основание) конуса;
- **Высота  $H$**  — высота конуса;
- **Шагов по высоте  $n1$**  — элементов по высоте;
- **Шагов по окружности  $n2$**  — элементов по окружности;

- **Раскрытие сектора**  $\varphi$  — угол раскрытия  $\varphi$ ;
- **Способ разбивки** — выбрать элементы, из которых будет сгенерирован конус (пластины или стержни).

Затем указать **Дополнительные параметры** (рис. 2.56).

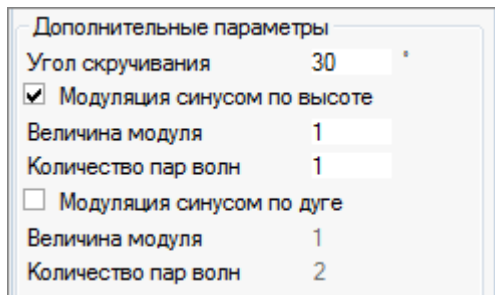


Рис. 2.56

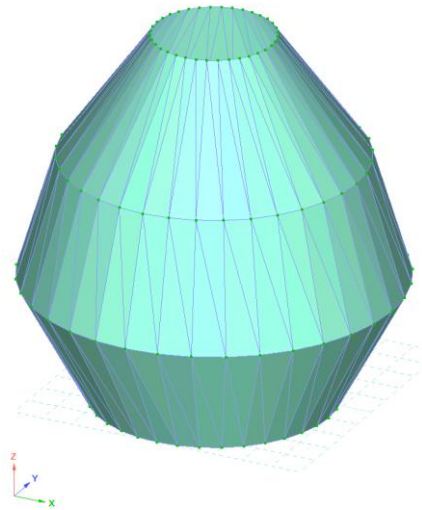


Рис. 2.57

 При задании параметров в закладке **Конус** используется цилиндрическая система координат.

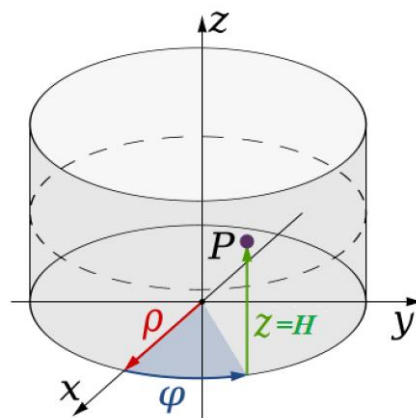


Рис. 2.58

На рисунке 2.58 обозначены:

- $\rho$  — полярный радиус;
- $\varphi$  — полярный угол;
- $z = H$  — аппликата.

Формула вычисления  $\rho$ :

$$\rho = \rho + \varphi \cdot \frac{h}{H},$$

где:

- $\varphi$  — угол скручивания;
- $H$  — высота  $Z$  конуса / усеченного конуса;

- $h$  — координата  $Z$  рассматриваемой точки.

Установленный флажок **Модуляция синусом по высоте** (рис. 2.56) дает возможность варьировать форму поверхностей, когда  $r$  зависит только от высоты  $h$ .

$$\rho = \rho \cdot \left( 1 + \Delta \cdot \left| \sin \left( n3 \cdot \frac{h}{H} \right) \right| \right),$$

где:

- $\Delta$  — величина модуля;
- $n3$  — количество пар волн;
- $H$  — высота конуса / усеченного конуса;
- $h$  — координата  $Z$  рассматриваемой точки.

Установленный флажок **Модуляция синусом по дуге** (рис. 2.59) дает возможность варьировать форму поверхностей, когда  $r$  зависит только от угла  $\varphi$ .

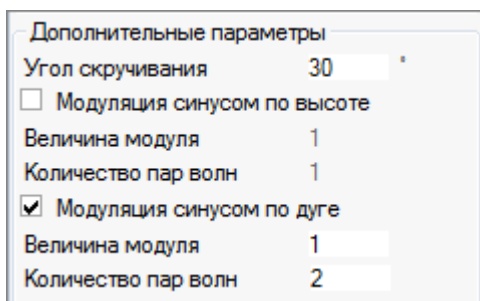


Рис. 2.59

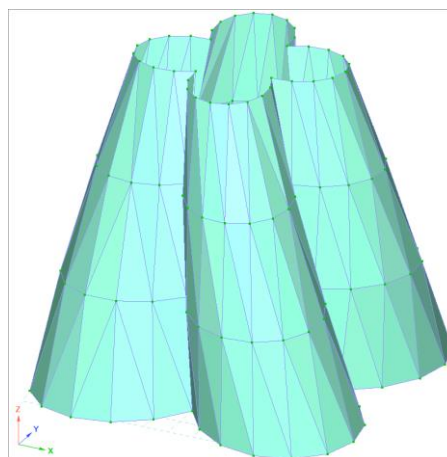



Рис. 2.60

$$\rho = \rho \cdot (1 + \Delta \cdot |\sin(n3 \cdot \varphi)|),$$

где:

- $\Delta$  — величина модуля;
- $n3$  — количество пар волн;
- $\varphi$  — угол скручивания.

 *Примечание: флажки могут быть установлены одновременно в двух окнах (рис. 2.61).*

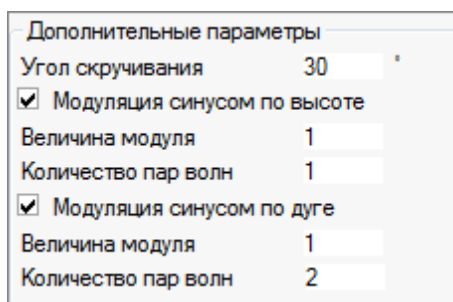


Рис. 2.61

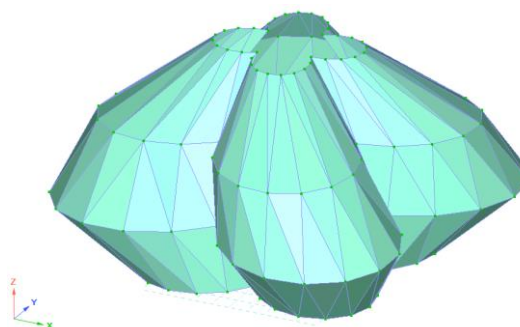


Рис. 2.62

## ○ Тор

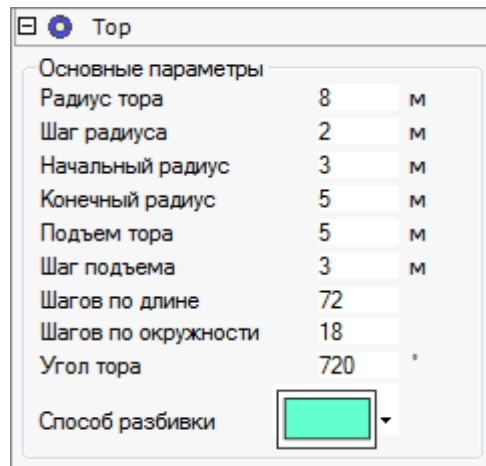


Рис. 2.63

В диалоговом окне (рис. 2.63) необходимо задать **Основные параметры** (см. рис. 2.64–2.68):

- **Радиус тора  $R$** ;
- **Шаг радиуса  $nR$**  — шаг увеличения радиуса тора;
- **Угол тора  $\varphi$**  — угол раскрытия;

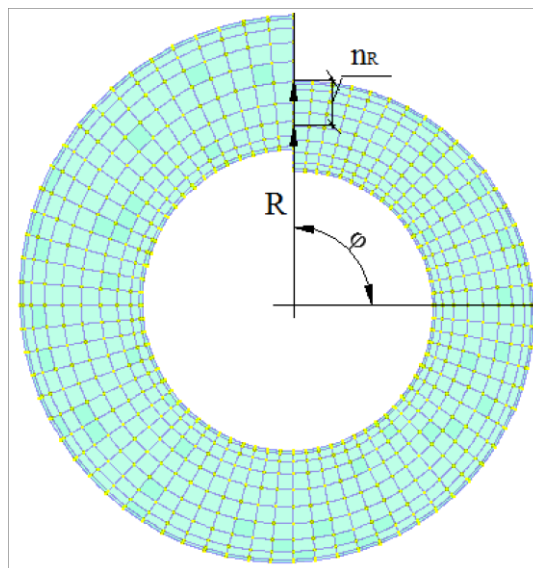


Рис. 2.64

- **Начальный радиус тора  $r1$**  — начальный радиус окружности;
- **Конечный радиус тора  $r2$**  — конечный радиус окружности;

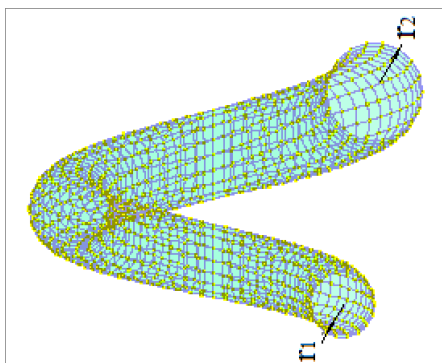


Рис. 2.65

- **Подъем тора  $H$**  — расстояние между витками спирали;
- **Шаг подъема  $nH$** ;

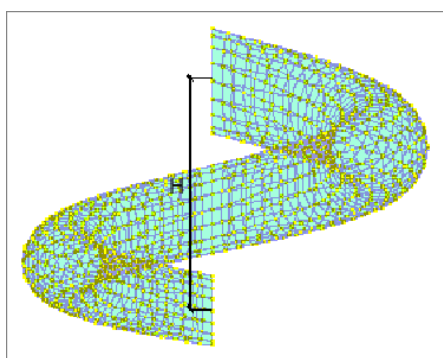


Рис. 2.66

- **Шагов по длине  $n1$**  — количество элементов по окружности, образующей тор;

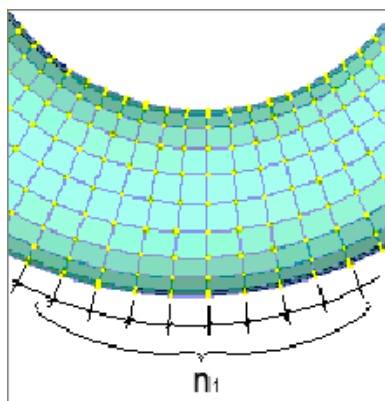


Рис. 2.67

- **Шагов по окружности  $n2$**  — количество элементов по окружности тора;



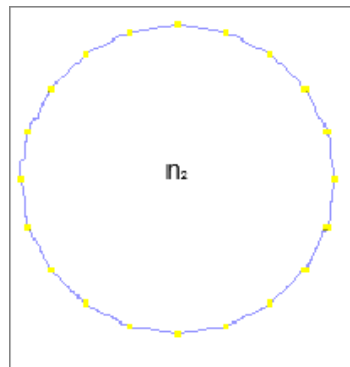


Рис. 2.68

- указать **Способ разбивки** — выбрать тип элементов, из которых будет сгенерирован тор (пластины или стержни).

После задания всех необходимых параметров следует нажать кнопку **Использовать фрагмент**.

### ○ Сфера

Основные параметры	
Радиус сферы	10 м
Шагов по широте	10
Шагов по долготе	20
Угол сектора	360 °
От центра до верха	10 м
От центра до низа	-10 м
Способ разбивки	[Green square icon]

Дополнительные параметры	
Угол скручивания	0 °
<input type="checkbox"/> Искажение сферы	
Тип искажения	[Grey circle icon]
Величина искажения	2
<input type="checkbox"/> Модуляция синусом	
Величина модуля	2
Количество пар волн	2

Рис. 2.69

В диалоговом окне (рис. 2.69) задаются **Основные параметры** (см. рисунки 2.70, 2.71):

- Радиус сферы R** — радиус сферы;
- Шагов по ширине n1** — количество элементов сферы по высоте;
- Шагов по долготе n2** — количество элементов сферы по окружности;
- Угол сектора φ** — угол раскрытия сферы в текущих единицах измерения;

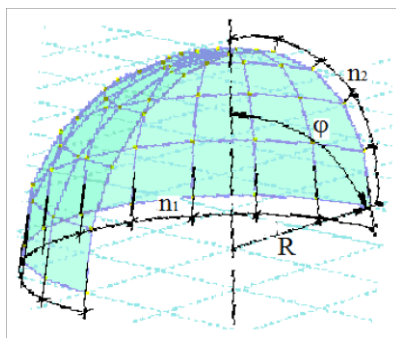


Рис. 2.70

- **От центра до верха Н1** — высота сферы от центра до верха в текущих единицах измерения;
- **От центра до низа Н2** — высота сферы от центра до низа в текущих единицах измерения.

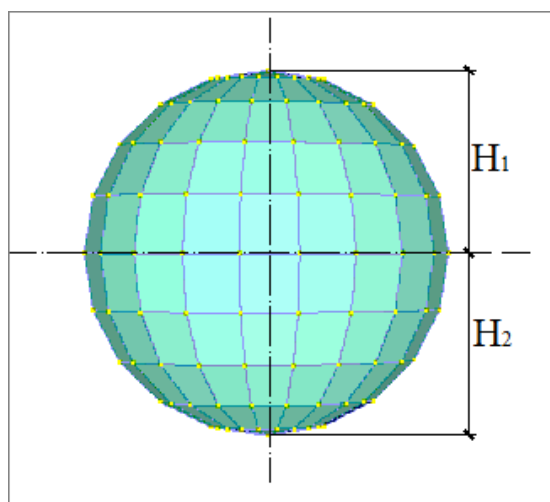


Рис. 2.71

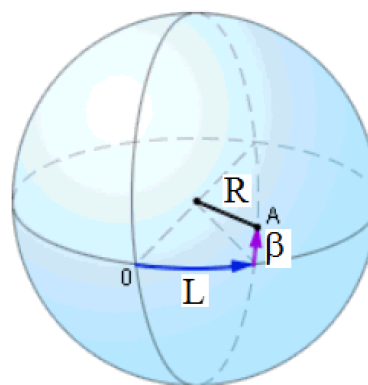


Рис. 2.72

При задании параметров в закладке **Сфера** используется сферическая система координат. Координаты точек сферы определяются по формулам:

$$x = x \cdot (1 + \Delta \cdot |\sin(n1 \cdot L)|),$$

$$y = y \cdot (1 + \Delta \cdot |\sin(n2 \cdot L)|),$$

где:

- $\Delta$  — величина модуля;
- $n1, n2$  — количество пар волн;
- угол  $L$  — долгота.

В области **Дополнительные параметры** (рис. 2.73) указывается **Угол скручивания**, **Искажение сферы**: **Тип искажения** (рис. 2.74) и **Величина искажения**.

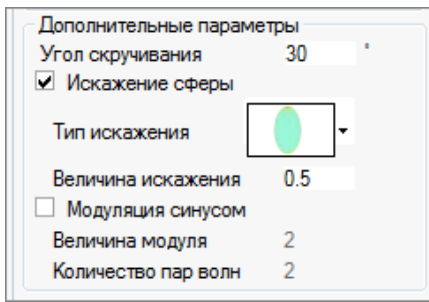


Рис. 2.73

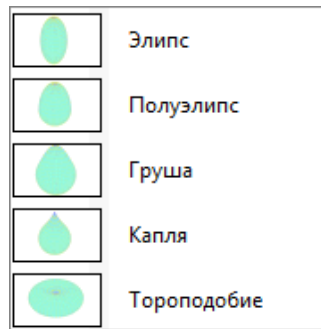


Рис. 2.74

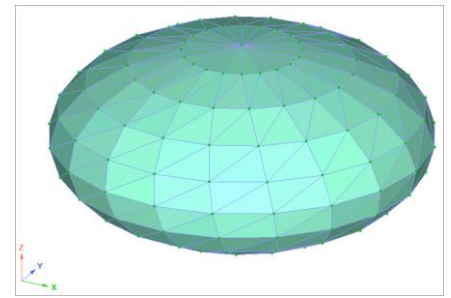


Рис. 2.75

Если необходима **Модуляция синусом** (рис. 2.76), то нужно:

- задать **Величину модуля**;
- указать **Количество пар волн**.

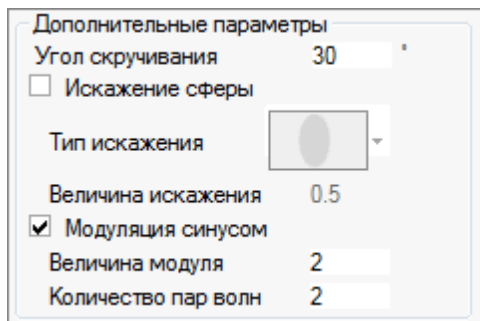


Рис. 2.76

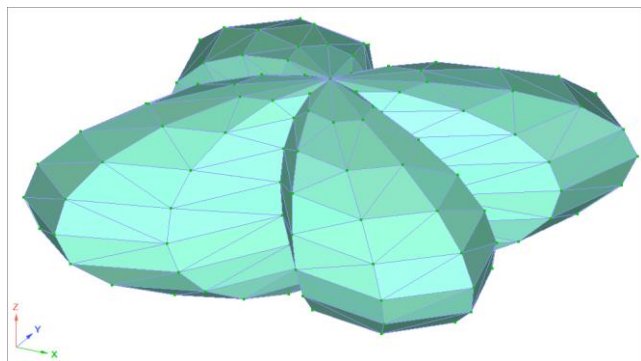



Рис. 2.77

 *Примечание: флажки могут быть установлены одновременно в двух окнах (рис. 2.78).*

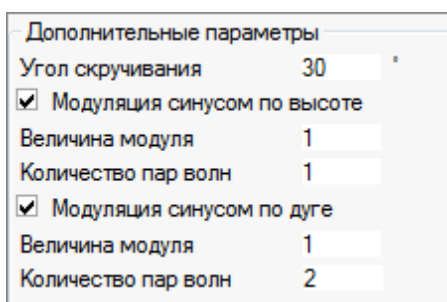


Рис. 2.78

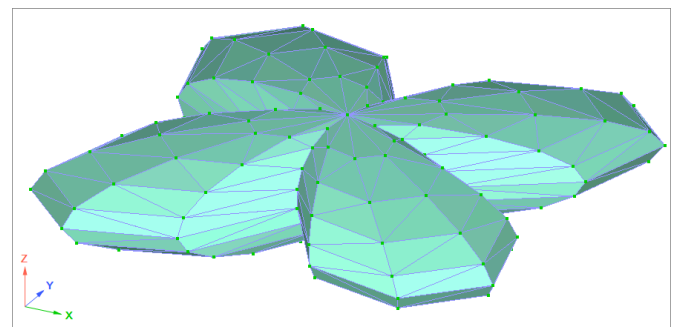


Рис. 2.79

После задания всех необходимых параметров нужно нажать на кнопку **Использовать фрагмент**.

○ **Геодезический купол**

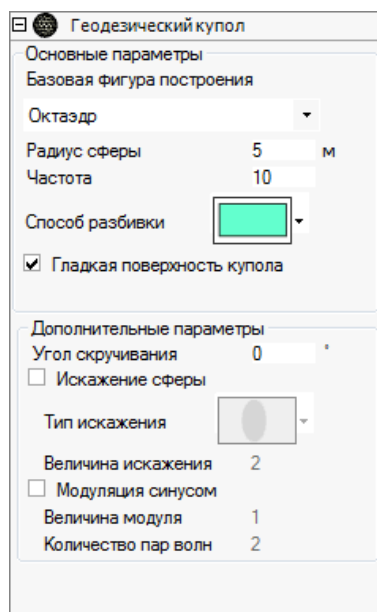


Рис. 2.80

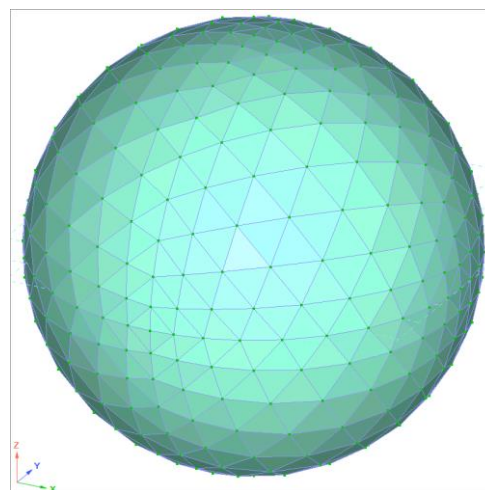



Рис. 2.81

Для построения необходимо задать **Основные параметры** (рис. 2.80):

- **Базовую фигуру построения** (тетраэдр, октаэдр, икосаэдр);
- указать **Радиус сферы**;
- указать **Частоту разбивки**;
- выбрать **Способ разбивки** — элементы, из которых создается купол.

Чтобы сгладить отображаемую поверхность купола, нужно установить соответствующий флажок **Гладкая поверхность купола**.

 При задании параметров в закладке **Геодезический купол** используется сферическая система координат.

**Дополнительные параметры** задаются аналогично предыдущему пункту **Сфера**.

• **Привязка и расположение фрагмента**

В раскрывающемся списке активной закладки (рис. 2.82) необходимо выбрать один из типов вставки.

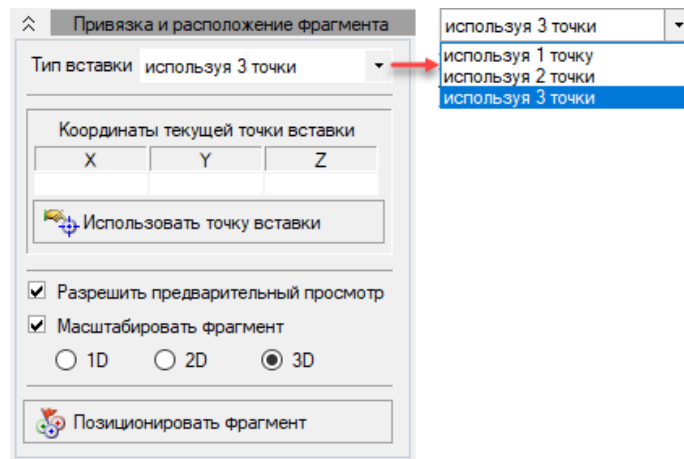


Рис. 2.82

Изменить расположение 1 (текущей) точки, 2 и 3 точек возможно, нажав на кнопку **Позиционировать фрагмент**.

Если выбрана строка **используя 1 точку**, то можно задать текущую точку двумя способами:

- указать координаты текущей точки с подтверждением **Использовать точку вставки**;
- указать ее на схеме, нажав на кнопку **Позиционировать фрагмент**.

Если выбрана строка **используя 2(3) точки**, то далее необходимо нажать на кнопку **Позиционировать фрагмент**.

Позиционирование фрагмента осуществляется в новом экранном окне. После назначения точек вставки его необходимо закрыть.

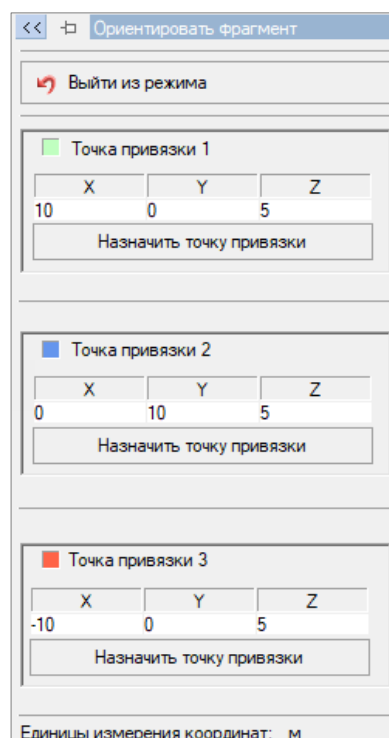


Рис. 2.83

Назначение точек может быть осуществлено двумя способами:

- указанием координат (рис. 2.83);
- графически: наведя курсор на нужные узлы и щелкнув правой кнопкой мыши (рис. 2.84).

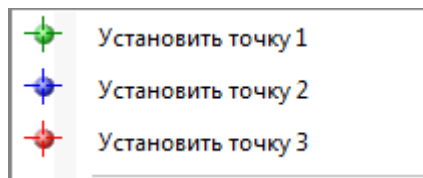


Рис. 2.84


Установка флажка **Разрешить предварительный просмотр** поможет установить положение объекта.

Установленный флажок **Масштабировать фрагмент** позволяет увеличивать или уменьшать габариты создаваемого тела в одном, двух или трех направлениях. Это действие осуществляется щелчком мыши по сети построения и проведением отрезка. Отношение длины этого отрезка и габарита тела будет множителем к габариту, который параллелен отрезку.

#### • Параметры операции

Закладка позволяет выполнить автоматическое пересечение добавляемых элементов с уже существующими. Для этого нужно установить флажок **Выполнять пересечения добавляемых элементов с существующими**.

#### Добавление пространственной рамы

Для добавления пространственной рамы в расчетную схему необходимо воспользоваться меню **Схема** ⇒ **Пространственная рама** либо же кнопкой  на панели инструментов / вкладке ленты. Активизируется режим **Добавить раму** (рис. 2.85), с помощью которого возможно создание фрагментов пространственных рам.

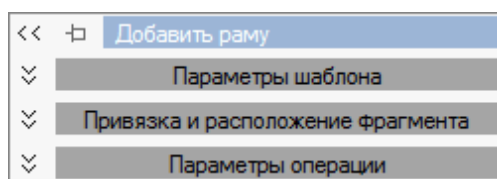


Рис. 2.85

#### • Параметры шаблона

Для создания пространственной рамы необходимо в **Параметрах по оси X/Y/Z** указать (рис. 2.86):

- **Шаг разбивки** — длина фрагмента вдоль соответствующей оси X/Y/Z в текущих единицах измерения. Если стержни, соединяющие узлы пространственной рамы, состоят из нескольких участков (имеют промежуточные узлы), то в полях ввода **Шаг разбивки** задаются необходимые числа.

- Количество **Повторов** с заданным шагом.
- **N** — количество элементов, на которые разбивается заданный **Шаг** разбивки.

При установленном флажке **Генерировать плиты перекрытия** происходит автоматическое формирование плит перекрытия с учетом имеющихся узлов.

Параметры шаблона

Параметры по оси X

	#	Шаг	Повторов	N
▶	1	6	2	1
*	2			


Параметры по оси Y

	#	Шаг	Повторов	N
▶	1	6	2	1
*	2			

Параметры по оси Z

	#	Шаг	Повторов	N
▶	1	5	5	1
*	2			1

Генерировать плиты перекрытия

Способ разбивки: 

Использовать архитектурные элементы

Использовать фрагмент

Рис. 2.86

Также необходимо выбрать **Способ разбивки** на КЭ при помощи раскрывающегося окна (рис. 2.87).



Рис. 2.87

Для добавления рамы необходимо нажать кнопку **Использовать фрагмент**. Создаваемый фрагмент будет привязан к указанному курсором узлу на уже существующем фрагменте схемы или на пересечении осей построения.

- **Привязка и расположение фрагмента**

В раскрывающемся списке активной закладки (рис. 2.88) необходимо выбрать один из типов вставки.

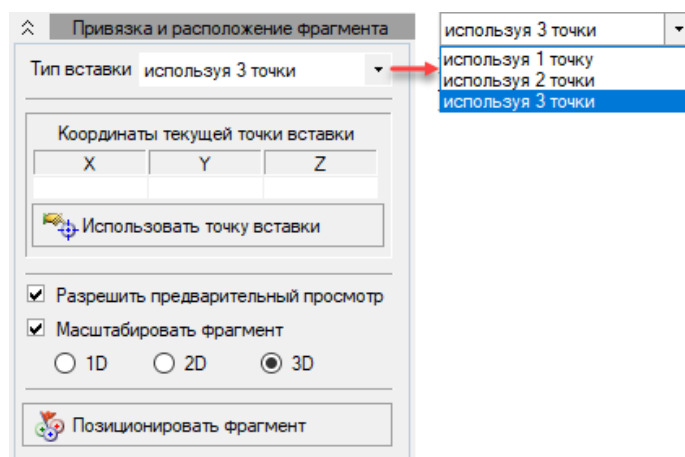


Рис. 2.88

Изменить расположение 1 (текущей) точки, 2 и 3 точек возможно, нажав на кнопку **Позиционировать фрагмент**.

Если выбрана строка **используя 1 точку**, то можно задать текущую точку двумя способами:

- указать координаты текущей точки с подтверждением **Использовать точку вставки**;
- указать ее на схеме, нажав на кнопку **Позиционировать фрагмент**.

Если выбрана строка **используя 2(3) точки**, то далее необходимо нажать на кнопку **Позиционировать фрагмент**.

Позиционирование фрагмента осуществляется в новом экранном окне. После назначения точек вставки его необходимо закрыть.

Назначение точек может быть осуществлено двумя способами:

- указанием координат (рис. 2.89);
- графически: наведя курсор на нужные узлы и щелкнув правой кнопкой мыши (рис. 2.90).

Установка флажка **Разрешить предварительный просмотр** поможет установить положение объекта.



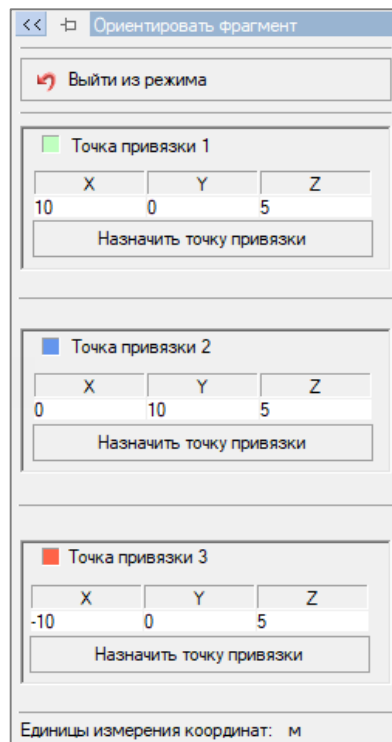


Рис. 2.89

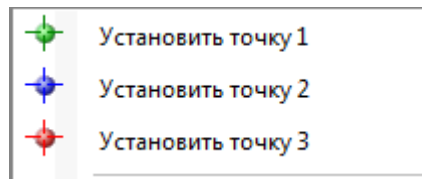



Рис. 2.90

Установленный флажок **Масштабировать фрагмент** позволяет увеличивать или уменьшать габариты создаваемого тела в одном, двух или трех направлениях. Это действие осуществляется щелчком мыши по сети построения и проведением отрезка. Отношение длины этого отрезка и габарита тела будет множителем к габариту, который параллелен отрезку.

#### • Параметры операции

Закладка позволяет выполнить автоматическое пересечение добавляемых элементов с уже существующими. Для этого нужно установить флажок **Выполнять пересечения добавляемых элементов с существующими**.

#### Добавление фермы

Для добавления фермы в расчетную схему необходимо воспользоваться меню **Схема** ⇒ **Ферма** либо же кнопкой  на панели инструментов / вкладке ленты. Активизируется режим **Добавить ферму** (рис. 2.91), с помощью которого возможно создание ферм по шаблону.

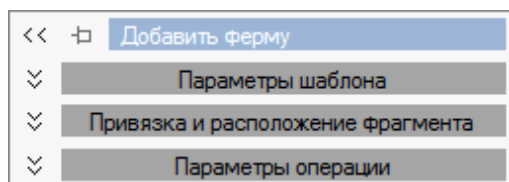


Рис. 2.91

• **Параметры шаблона**

Необходимо выбрать требуемую конфигурацию фермы по очертанию поясов (рис. 2.93).

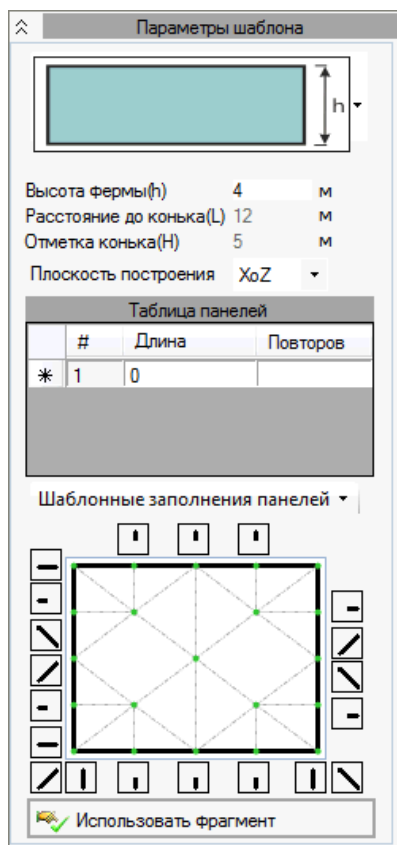


Рис. 2.92

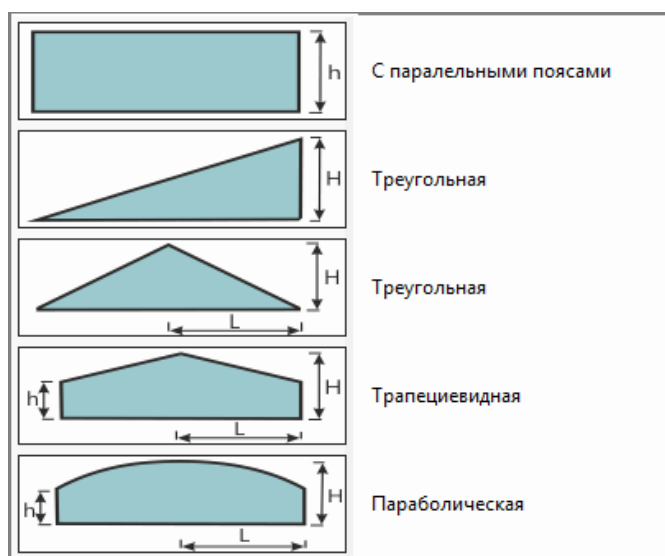


Рис. 2.93

После выбора соответствующего элемента в списке шаблонов нужно задать параметры фермы (рис. 2.92):

- **Высоту фермы (h);**
- **Расстояние до конька (L);**
- **Отметку конька (H);**
- **Плоскость построения (XoZ или YoZ).**

В **Таблице панелей** нужно задать:

- **Длину панелей;**
- количество **Повторов.**

 Если панели разные, то для каждой следует задавать свой шаблон.

Раскрывающийся список **Шаблонные заполнения панелей** содержит набор шаблонов, облегчающих построение (рис. 2.94).

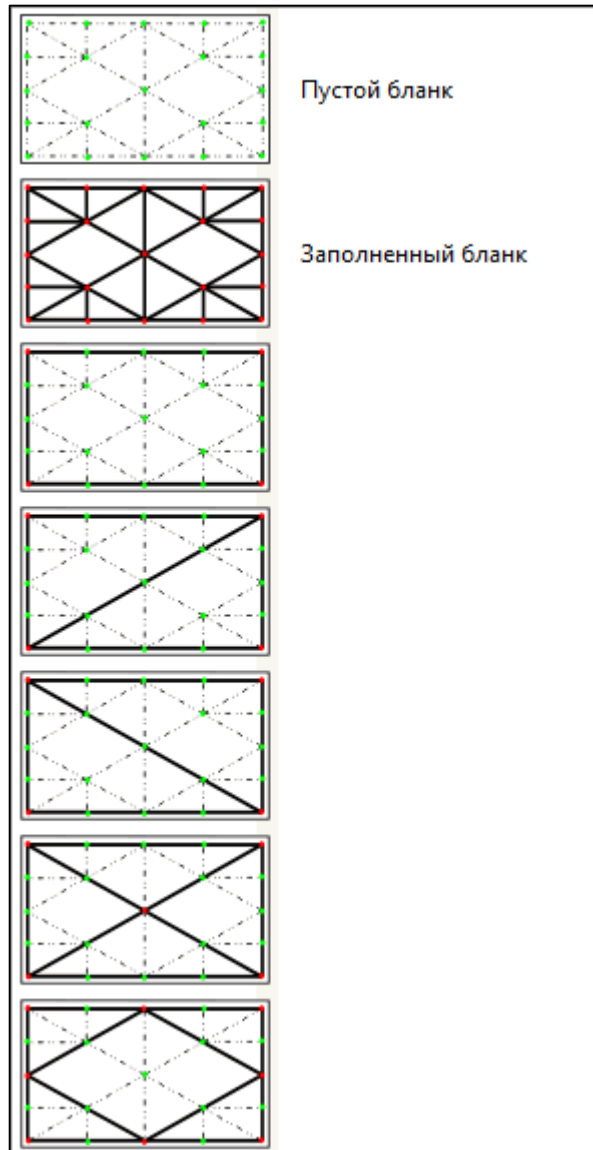


Рис. 2.94

Также шаблон можно создать самостоятельно, используя **Шаблон для рисования панелей** (рис. 2.95).

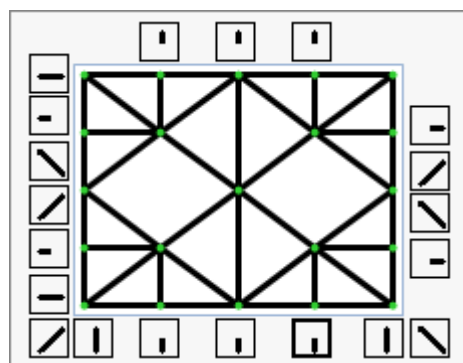


Рис. 2.95

Для добавления заданной фермы на рабочую область нажмите кнопку **Использовать фрагмент**.

- **Привязка и расположение фрагмента**

В раскрывающемся списке активной закладки (рис. 2.96) необходимо выбрать один из типов вставки.

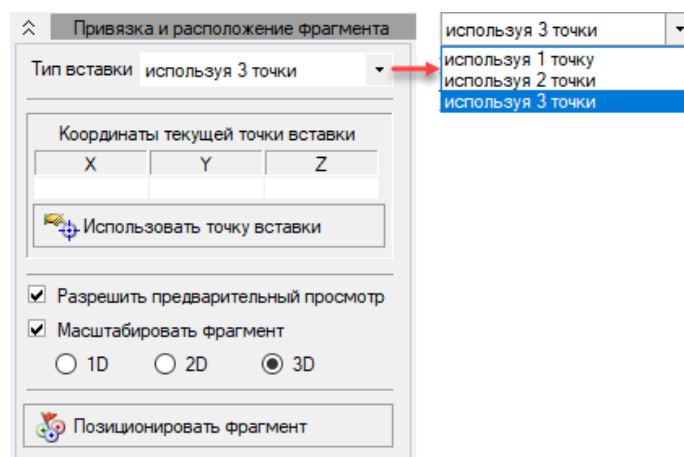


Рис. 2.96

Изменить расположение 1 (текущей) точки, 2 и 3 точек возможно, нажав на кнопку **Позиционировать фрагмент**.

Если выбрана строка **используя 1 точку**, то можно задать текущую точку двумя способами:

- указать координаты текущей точки с подтверждением **Использовать точку вставки**;
- указать ее на схеме, нажав на кнопку **Позиционировать фрагмент**.

Если выбрана строка **используя 2(3) точки**, то далее необходимо нажать на кнопку **Позиционировать фрагмент**.

Позиционирование фрагмента осуществляется в новом экранном окне. После назначения точек вставки его необходимо закрыть.

Назначение точек может быть осуществлено двумя способами:

- указанием координат (рис. 2.97);
- графически: наведя курсор на нужные узлы и щелкнув правой кнопкой мыши (рис. 2.98).

Установка флажка **Разрешить предварительный просмотр** поможет установить положение объекта.

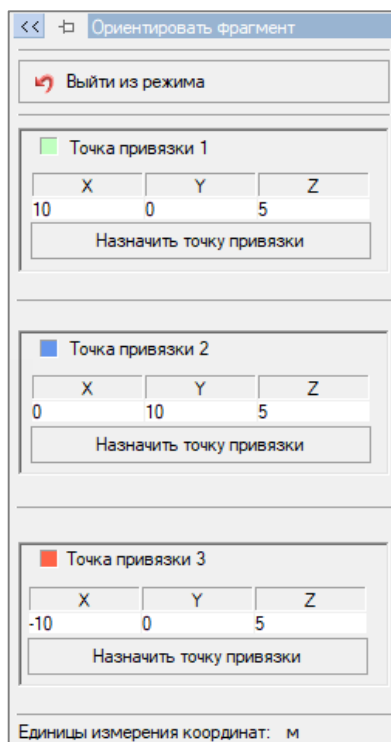


Рис. 2.97

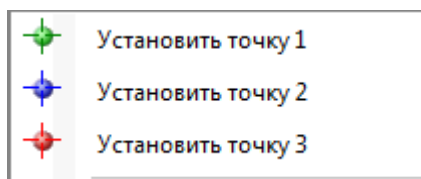



Рис. 2.98

Установленный флажок **Масштабировать фрагмент** позволяет увеличивать или уменьшать габариты создаваемого тела в одном, двух или трех направлениях. Это действие осуществляется щелчком мыши по сети построения и проведением отрезка. Отношение длины этого отрезка и габарита тела будет служить множителем к габариту, который параллелен отрезку.

- **Параметры операции**

Закладка позволяет выполнить автоматическое пересечение добавляемых элементов с уже существующими, для этого нужно установить флажок **Выполнять пересечения добавляемых элементов с существующими**.

### Добавление фрагмента плоской плиты

Для добавления фрагмента плоской плиты в расчетную схему необходимо воспользоваться меню **Схема** ⇒ **Плоская плита** или кнопкой  на панели инструментов / вкладке ленты. Активизируется режим **Добавить плиту** (рис. 2.99), с помощью которого возможно создание плит по шаблону.

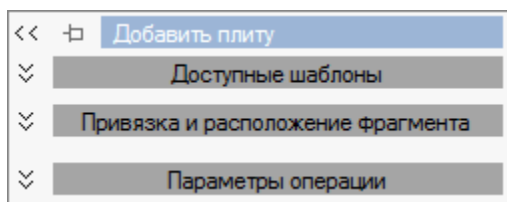


Рис. 2.99

- **Доступные шаблоны**

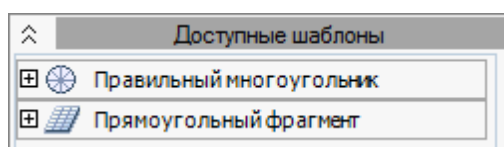


Рис. 2.100

- **Правильный многоугольник**

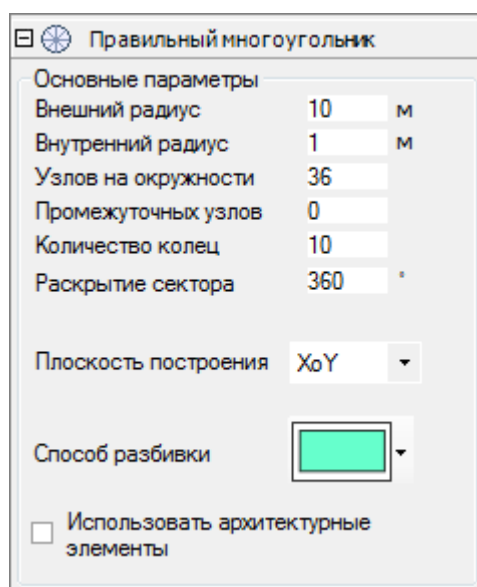


Рис. 2.101

Необходимо ввести **Основные параметры** правильного многоугольника (рис. 2.101):

- **Внешний радиус;**
- **Внутренний радиус** (в случае задания кольца);
- количество **Узлов на окружности;**
- количество **Промежуточных узлов**, расположенных на отрезках между узлами на окружности;
- **Количество колец**, включая внутренний радиус;
- **Раскрытие сектора.**

В раскрывающемся списке **Плоскость построения** необходимо задать ориентацию фрагмента в глобальных осях координат: XOY; XOZ; YOZ.

В раскрывающемся списке **Способ разбивки** (рис. 2.102) предоставляется выбор способа разбивки создаваемой схемы сетью КЭ.



Рис. 2.102

Для построения нажмите кнопку **Использовать фрагмент**.

- **Прямоугольный фрагмент**

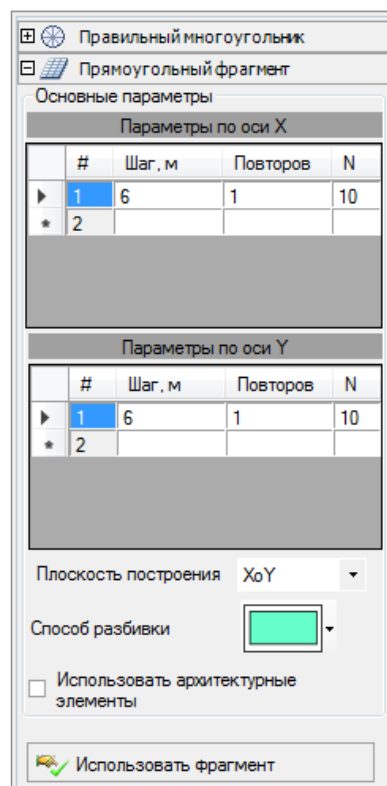


Рис. 2.103

Необходимо выбрать **Плоскость построения** XOY; XOZ; YOZ.

В **Параметрах по оси X/Y** (рис. 2.103) нужно указать:

- **Шаг** разбивки — длина фрагмента вдоль соответствующей оси X/Y в текущих единицах измерения;
- количество **Повторов** с заданным шагом;
- **N** — количество элементов, на которые разбивается заданный **Шаг**.

Для построения нажмите кнопку **Использовать фрагмент**.

- **Привязка и расположение фрагмента**

В раскрывающемся списке активной закладки (рис. 2.104) необходимо выбрать один из **Типов вставки**.

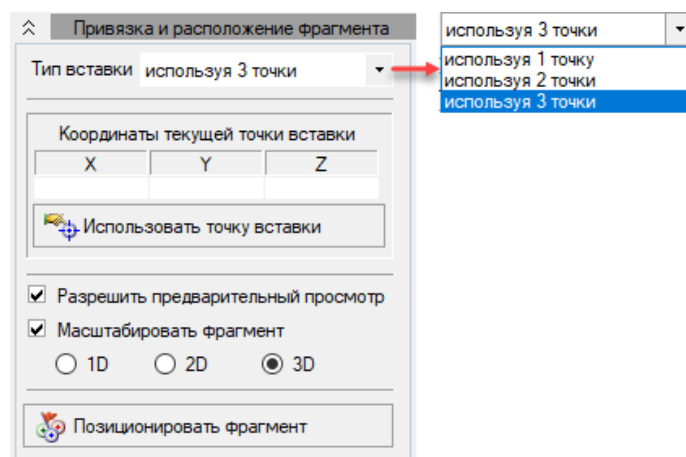


Рис. 2.104

Изменить расположение 1 (текущей) точки, 2 и 3 точек возможно, нажав на кнопку **Позиционировать фрагмент**.

Если выбрана строка **используя 1 точку**, то можно задать текущую точку двумя способами:

- указать координаты текущей точки с подтверждением **Использовать точку вставки**;
- указать ее на схеме, нажав на кнопку **Позиционировать фрагмент**.

Если выбрана строка **используя 2(3) точки**, то далее необходимо нажать на кнопку **Позиционировать фрагмент**.

Позиционирование фрагмента осуществляется в новом экранном окне. После назначения точек вставки его необходимо закрыть.

Назначение точек может быть осуществлено двумя способами:

- указанием координат (рис. 2.106);
- графически: наведя курсор на нужные узлы и щелкнув правой кнопкой мыши (рис. 2.105).

Установка флажка **Разрешить предварительный просмотр** поможет установить положение объекта.

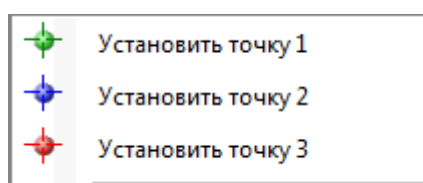


Рис. 2.105



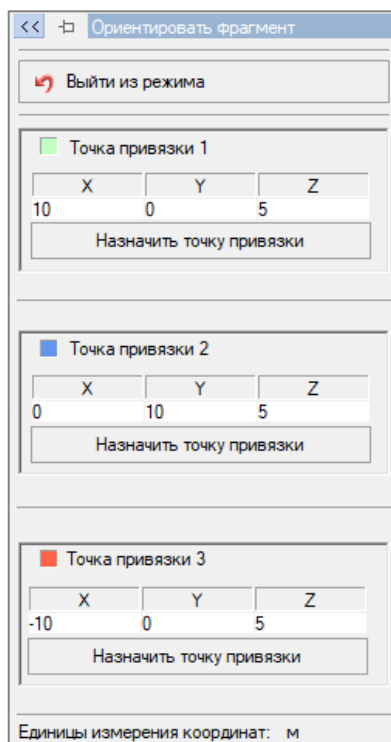



Рис. 2.106

Установленный флажок **Масштабировать фрагмент** позволяет увеличивать или уменьшать габариты создаваемого тела в одном, двух или трех направлениях. Это действие осуществляется щелчком мыши по сети построения и проведением отрезка. Отношение длины этого отрезка и габарита тела будет служить множителем к габариту, который параллелен отрезку.

- **Параметры операции**

Закладка позволяет выполнить автоматическое пересечение добавляемых элементов с уже существующими. Для этого нужно установить флажок **Выполнять пересечения добавляемых элементов с существующими**.

### Добавление линий по шаблону

Для добавления линий по шаблону в расчетную схему необходимо воспользоваться меню **Схема** ⇒ **Линия по шаблону** или кнопкой  на панели инструментов / вкладке ленты. Активизируется режим **Добавить линии** (рис. 2.107).

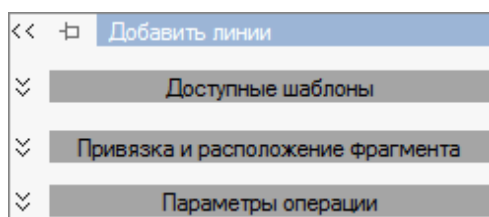


Рис. 2.107

• **Доступные шаблоны**

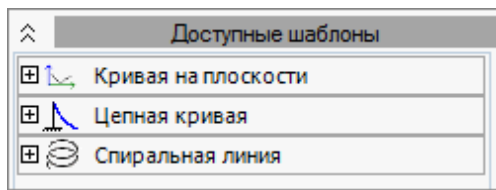


Рис. 2.108

○ **Кривая на плоскости**

Шаблон предназначен для задания поверхностей с помощью математических функций и систем уравнений. При помощи нажатия кнопки **Кривая на плоскости** необходимо произвести выбор:

$$\begin{cases} Y = f(X) \\ R = f(\varphi) \end{cases} \text{ или } \begin{cases} X = f(T) \\ Y = f(T) \end{cases}$$

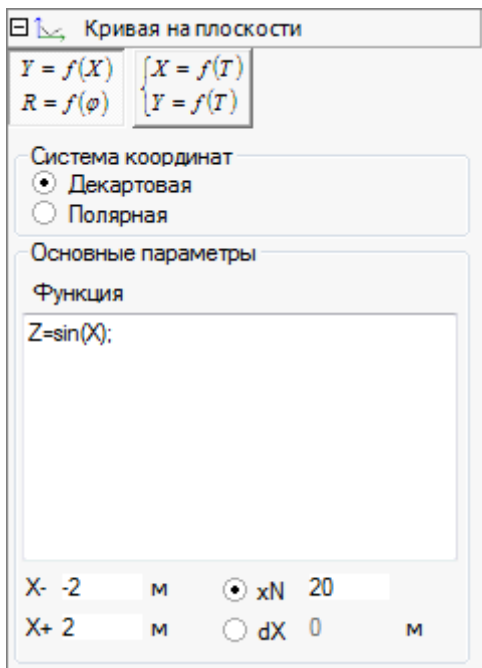


Рис. 2.109

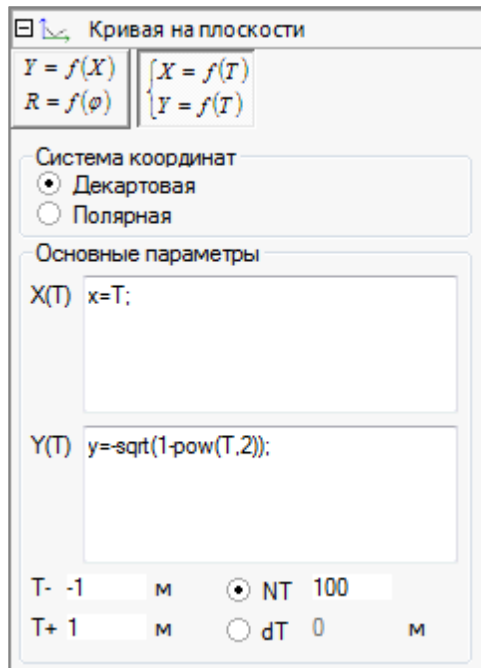


Рис. 2.110

При нажатии на кнопку  $\begin{cases} Y = f(X) \\ R = f(\varphi) \end{cases}$  в соответствующее поле ввода (рис. 2.109) записывается формула кривой на плоскости:

- $Y = f(X)$  — для декартовой системы координат;
- $R = f(\varphi)$  — для полярной системы координат.


 *Синтаксис формульного задания поверхностей должен полностью соответствовать синтаксису и правилам использования языка программирования C#. То есть допускается создание пользовательских переменных любых типов данных, доступных в C#, использование любых видов циклов, написание различных условий и ограничений на параметры функций и т.д.*

Таблица 2.2. Список базовых функций и констант

Название функции	Описание функции	Название функции	Описание функции
Sin(x)	Синус	Log(x)	Натуральный логарифм
Cos(x)	Косинус	log10(x), lg(x)	Логарифм по основанию 10
Tan(x)	Тангенс	Sqrt(x)	Корень квадратный
Asin(x)	Арксинус	Pow(x,n)	Возведения x в степень n, $x^n$
Acos(x)	Арккосинус	Abs(x)	Абсолютная величина числа
Atan(x)	Арктангенс	Exp(x)	Вычисление экспоненты
Sinh(x)	Гиперболический синус	pi	Константа $\pi = 3,1415926535$
Cosh(x)	Гиперболический косинус	e	Константа $e = 2,7182818284$
Tanh(x)	Гиперболический тангенс	—	—

В таблице 2.2 перечислены основные математические функции и константы, которые можно использовать для задания функций поверхности.

При выборе кнопки с системой уравнения  $\begin{cases} X = f(T) \\ Y = f(T) \end{cases}$  в соответствующих полях ввода (рис. 2.110) необходимо:

- указать систему координат;
- ввести функции;
- задать граничные значения и количество точек на контуре.

### ○ Цепная кривая

Шаблон предназначен для автоматического задания нитей и вант.

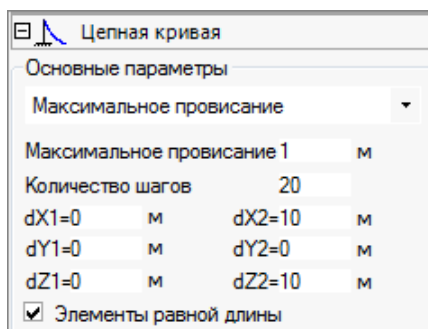


Рис. 2.111

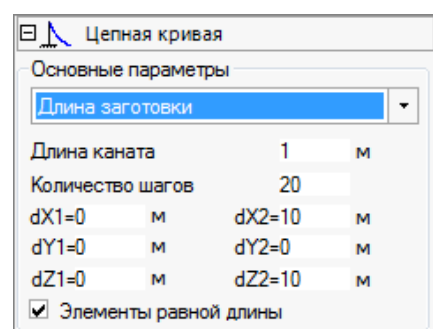


Рис. 2.112

Для создания **Цепной кривой** необходимо указать **Основные параметры**:

- При **Максимальном провисании** (рис. 2.111) — провисании в середине пролета:
  - **Максимальное провисание**;
  - **Количество шагов** — количество промежуточных участков;
  - **dX1, dY1, dZ1** — координаты начальной точки;
  - **dX2, dY2, dZ2** — координаты конечной точки;
- **Длина заготовки** (рис. 2.112):
  - **Длина каната** — реальная длина;

- **Количество шагов;**
- **dX1, dY1, dZ1, dX2, dY2, dZ2** — начальные и конечные координаты точки.

В результате на экране появится цепная линия, разбитая на заданное количество участков равной длины по кривой или по проекции.

После задания всех необходимых параметров нажмите кнопку **Использовать фрагмент**.

○ **Спиральная линия**

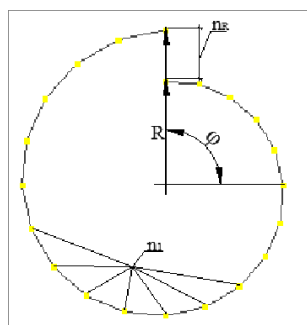


Рис. 2.113

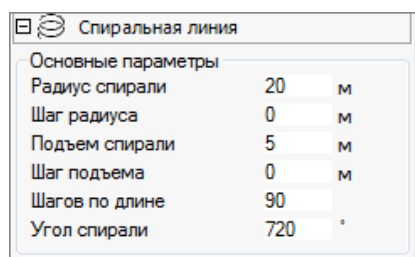


Рис. 2.114

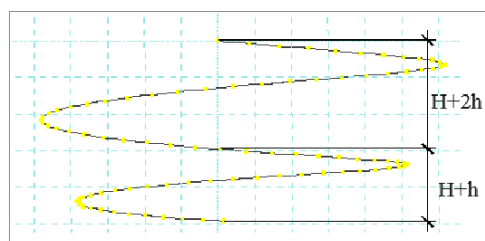



Рис. 2.115

Для создания нужно указать **Основные параметры** (рис. 2.114):

- **Радиус спирали R;**
- **Шаг радиуса nR** — шаг радиуса спирали;
- **Подъем спирали H** — высота подъема спирали;
- **Шаг подъема h** — шаг высоты подъема спирали;
- **Шагов по длине n1** — элементов по окружности;
- **Угол спирали φ** — угол раскрытия.

 На рисунке:  $H+h$ ,  $H+2h$  — каждый виток спирали увеличивается на высоту подъема.

После задания всех необходимых параметров нажмите кнопку **Использовать фрагмент**.

• **Привязка и расположение фрагмента**

В раскрывающемся списке активной закладки (рис. 2.116) необходимо выбрать один из **Типов вставки**.

Изменить расположение 1 (текущей) точки, 2 и 3 точек возможно, нажав на кнопку **Позиционировать фрагмент**.

Если выбрана строка **используя 1 точку**, то можно задать текущую точку двумя способами:

- указать координаты текущей точки с подтверждением **Использовать точку вставки;**
- указать ее на схеме, нажав на кнопку **Позиционировать фрагмент**.

Если выбрана строка **используя 2(3) точки**, то далее необходимо нажать на кнопку **Позиционировать фрагмент**.

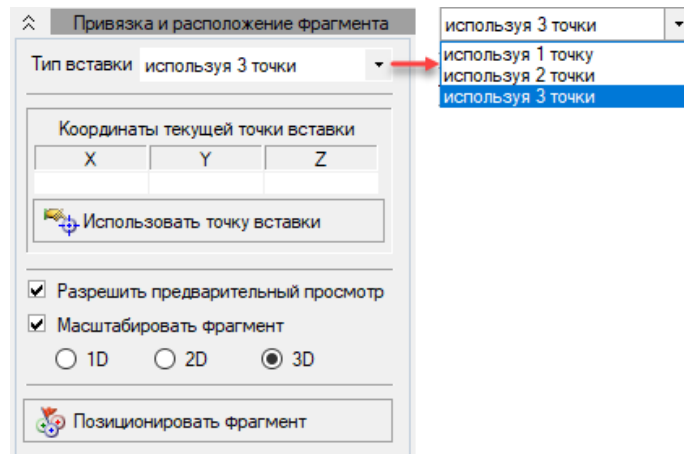


Рис. 2.116

Позиционирование фрагмента осуществляется в новом экранном окне. После назначения точек вставки его необходимо закрыть.

Назначение точек может быть осуществлено двумя способами:

- указанием координат (рис. 2.117);
- графически: наведя курсор на нужные узлы и щелкнув правой кнопкой мыши (рис. 2.118).

Установка флажка **Разрешить предварительный просмотр** поможет установить положение объекта.

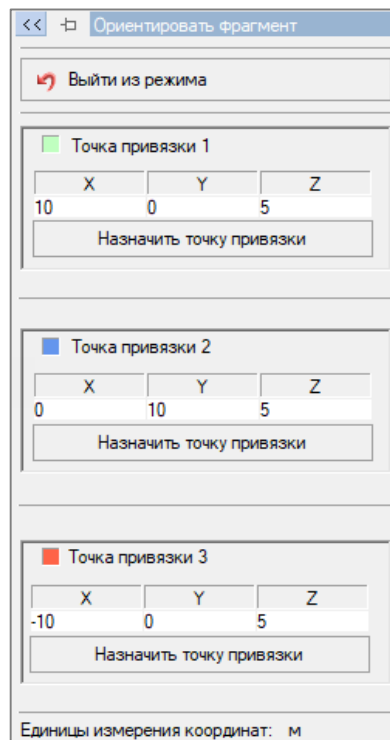


Рис. 2.117

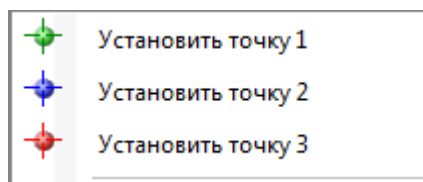



Рис. 2.118

Установленный флажок **Масштабировать фрагмент** позволяет увеличивать или уменьшать габариты создаваемого тела в одном, двух или трех направлениях. Это действие осуществляется щелчком мыши по сети построения и проведением отрезка. Отношение длины этого отрезка и габарита тела будет множителем к габариту, который параллелен отрезку.


• **Параметры операции**

Закладка позволяет выполнить автоматическое пересечение добавляемых элементов с уже существующими, для этого нужно установить флажок **Выполнять пересечения добавляемых элементов с существующими**.

**Добавление фрагмента перемещением образующей**

Для добавления в расчетную схему фрагмента перемещением образующей необходимо воспользоваться командой меню **Схема ⇨ Перемещение образующей** или кнопкой  на панели инструментов / вкладке ленты. Активизируется режим **Добавить движением образующей** (рис. 2.119), с помощью которого возможно создание пространственной расчетной схемы из плоского фрагмента (образующей) по одному из типов движения:

- перемещение образующей;
- вращение образующей.

 *Перед выполнением операции необходимо отметить соответствующие узлы и элементы.*

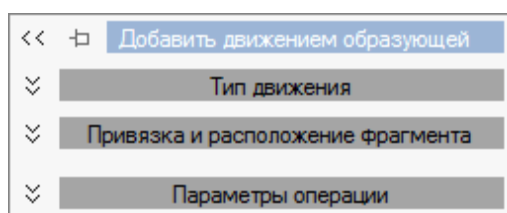


Рис. 2.119

• **Тип движения**

Состоит из двух закладок (рис. 2.120).

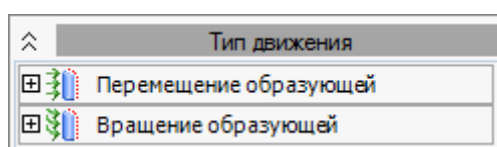


Рис. 2.120

- **Перемещение образующей**

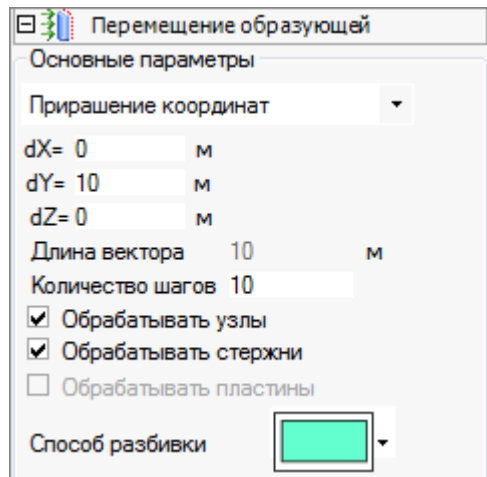


Рис. 2.121

Необходимо ввести **Основные параметры** (рис. 2.121), для этого нужно выбрать способ задания объекта:

- **Приращением координат:**
  - **dX, dY, dZ** — расстояния между образующей и ее последней копией вдоль соответствующей оси (перемещение только в плоскости образующей некорректно);
  - **Количество шагов** — количество копий заданной образующей.
- **Вектор перемещения и длина:**
  - **dX, dY, dZ** — направление вектора перемещения образующей;
  - **Длина вектора** — задается длина направляющей (вектора);
  - **Количество шагов** — количество копий заданной образующей.

Образование объекта происходит копированием образующей. Копии последовательно соединяются по следующему принципу:

- **Обрабатывать узлы** — узлы преобразуются в стержни;
- **Обрабатывать стержни** — стержни преобразуются в пластины;
- **Обрабатывать пластины** — пластины преобразуются в объемные элементы.

При генерации геометрии схемы элементы получают тип КЭ, выбранный в окне **Способ разбивки**.

### Пример 2.4.3

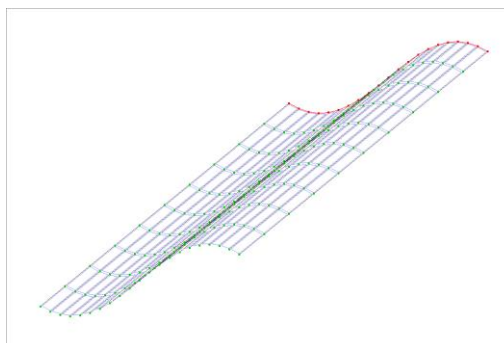


Рис. 2.122

○ **Вращение образующей**

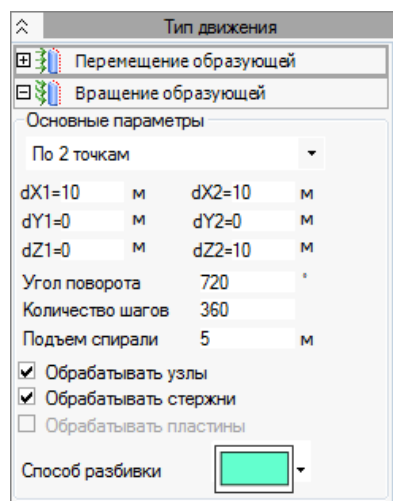


Рис. 2.123

Необходимо ввести **Основные параметры** (рис. 2.123), для этого нужно выбрать способ задания объекта:

- **По 2 точкам:**
  - задаются координаты двух точек, через которые пройдет ось вращения — **dX1, dY1, dZ1** и **dX2, dY2, dZ2**;
- **Точка и вектор:**
  - задаются координаты первой точки **dX1, dY1, dZ1**, с которой начнется ось вращения и второй — **dX2, dY2, dZ2**. Таким образом указывается направление и длина направляющего вектора;
  - **Угол поворота**  $\varphi$  — угол раскрытия образующей;
  - **Количество шагов**  $n$  — задается количество копий заданной образующей;
  - **Подъем спирали** — расстояние  $dh$  между образующей и ее последней копией вдоль оси вращения для создания спиралеобразной конструкции.

Образование объекта происходит копированием образующей. Копии последовательно соединяются по следующему принципу:

- **Обрабатывать узлы** — узлы преобразуются в стержни;
- **Обрабатывать стержни** — стержни преобразуются в пластины;
- **Обрабатывать пластины** — пластины преобразуются в объемные элементы.

При генерации геометрии схемы элементы получают тип КЭ, выбранный в окне **Способ разбивки**.



### Пример 2.4.4

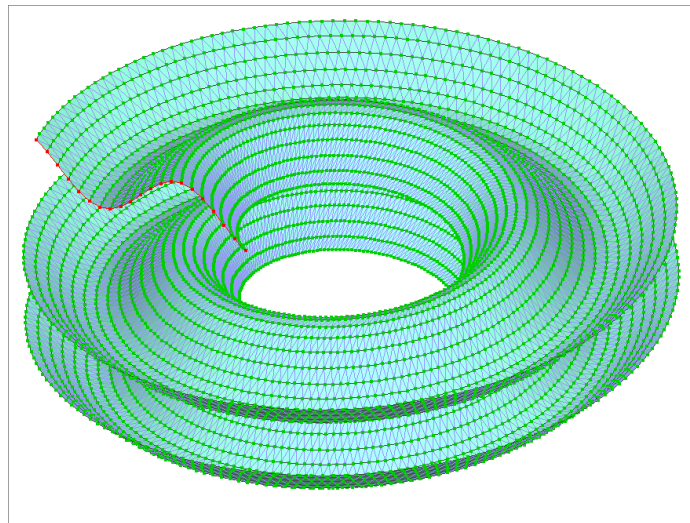


Рис. 2.124

- **Привязка и расположение фрагмента**

В раскрывающемся списке активной закладки (рис. 2.125) необходимо выбрать один из типов вставки.

Изменить расположение 1 (текущей) точки, 2 и 3 точек возможно, нажав на кнопку **Позиционировать фрагмент**.

Если выбрана строка **используя 1 точку**, то можно задать текущую точку двумя способами:

- указать координаты текущей точки с подтверждением **Использовать точку вставки**;
- указать ее на схеме, нажав на кнопку **Позиционировать фрагмент**.

Если выбрана строка **используя 2(3) точки**, то далее необходимо нажать на кнопку **Позиционировать фрагмент**.

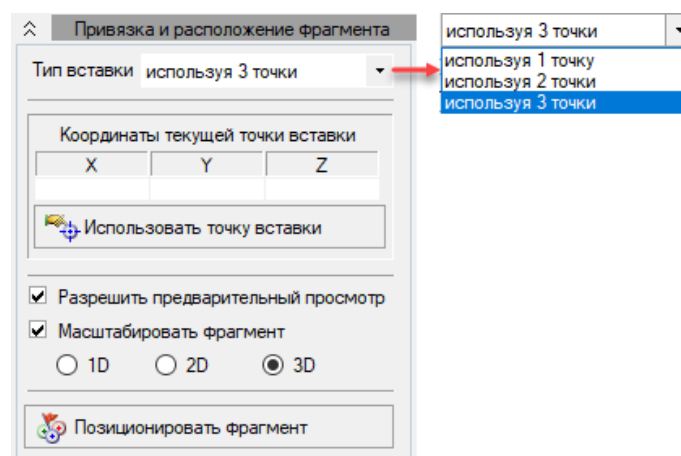


Рис. 2.125

Позиционирование фрагмента осуществляется в новом экранном окне. После назначения точек вставки его необходимо закрыть.

Назначение точек может быть осуществлено двумя способами:

- указанием координат (рис. 2.126);
- графически: наведя курсор на нужные узлы и щелкнув правой кнопкой мыши (рис. 2.127).

Установка флажка **Разрешить предварительный просмотр** поможет установить положение объекта.

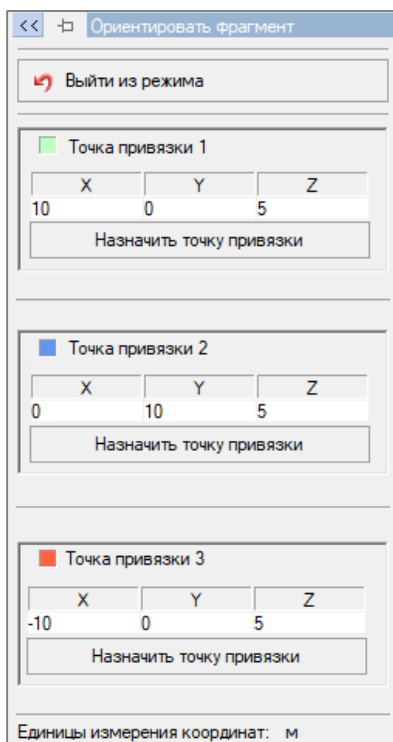


Рис. 2.126

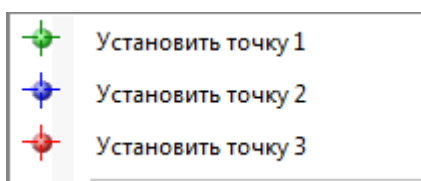


Рис. 2.127

Установленный флажок **Масштабировать фрагмент** позволяет увеличивать или уменьшать габариты создаваемого тела в одном, двух или трех направлениях. Это действие осуществляется щелчком мыши по сети построения и проведением отрезка. Отношение длины этого отрезка и габарита тела будет множителем к габариту, который параллелен отрезку.

• **Параметры операции**

Закладка позволяет выполнить автоматическое пересечение добавляемых элементов с уже существующими. Для этого нужно установить флажок **Выполнять пересечения добавляемых элементов с существующими**.

## Добавление объемных элементов

ПК ЛИРА предоставляет возможность создания 4-, 5-, 6- и 8-узловых объемных конечных элементов.

Создание объемных элементов осуществляется двумя способами:

- Необходимо добавить узлы, которые должны лежать в одной плоскости (рис. 2.128). Затем при помощи команды **Копировать выбранный фрагмент** скопировать их на определенную высоту (рис. 2.129) и, используя панель активного режима **Добавить элемент**, нажать кнопку **Добавить** (рис. 2.130).

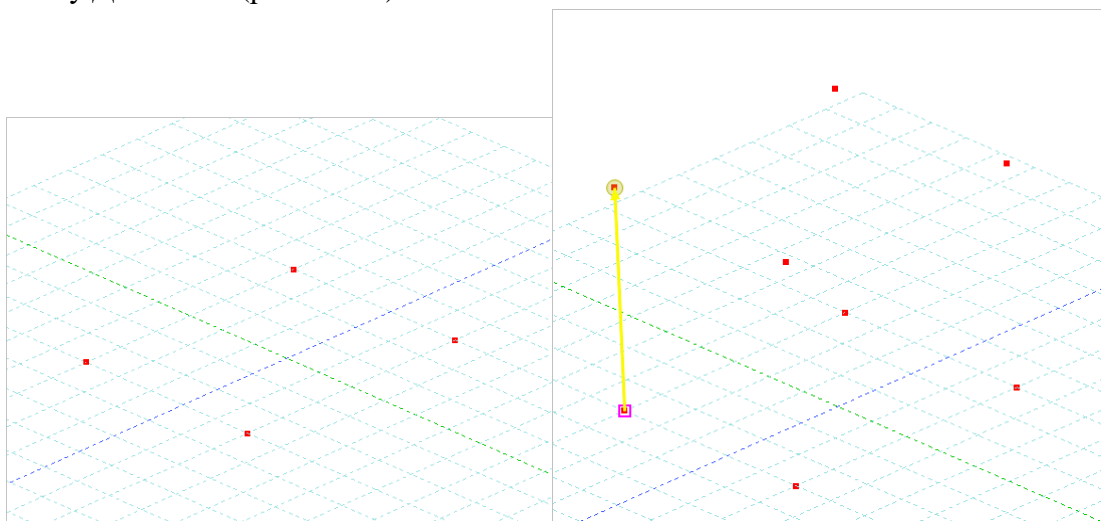


Рис. 2.128

Рис. 2.129

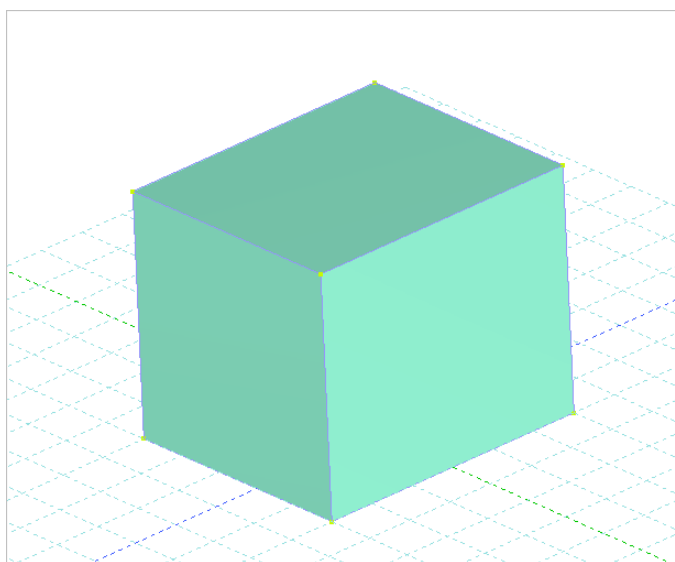


Рис. 2.130

- При помощи команды **Добавить конечный элемент** (рис. 2.131) нужно задать плоскость. Затем, используя вкладку **Перемещение образующей** на панели активного режима **Добавить движением образующей**, задать параметры объемного элемента. При помощи наведения курсора на сеть рабочего поля установить элемент (рис. 2.132).

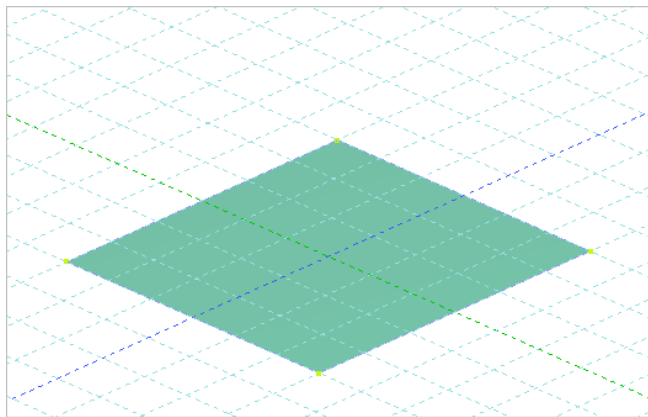


Рис. 2.131

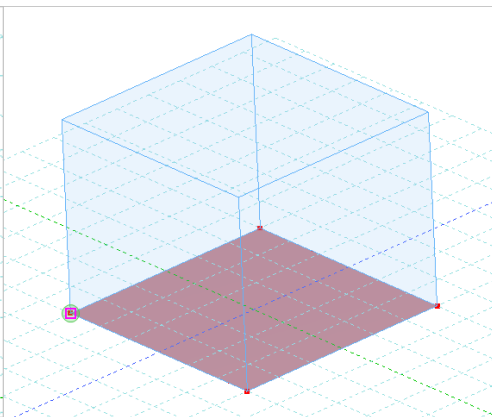


Рис. 2.132

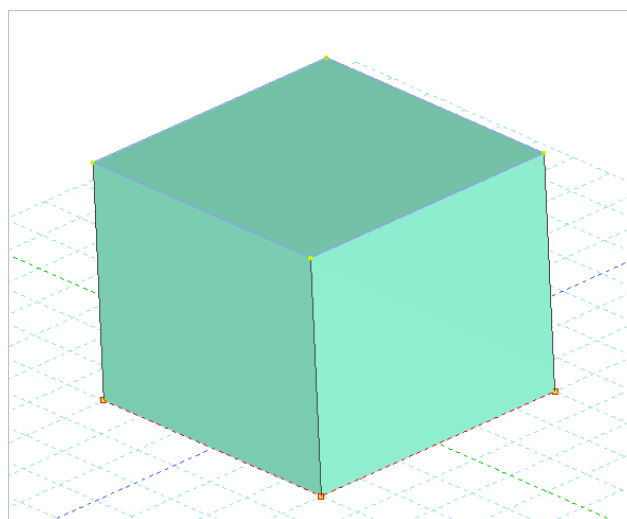




Рис. 2.133

## 2.5 ВЫДЕЛЕНИЕ И ФРАГМЕНТАЦИЯ

### 2.5.1 ВЫДЕЛЕНИЕ УЗЛОВ И ЭЛЕМЕНТОВ

Любое действие с объектами ПК ЛИРА (удаление, назначение сечения, материала, конструирования, смена типа конечного элемента и так далее) сопровождается действиями предварительного выбора (выделения). В среде ПК ЛИРА имеется множество способов выделения, используемых в зависимости от ситуации.

 К объектам ПК ЛИРА относятся узлы и элементы. Элементы, в свою очередь, разделяются на классы: одноузловые, стержневые, пластинчатые и объемные.

Для выделения узлов и элементов воспользуйтесь командой меню **Выбор** ⇒ **Выбрать объекты** (кнопка  на панели инструментов или во вкладке ленты **Вид и выбор**) и вызовите панель **Параметры выбора объектов**. При открытии или создании новой задачи панель **Параметры выбора объектов** (рис. 2.134) находится в активном режиме по умолчанию и отображается в левой части экрана.

Панель **Параметры выбора объектов** содержит три группы раскрывающихся блоков: **Рамка выбора**, **Выбирать** и **Дополнительно**.

#### Рамка выбора

В данном блоке пользователю нужно указать способ выделения.

Для активизации нужного режима следует нажать на одну из кнопок:



— прямоугольная рамка выбора, позволяет выбрать объекты прямоугольной областью, заданной двумя точками. При работе с прямоугольной рамкой доступно два свойства движения рамки, каждому из них можно установить определенный параметр:

- **Только полным попаданием** — позволяет выбрать все объекты, полностью находящиеся внутри прямоугольной области;
- **Полным попаданием или касанием** — позволяет выбрать объекты, находящиеся внутри и пересекающие область.



— полигональная рамка выбора, позволяет выбрать объекты произвольной областью, заданной множеством точек. При работе с полигональной рамкой, независимо от способа обхода точек, доступен только один из параметров — или **Только полным попаданием**, или **Полным попаданием или касанием**.

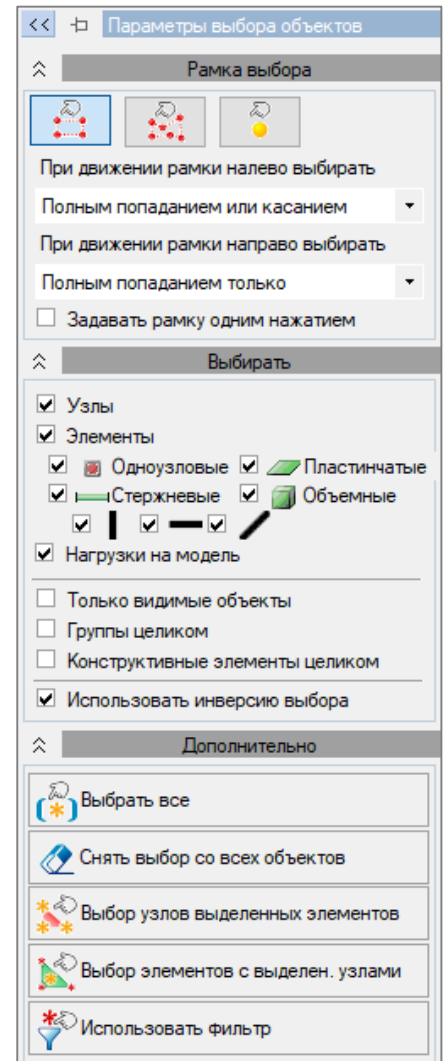


Рис. 2.134. Параметры выбора объектов



— одиночный выбор, позволяет выбрать объект точечным указанием курсора. Если в область курсора попадает несколько объектов, пользователю предлагается диалоговое окно со списком объектов.

### Выбирать

В данном блоке (рис. 2.135) пользователь может управлять выбором объектов (ограничить выбор). Установка или снятие флажка, связанного с объектом, приводит к включению или выключению объекта, который будет выделяться.

Установка флажка **Только видимые объекты** приводит к выделению только видимых узлов и элементов.

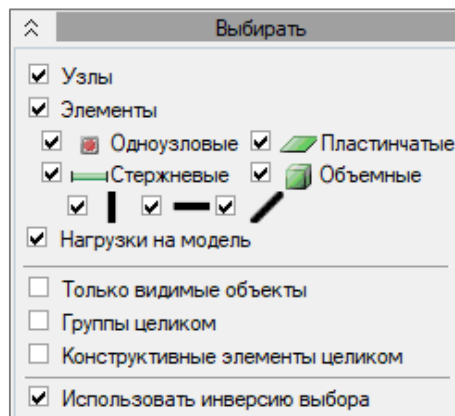


Рис. 2.135. Блок **Выбирать**



*Объект считается невидимым, если он полностью скрывается на видовом экране по отношению к зрителю за другими объектами.*

Установка флажка **Группы целиком** или **Конструктивные элементы целиком** приводит к выделению всех элементов группы. Выделяются элементы, попавшие в область выделения, и все элементы группы, если один из элементов группы попал в эту область.

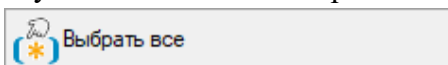


*Для выделения группы достаточно выделить один элемент, входящий в эту группу.*

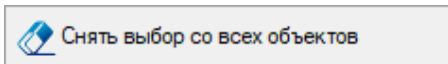
Установка флажка **Использовать инверсию выбора** приводит к снятию выделения с ранее отмеченных узлов и элементов и выделение не отмеченных ранее узлов и элементов.

### Дополнительно

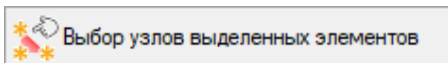
В указанном блоке содержатся дополнительные кнопки для ускорения выбора:



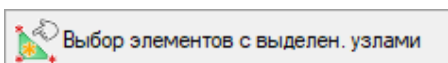
— выбор всех объектов с учетом установленных в блоке **Выбирать** параметров выбора.



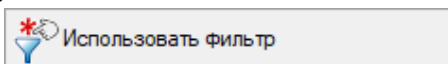
— снятие выделения с ранее отмеченных объектов.




— выделение узлов, принадлежащих выделенным элементам.





— выделение элементов, принадлежащих выделенным узлам.



— переход в режим **Фильтр выбора**.

 Действие кнопки **Выбрать все**, размещенной на панели инструментов **Выбор**, отличается по своему действию тем, что выбирает все не скрытые узлы и элементы независимо от действия установленных параметров в панели диалогового окна **Параметры выбора объектов**.

### Пример 2.5.1. Выбор объектов прямоугольной областью

1. Создайте фрагмент плоской плиты  $1 \times 1$  м с шагом сетки  $0.5$  м.
2. Вызовите панель активного режима **Параметры выбора объектов** .
3. В блоке **Рамка выбора** активизируйте кнопку **Прямоугольная рамка** :
  - при движении рамки налево установите параметр **Полным попаданием или касанием**;
  - при движении рамки направо установите параметр **Полным попаданием**.
4. В блоке **Выбирать** установите флажки **Узлы** и **Элементы**, как показано на рисунке 2.135, если они не установлены.
5. Укажите курсором мыши две точки движением слева направо для определения прямоугольной области, как показано на рисунке 2.136.

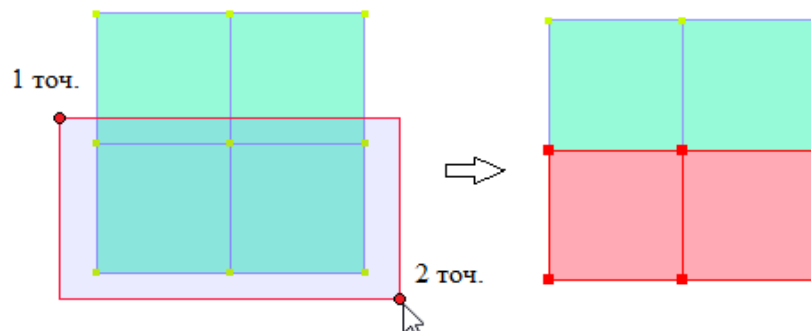


Рис. 2.136. Прямоугольная область выделения **Полным попаданием**

Направление, в котором перемещается курсор из начальной точки в конечную, определяет свойства выбора объектов, в данном случае — **Полным попаданием**. Узлы и элементы, полностью заключенные в прямоугольную область, выделяются.

6. В блоке **Дополнительно** нажмите на кнопку **Снять выбор со всех объектов**.
7. Укажите курсором мыши две точки движением справа налево, как показано на рис. 2.137. В этом случае определяются свойства — **Полным попаданием или касанием**. Узлы и элементы, полностью заключенные в прямоугольную область, а также пересекающие ее, выделяются.

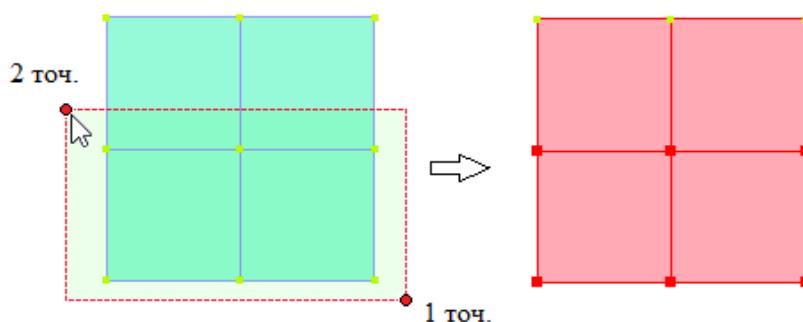



Рис. 2.137. Прямоугольная область выделения **Полным попаданием или касанием**

### Пример 2.5.2. Выбор объектов полигональной областью

1. Повторите действия, указанные в пунктах 1,2 примера 2.5.1.
2. В блоке **Рамка выбора** активизируйте кнопку **Полигональная рамка**  :
  - в поле **При движении рамки налево** установите параметр **Полным попаданием**.
3. Укажите курсором мыши множество точек, как показано на рис. 2.138, для подтверждения ввода полигональной области, последнюю точку полигона укажите двойным щелчком.

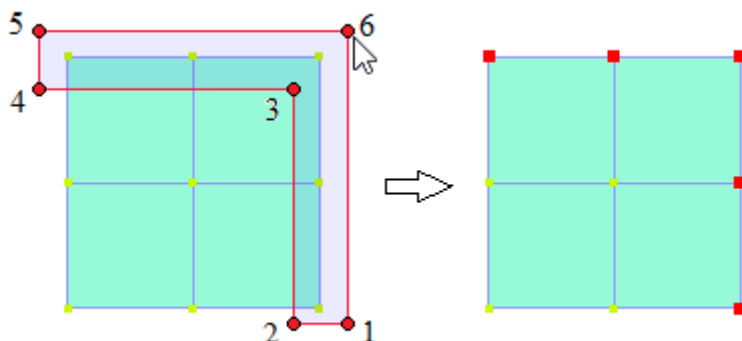



Рис. 2.138. Полигональная область выделения **Полным попаданием**

### Пример 2.5.3. Выбор объекта одиночным указанием курсора

1. Повторите действия, указанные в пунктах 1,2 примера 2.5.1.
2. В блоке **Рамка выбора** активизируйте кнопку **Одиночный выбор**  .
3. Точечным указанием курсора мыши выберите узел (рис. 2.139).

В область курсора попадает несколько объектов. В предложенном диалоговом окне выберите объект. Выбранный объект подсвечивается как в самом списке, так и на схеме (рис. 2.139а). Для выделения объекта на схеме выберите двойным щелчком объект из списка (рис. 2.139б).



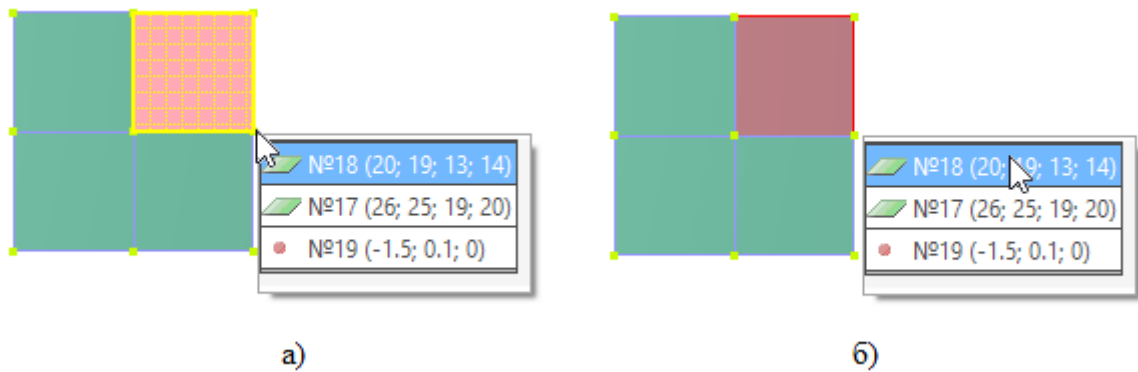



Рис. 2.139. Одиночный выбор

## 2.5.2 ФИЛЬТР ВЫБОРА

Работа с большим количеством объектов вызывает определенные трудности, так как созданные в ПК ЛИРА объекты имеют много характеризующих свойств. Поэтому в ПК ЛИРА имеется возможность задать критерии и свойства объектов для их поиска в схеме, что позволяет выбрать именно те, которые нужны для работы в данный момент. Таким инструментом является **Фильтр выбора**.

Для выбора определенных объектов по их критериям и свойствам/параметрам воспользуйтесь командой меню **Выбор** ⇒ **Фильтр выбора** (кнопка  на панели инструментов или во вкладке ленты) и вызовите панель режима **Параметры фильтра** (рис. 2.140).

Панель **Параметры фильтра** включает в себя два раскрывающихся блока: **Рамка выбора** и **Ограничения выбора**.

Блок **Рамка выбора** аналогичен по функционалу блоку панели **Параметры выбора объектов**, за исключением отсутствия кнопки **Одиночный выбор** и наличия дополнительной

кнопки **Взять свойства с объекта** .

В блоке **Ограничения выбора** содержатся восемь вкладок фильтров по критериям и свойствам. Для каждой из вкладок диалоговое окно принимает вид, соответствующий его назначению. В каждом окне присутствуют критерии выбора, отметка которых открывает доступ к соответствующим полям ввода.

Первая вкладка, **Фильтр по узлам**, позволяет пользователю ограничить выбор узлов по следующим критериям:

- **по номеру** — выбор узлов по их номеру;

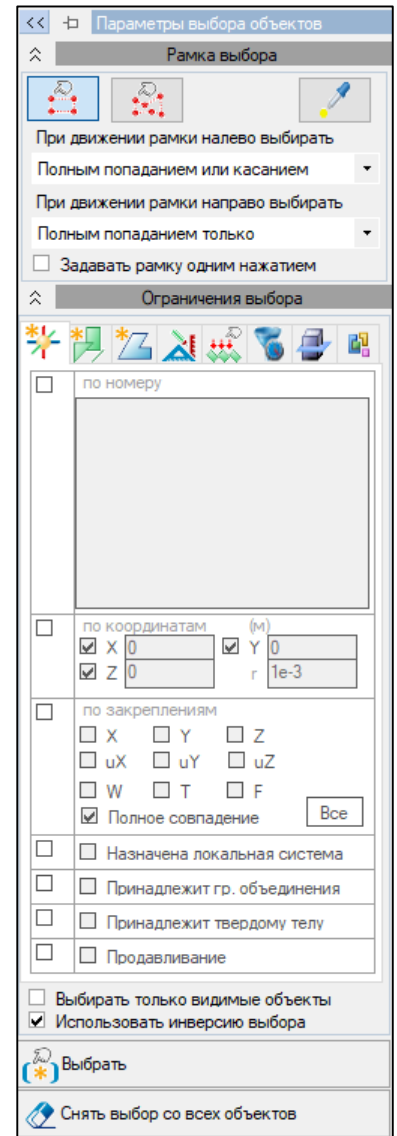




Рис. 2.140. Параметры фильтра

 В активизированном поле номера узлов вводятся в любой последовательности и комбинации. При этом нужно соблюдать определенные правила: номера друг от друга отделяются пробелом или запятой, а диапазоны указываются через дефис (пример: 1, 10, 11-19, 23).

- **по координатам** — выбор узлов по заданным координатам;
- **по закреплениям** — выбор узлов по заданным граничным условиям;
- **назначена локальная система** — выбор узлов с назначенной локальной системой координат;
- **принадлежат группе объединения перемещения** — выбор узлов, принадлежащих группе объединения перемещения;
- **принадлежат твердому телу** — выбор узлов, принадлежащих к твердым телам;
- **продавливание** — выбор узлов, принадлежащих к группе продавливания.

 При одновременном выборе нескольких критериев реализуется более строгое ограничение. Выделяются только те объекты, которые полностью соответствуют активным критериям и их свойствам (параметрам).

Вторая вкладка, **Фильтр по элементам**, позволяет пользователю ограничить выбор элементов по следующим критериям (рис. 2.141):

- **по номеру** — выбор элементов по их номеру;
- **по типу** — выбор элементов по типу КЭ;
- **по сечению** — выбор элементов по назначенному сечению;
- **по материалу** — выбор элементов по назначенному материалу;
- **по параметрам конструирования** — выбор элементов по назначенному параметру конструирования;
- **по конструктивным элементам** — выбор элементов, входящих в группу конструктивных элементов;
- **по ориентации** — выбор элементов по ориентации в пространстве путем выбора следующих переключателей:
  - **ХОУ, ХОZ, YOZ** — выбор элементов, параллельных плоскости активного переключателя;
  - **|| X, || Y, || Z** — выбор элементов, параллельных глобальным осям активного переключателя;
  - **Под углом к осям** — выбор элементов, находящихся под углом к глобальным осям;
- **назначены жесткие вставки** — выбор элементов с жесткими вставками;
- **назначены шарниры** — выбор элементов с назначенными шарнирами;
- **назначены локальные оси** — выбор стержневых элементов с назначенными локальными осями или пластинчатых и объемных КЭ с заданными осями согласования;

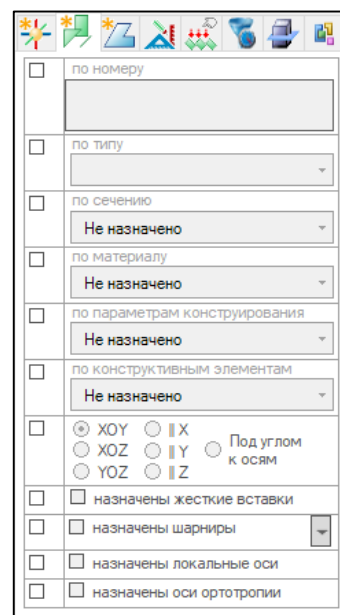


Рис. 2.141. Фильтр по элементам

- **назначены оси ортотропии** — выбор элементов с назначенным осям ортотропии.

Третья вкладка, **Фильтр по архитектурным элементам**, позволяет ограничить выбор архитектурных элементов по следующим критериям (рис. 2.142):

- **по номеру** — выбор архитектурных элементов по их номеру;
- **по типу** — выбор архитектурных элементов по назначенному типу КЭ;
- **по сечению** — выбор архитектурных элементов по назначенному сечению;
- **по материалу** — выбор архитектурных элементов по назначенному материалу;
- **по параметрам конструирования** — выбор архитектурных элементов по назначенному параметру конструирования;
- **по ориентации** — выбор архитектурных элементов по ориентации в пространстве;
- **назначены локальные оси** — выделяются архитектурные стержневые элементы с назначенными локальным осям или пластинчатые элементы с заданными осями согласования;
- **Назначены оси ортотропии** — выбор архитектурных элементов с назначенным осям ортотропии.

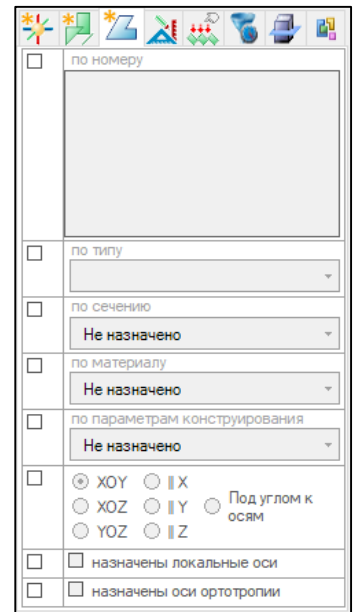


Рис. 2.142. Фильтр по архитектурным элементам

Четвертая вкладка, **Фильтр по геометрии КЭ**, позволяет ограничить выбор КЭ по их геометрическим параметрам (рис. 2.143). При установке флажка **Критерий выбора** пользователь получает доступ к следующим критериям:

- **стержень-длина** — выбор стержневых элементов по их длине;
- **пластина-площадь** — выбор пластинчатых элементов по их площади;
- **пластина-длина ребра** — выбор пластинчатых элементов по длине ребер;
- **пластина-угол** — выбор пластинчатых элементов по углам между ребрами;
- **объемник-объем** — выбор объемных элементов по их объему;
- **объемник-площадь грани** — выбор объемных элементов по площадям граней;
- **объемник-длина ребра** — выбор объемных элементов по длинам ребер;
- **узел-удален от точки** — выбор узлов, равноудаленных от указанной пользователем точки.

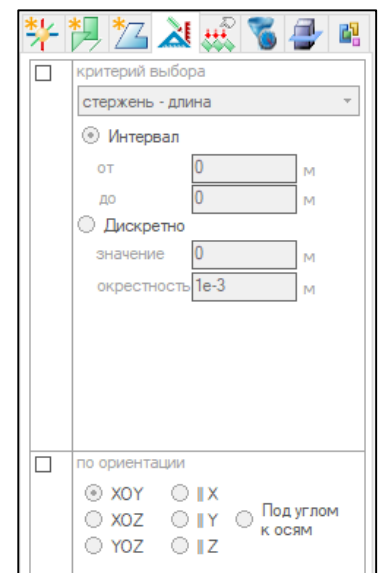


Рис. 2.143. Фильтр по геометрии КЭ

После выбора необходимого критерия из раскрывающегося списка необходимо активизировать один из переключателей:

- **Интервал** — открывает доступ к полям ввода интервала значений **от** и **до**, которые по умолчанию заполнены минимальным и максимальным значениями;
- **Дискретно** — открывает доступ к полю ввода **Значения**, для которого необходимо также в соответствующем поле задать величину отклонения (**Окрестность**);
- **по ориентации** — выбор элементов по ориентации в пространстве.

Пятая вкладка, **Фильтр по нагрузкам**, позволяет пользователю ограничить выбор узлов и элементов по назначенным нагрузкам (рис. 2.144).

В диалоговом окне формируется список однотипных нагрузок с равными значениями, принадлежащих к различным элементам и узлам.

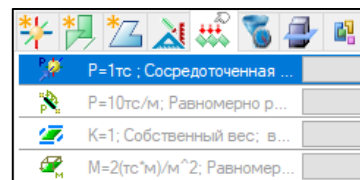


Рис. 2.144. Фильтр по нагрузкам

Шестая вкладка, **Фильтр по значениям**, позволяет пользователю ограничить выбор узлов и элементов по значениям (рис. 2.145).

Для отметки узлов или элементов по их значениям необходимо вначале визуализировать сами значения соответствующих факторов (усилия, напряжения, перемещения и т.д.).

Выбрав нужный фактор для визуализации, выведите на экран доступные значения (мозаика, изополя или эпюры). Не закрывая режим визуализации значений, вызовите **Фильтр выбора** и перейдите на вкладку **Фильтр по значениям**.

В открывшемся диалоговом окне необходимо активизировать один из переключателей:

- **Элементы с ошибкой** — выбор элементов с ошибками;
- **Интервал** — открывает доступ к полям ввода интервала значений **от** и **до**, которые по умолчанию заполнены минимальным и максимальным значениями;
- **Дискретно** — открывает доступ к полю ввода значения, для которого необходимо также в соответствующем поле задать величину отклонения (окрестность).

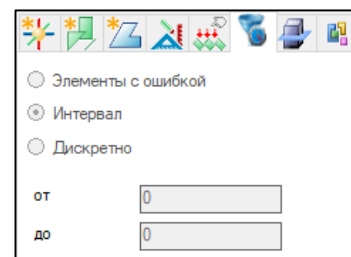


Рис. 2.145. Фильтр по значениям

 *В интервал диапазона значения входят включительно.*

Седьмая вкладка, **Фильтр сечение и отсечение**, позволяет ограничить выбор узлов и элементов секущей или отсекающей плоскостью (рис. 2.146). В диалоговом окне выберите один из переключателей:

- **Сечение плоскостью** — выбор узлов и элементов, принадлежащих секущей плоскости;
- **Отсечение плоскостью** — выбор узлов и элементов, принадлежащих самой плоскости и отсекаемому плоскостью полупространству;

- **Инверсное отсечение плоскостью** — выбор узлов и элементов, принадлежащих самой плоскости или противоположному отсекаемому плоскостью полупространству.

В блоке **Секущая плоскость** путем выбора соответствующих переключателей задается вид и положение секущей/отсекающей плоскости:

- **ХОУ, ХОZ, YOZ** — секущая плоскость параллельна плоскости активного переключателя. Положение плоскости определяется одной точкой, для этого в левой части панели в соответствующих полях ввода необходимо указать координаты точки, принадлежащей этой плоскости. Также положение выбранной плоскости можно указать курсором мыши. Подведите курсор к узлу или к пересечению вспомогательной сети построения, вызовите контекстное меню, нажав на правую клавишу мыши, и в контекстном меню выберите **Установить в качестве вспомогательного узла**.

- **Произвольная** — произвольная секущая/отсекающая плоскость. Положение плоскости определяется тремя точками. Выбор данного переключателя открывает дополнительные поля ввода координат точек, принадлежащих этой плоскости. В соответствующих полях ввода необходимо указать координаты этих точек. Также положение выбранной плоскости можно указать курсором мыши, в этом случае необходимо поочередно указать три точки.

Установка или снятие флажков **Выбирать узлы** и **Выбрать элементы** приводит к включению или выключению объектов, которые будут выделяться секущей или отсекающей плоскостью.

Восьмая вкладка, **Фильтр групп и свойств**, предназначена для выбора объектов по назначенным группам или свойствам, принадлежащим к одному классу параметров (рис. 2.147):

- Для **Элементов** доступны следующие классы параметров:
  - **Группы элементов** — выбор элементов, входящих в группы элементов;
  - **Группы унификации РСУ** — выбор элементов, входящих в группы унификаций РСУ;
  - **Конструктивные элементы** — выбор элементов, входящих в конструктивные элементы;
  - **Конденсация масс** — выбор элементов, входящих в группы конденсации масс;
  - **Сечения** — выбор элементов по назначенным сечениям;
  - **Материалы** — выбор элементов по назначенным материалам;
  - **Параметры конструирования** — выбор элементов по назначенным параметрам конструирования.

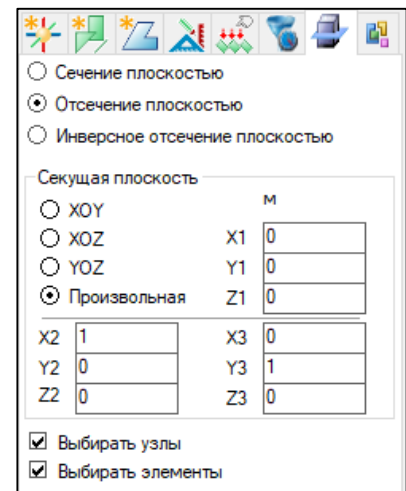


Рис. 2.146. Фильтр сечение и отсечение

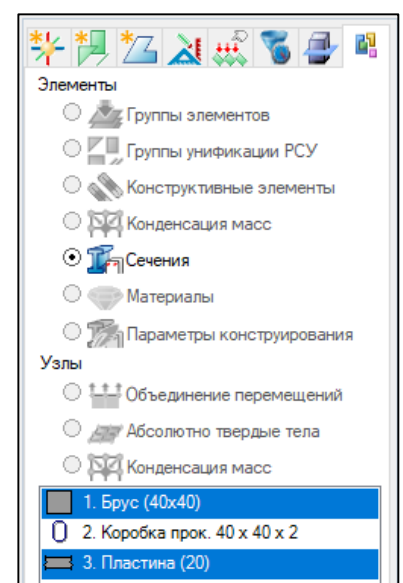


Рис. 2.147. Фильтр групп и свойств

- Для **Узлов** доступны следующие классы параметров:
  - **Объединение перемещений** — выбор узлов по назначенным группам объединения перемещений;
  - **Абсолютно твердые тела** — выбор узлов, входящих в состав твердых тел;
  - **Конденсация масс** — выбор узлов по назначенным группам конденсации масс.

Установка одного из переключателей для вышеперечисленных классов параметров формирует в нижней части блока доступный список назначенных групп или свойств в соответствии с указанным классом. Выбранная из списка группа или свойство выделяется. Также при удержании клавиши **Ctrl** из списка можно выбрать несколько групп или свойств.

### 2.5.3 ФРАГМЕНТАЦИЯ

В ПК ЛИРА имеется возможность ограничить отображение объектов в окне главного вида, скрывая ненужные элементы и узлы. Таким инструментарием является **Фрагментация**.

Для того чтобы скрыть те или иные объекты, воспользуйтесь соответствующей командой меню **Вид** или же вызовите контекстное меню, щелкнув в окне главного вида правой кнопкой мыши (рис. 2.148).



**Скрыть выделенное** — скрывает в текущей проекции выделенные объекты;



**Скрыть невыделенное** — скрывает в текущей проекции невыделенные объекты;



**Показать скрытое** — восстанавливает в текущей проекции ранее скрытые объекты;



**Скрыть пластинчатые КЭ** — скрывает в текущей проекции пластинчатые элементы;



**Скрыть стержневые КЭ** — скрывает в текущей проекции стержневые элементы;



**Скрыть свободные узлы** — скрывает в текущей проекции узлы скрытых элементов;



**Скрыть объемные КЭ** — скрывает в текущей проекции объемные элементы;



**Скрыть одноузловые КЭ** — скрывает в текущей проекции одноузловые конечные элементы.



**Скрыть нагрузки на расчетную схему** — скрывает в текущей проекции нагрузки на расчетную схему.



**Предыдущий фрагмент** — возвращает к предыдущему виду.

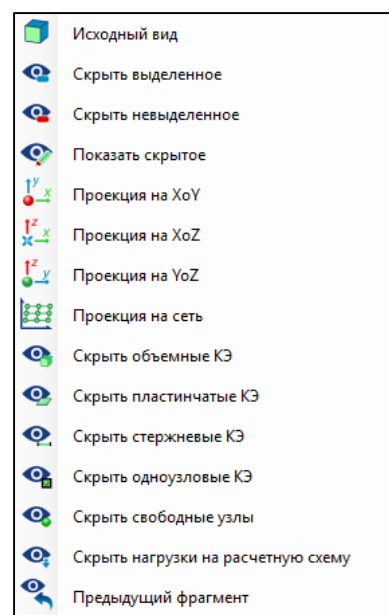


Рис. 2.148. Контекстное меню

## 2.6 КОПИРОВАНИЕ И ПЕРЕНОС ФРАГМЕНТОВ РАСЧЕТНОЙ СХЕМЫ

Для копирования и переноса фрагментов расчетной схемы необходимо воспользоваться командой меню **Правка** ⇒ **Копировать/Переместить** или панелью **Копировать/Переместить** (рис. 2.149).



Рис. 2.149

Панель состоит из кнопок:

- копировать выбранный фрагмент;
- переместить выбранный фрагмент;
- повернуть выбранный фрагмент;
- симметрично копировать выбранный фрагмент;
- масштабировать выбранный фрагмент;
- удалить выделенное.

### Копировать выбранный фрагмент

Этот режим представлен тремя вкладками.

Раскрывающаяся вкладка **Использовать смещение ( $dX$ ,  $dY$ ,  $dZ$ )** (рис. 2.150) необходима для ввода координат, в направлении которых будет копироваться выделенный фрагмент, а также задания количества копируемых элементов.

$dX$	$dY$	$dZ$
0	0	0
$n$	Копировать =>>	
1		

Рис. 2.150

При работе со вкладкой **Использовать направление + расстояние** (рис. 2.151) необходимо задать:

- вектор, указав координаты его начальной и конечной точки;
- **L** — длину шага копирования в текущих единицах измерения;
- **n** — количество шагов копирования.

Начальная точка вектора направления			
$X_0$	$Y_0$	$Z_0$	
12	2	4	
Конечная точка вектора направления			
$X_n$	$Y_n$	$Z_n$	
1	5	7	
$L$	$n$	Копировать =>>	
3	2		

Рис. 2.151

При указании курсором мыши на сеть координат или на узел копируемого объекта на экране появится пиктограмма (рис. 2.152), которая предварительно указывает место расположения копируемого объекта.

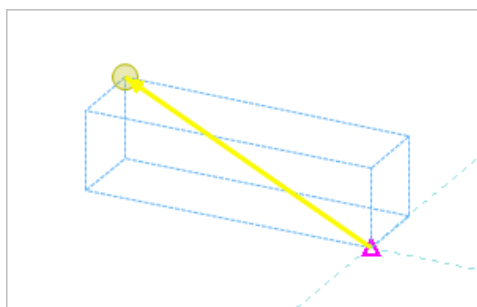


Рис. 2.152

В раскрывающейся вкладке **Использовать точку вставки** необходимо выбрать одну из типов привязок (рис. 2.153).

Изменить расположение 1 (текущей) точки, 2 и 3 точек возможно, нажав на кнопку **Позиционировать фрагмент**.

Если выбрана строка **используя 1 точку**, то можно задать текущую точку двумя способами:

- указать координаты текущей точки с подтверждением **Использовать точку вставки**;
- указать ее на схеме, нажав на кнопку **Позиционировать фрагмент**.

Если выбрана строка **используя 2(3) точки**, то далее необходимо нажать на кнопку **Позиционировать фрагмент**.

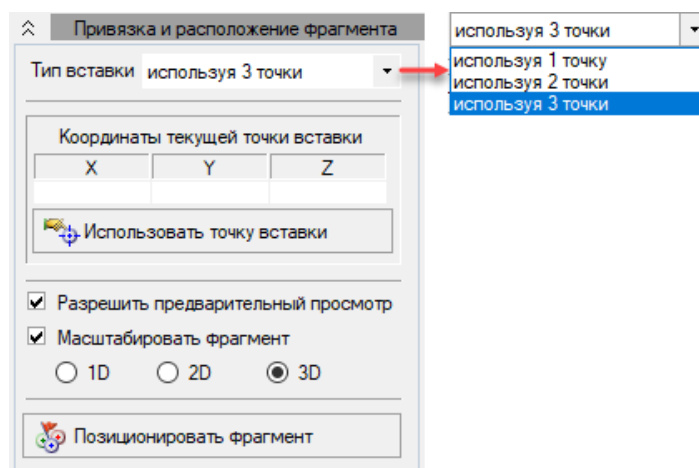


Рис. 2.153

Позиционирование фрагмента осуществляется в новом экранном окне. После назначения точек вставки его необходимо закрыть.

Назначение точек может быть осуществлено двумя способами:

- указанием координат (рис. 2.154);
- графически: наведя курсор на нужные узлы и щелкнув правой кнопкой мыши (рис. 2.155).



Установка флажка **Разрешить предварительный просмотр** поможет установить положение объекта.

Ориентировать фрагмент

Выйти из режима

Точка привязки 1

X	Y	Z
10	0	5

Назначить точку привязки

Точка привязки 2

X	Y	Z
0	10	5

Назначить точку привязки

Точка привязки 3

X	Y	Z
-10	0	5

Назначить точку привязки

Единицы измерения координат: м

Рис. 2.154

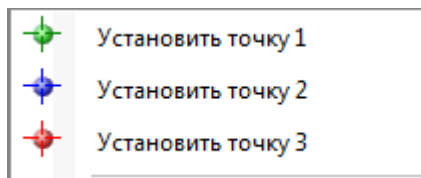


Рис. 2.155

Установленный флажок **Масштабировать фрагмент** позволяет увеличивать или уменьшать габариты создаваемого тела в одном, двух или трех направлениях. Это действие осуществляется щелчком мыши по сети построения и проведением отрезка. Отношение длины этого отрезка и габарита тела будет множителем к габариту, который параллелен отрезку.

Для выполнения автоматического пересечения добавляемых элементов с уже существующими нужно установить флажок.

### Переместить выбранный фрагмент

Панель этого режима состоит из вкладок, которые позволяют выполнять различные операции по перемещению объектов.

Раскрывающаяся вкладка **Использовать смещения (dX, dY, dZ)** (рис. 2.156) необходима для ввода координат, в направлении которых будет перемещаться выделенный фрагмент.

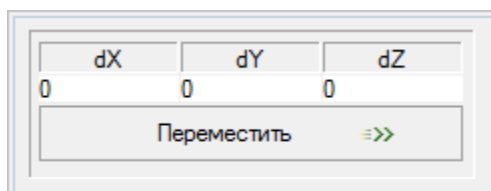


Рис. 2.156

При работе со вкладкой **Использовать направление + расстояние** (рис. 2.157) необходимо задать вектор, указав его начальную и конечную точку. Также нужно назначить **L** — длину шага перемещения в текущих единицах измерения.

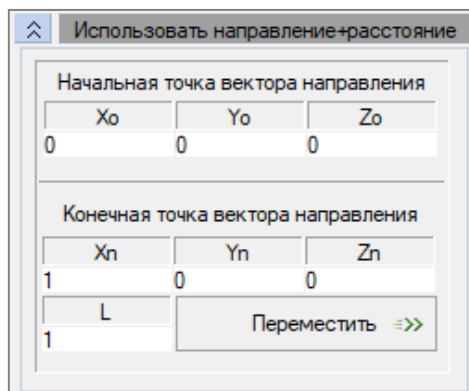


Рис. 2.157

При указании курсором мыши на сеть координат или на узел смещаемого объекта на экране появится пиктограмма (рис. 2.158), которая предварительно указывает место расположения смещаемого объекта.

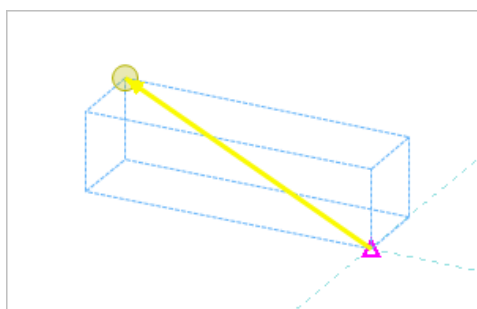


Рис. 2.158

Работа вкладки **Использовать точку вставки** аналогична предыдущему пункту.

Вкладка **Притянуть узлы к плоскости** (рис. 2.159) позволяет перемещать узлы к заданной плоскости. При помощи переключателя нужно указать плоскость, затем ввести координаты вспомогательного узла или установить его щелчком правой кнопкой мыши на рабочую область. Перемещение происходит ортогонально плоскости. Если необходимо выполнить перемещение параллельно прямой, активизируйте соответствующий переключатель и задайте координаты прямой. Также задать прямую можно правой кнопкой мыши, устанавливая первую и вторую точку прямой на рабочей области.

Рис. 2.159

Вкладка **Притянуть узлы к прямой** (рис. 2.160) позволяет перемещать выбранные узлы к заданной прямой. Для этого вам необходимо задать ее координаты или установить вспомогательный узел, щелкнув правой кнопкой мыши на рабочей области.

Рис. 2.160

Вкладка **Политика перемещения** (рис. 2.161) позволяет выбрать, удалять ли весь переходной ряд элементов при перемещении фигуры либо только некорректные элементы переходного ряда.

Рис. 2.161

### Повернуть выбранный фрагмент

Панель позволяет выполнять операции по вращению объектов.

Если необходимо выполнять поворот фрагментов с их копированием, то нужно установить соответствующий флажок (рис. 2.162).

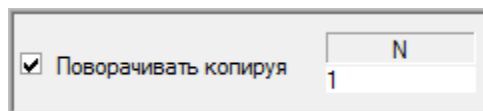


Рис. 2.162

В раскрывающейся вкладке **Относительно глобальных осей** (рис. 2.163) нужно задать положение полюса вращения, относительно которого будет повернут выделенный фрагмент, а также на какой угол необходимо повернуть фрагмент.

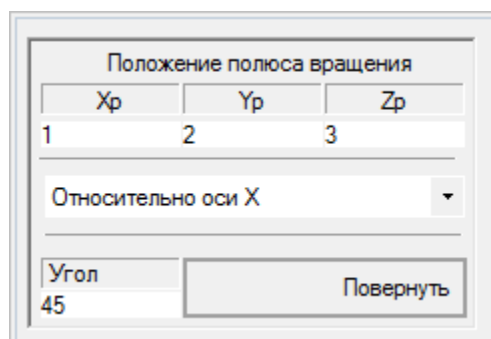


Рис. 2.163

При работе со вкладкой **Относительно произвольной оси** (рис. 2.164) необходимо задать вектор, указав его начальную и конечную точку, а также угол поворота в текущих единицах измерения.

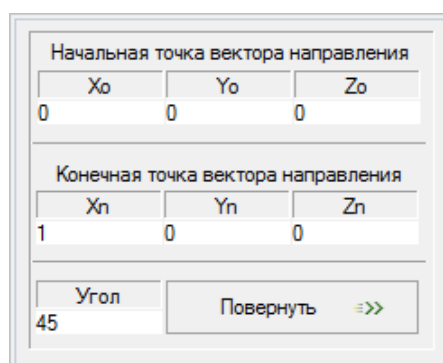


Рис. 2.164

При наведении курсора мыши на сеть координат или на узел поворачиваемого объекта на экране появится пиктограмма, которая предварительно указывает место расположения поворачиваемого объекта.

Вкладка **Политика перемещения** (рис. 2.165) становится активной при снятом флажке **Поворачивать копируя** и позволяет выбрать, удалять ли весь переходной ряд элементов при перемещении фигуры либо только некорректные элементы переходного ряда.

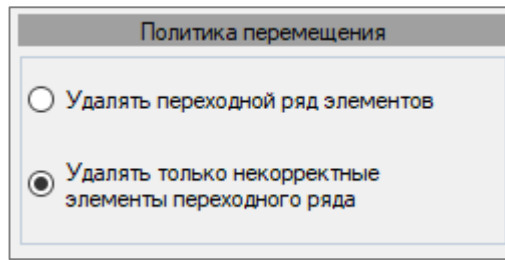


Рис. 2.165

### Симметрично копировать выбранный фрагмент

Этот режим служит для симметричного копирования всей схемы или ее фрагмента относительно плоскости, проходящей через вспомогательную точку. Симметричное копирование выполняется в двух плоскостях отображения: ортогональной и произвольной.

- **Ортогональная**

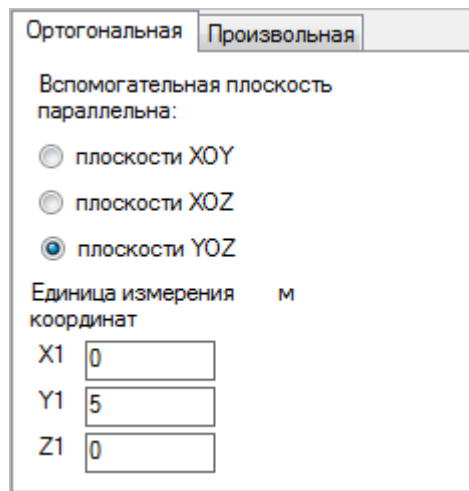
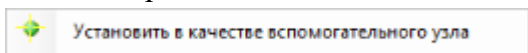


Рис. 2.166

Необходимо путем выбора переключателя (рис. 2.166) задать плоскость, относительно которой будет произведено копирование (XOY, XOZ или YOZ). Далее нужно ввести координаты вспомогательной точки в соответствующих полях ввода или установить эту точку на схеме при помощи нажатия правой кнопки мыши на рабочую область



• Произвольная

Ортогональная Произвольная

Единица измерения координат м

X1	0	X2	1
Y1	0	Y2	0
Z1	0	Z2	0
-----			
X3	0		
Y3	0		
Z3	1		

Рис. 2.167

Необходимо задать координаты вспомогательных точек плоскости в соответствующих полях ввода (рис. 2.167) или установить эти точки на схеме, поместив курсор на рабочую область и нажав правую кнопку мыши (рис. 2.168).

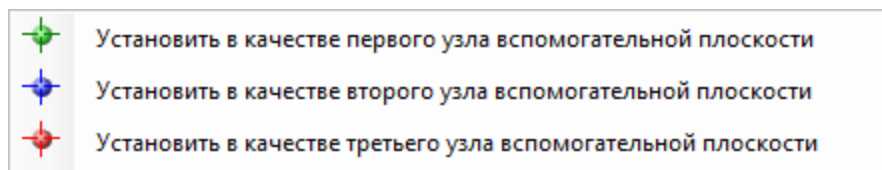




Рис. 2.168

Точки окрасятся соответственно очередности.

 При наведении курсора мыши на узел элемента схемы появляется направляющая стрелка, указывающая, в какую точку произойдет копирование .

Для завершения операции симметричного копирования нажмите на кнопку **Копировать фрагмент**.

Если вы хотите выполнить автоматическое пересечение добавляемых элементов с уже существующими, установите флажок **Выполнять пересечения добавляемых элементов с существующими**.

## Масштабировать выбранный фрагмент

- **Использовать один коэффициент**

Базовая точка масштабирования		
X <sub>0</sub>	Y <sub>0</sub>	Z <sub>0</sub>
0	0	0

K
0.5

Масштабировать =>>

Рис. 2.169

Этот режим (рис. 2.169) служит для изменения размеров расчетной схемы или ее фрагментов в указанном направлении.

При помощи **Базовой точки масштабирования** задается направление перемещения копируемого фрагмента.

Далее необходимо указать **Коэффициент масштабирования** (положительное число).

- **Использовать три коэффициента**

Базовая точка масштабирования		
X <sub>0</sub>	Y <sub>0</sub>	Z <sub>0</sub>
0	0	0

K <sub>x</sub>	K <sub>y</sub>	K <sub>z</sub>
0.5	0.5	0.5

Масштабировать =>>

Рис. 2.170

Этот вариант позволяет задать для каждой оси свой коэффициент масштабирования (рис. 2.170).

Политика масштабирования

При появлении некорректных элементов: Отменить операцию

При появлении некорректных элементов: Удалять


Рис. 2.171

Вкладка **Политика масштабирования** (рис. 2.171) служит для выбора действий при появлении некорректных элементов при масштабировании.

По завершении операции масштабирования необходимо нажать на кнопку **Масштабировать**.

## 2.7 СГУЩЕНИЕ, ОБЪЕДИНЕНИЕ И ПЕРЕСЕЧЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ

Данные команды используются для построения и редактирования расчетной схемы в ПК ЛИРА.

Для сгущения сети элементов и для дробления стержней необходимо воспользоваться командой меню **Схема ⇒ Дробление элементов** (кнопка  на панели инструментов / во вкладке ленты). Панель режима **Дробление элементов** состоит из двух вкладок: **Сгущение сети элементов** и **Дробление стержней**.

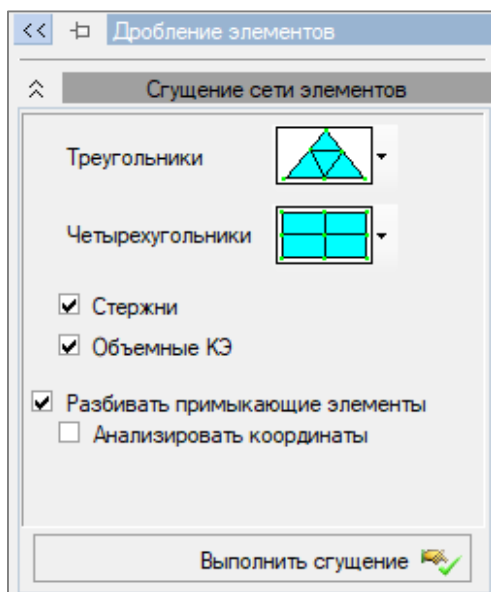


Рис. 2.172. Сгущение сети элементов

Вкладка **Сгущение сети элементов** (рис. 2.172) предназначена для дробления пластинчатых КЭ. В раскрывающихся списках **Треугольники** и **Четырехугольники** нужно выбрать тип сгущения сети:

- три типа дробления для 3-узловых КЭ (рис. 2.173):
  - на 3 треугольника;
  - на 3 четырехугольника;
  - на 4 треугольника;
- четыре типа дробления для 4-узловых КЭ (рис. 2.173):
  - на 4 треугольника;
  - на 2 треугольника;
  - на 1 четырехугольник и 4 треугольника;
  - на 4 четырехугольника.

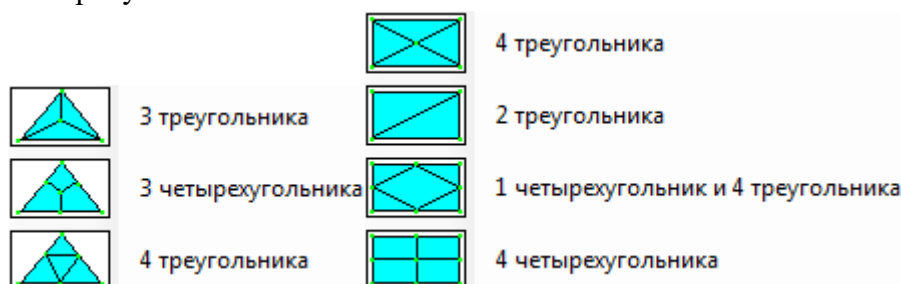


Рис. 2.173. Типы дробления 3-узловых и 4-узловых КЭ



Дополнительные параметры:

- **Стержни.** Этот флажок используется, когда к сгущаемому элементу примыкает стержень/стержни, которые также нужно дробить. В этом случае стержень/стержни нужно выделить.
- **Объемные КЭ.** Этот флажок используется, когда к сгущаемому элементу примыкает объемник / объемники, которые также нужно дробить. В этом случае объемник / объемники нужно выделить.
- **Разбивать примыкающие элементы.** Этот флажок используется, когда к сгущаемому элементу примыкают другие элементы (в том числе и стержни), которые также нужно дробить. При сброшенном флажке сгущаться будут только выделенные элементы. На рисунке 2.174 показано сгущение центрального элемента пластины в двух вариантах: 1 — без разбивки примыкающих элементов, 2 — с разбивкой примыкающих элементов.
- **Анализировать координаты.** Этот параметр доступен только при установленном флажке **Разбивать примыкающие элементы**. В этом случае разбивка будет происходить с учетом координат примыкающих элементов.

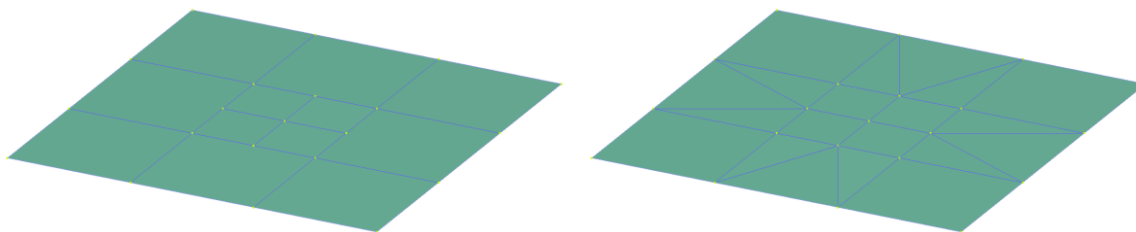


Рис. 2.174. Сгущение сети элементов: 1 — без разбивки примыкающих элементов; 2 — с разбивкой примыкающих элементов

После задания всех параметров сгущения нужно нажать кнопку **Выполнить сгущение**.

Вкладка **Дробление стержней** (рис. 2.175) предназначена для дробления стержней. Существует два типа деления:

- **На равные части.** Это значит, что стержень будет поделен на  $n$  равных частей, их количество задается в строке **Количество частей**.
- **Цепочкой привязок.** Заданная цепочка привязок будет использоваться как расстояния между точками в текущих единицах измерения. Если установить флажок **Использовать привязки как относительные соотношения при разбивке между заданными точками**, то привязки будут использоваться как коэффициенты к реальному расстоянию между точками.

Флажок **Индикация дробления** позволяет предварительно увидеть точки дробления стержня.

После задания параметров дробления нужно нажать кнопку **Дробить**.

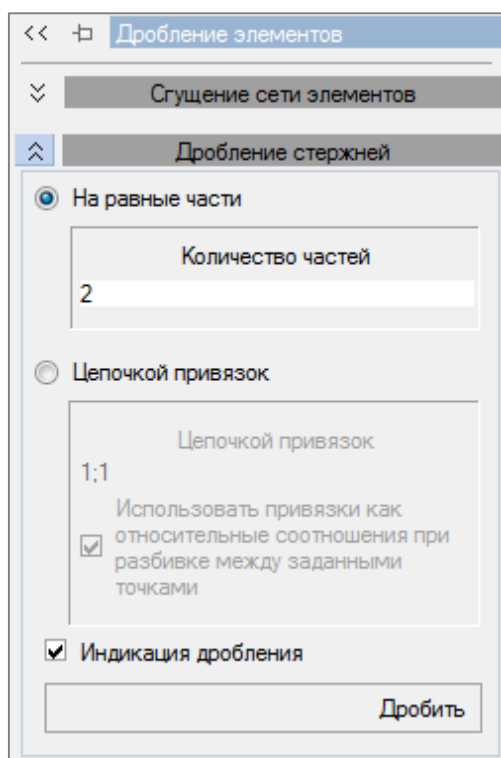



Рис. 2.175. Дробление стержней

Для объединения элементов необходимо воспользоваться командой меню **Схема** ⇨ **Объединение КЭ** (кнопка  на панели инструментов / во вкладке ленты). Панель режима **Объединение КЭ** состоит из трех вкладок: **Объединение треугольников**, **Объединение стержней** и **Преобразование сети КЭ**.

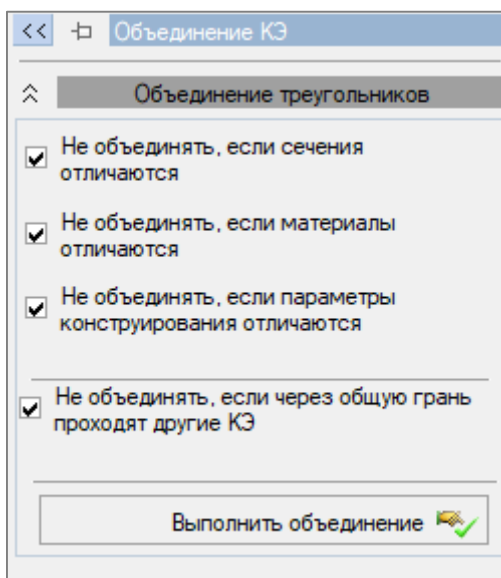


Рис. 2.176. Объединение треугольников

Вкладка **Объединение треугольников** (рис. 2.176) предназначена для объединения 3-узловых пластинчатых элементов в 4-узловые (рис. 2.177). В этой вкладке доступны функции: **Не объединять, если сечения/материалы/параметры конструирования отличаются**; **Не объединять, если через общую грань проходят другие КЭ**. Если установить любой

из флажков, то 3-узловые элементы, которые соответствуют выбранным параметрам, объединяться не будут.

После выделения элементов, которые требуется объединить, нужно нажать кнопку **Выполнить объединение**.

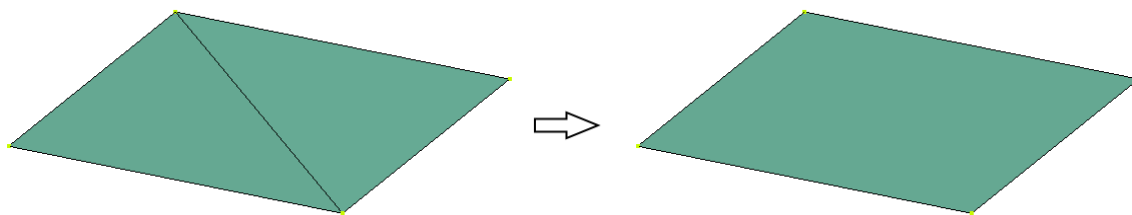


Рис. 2.177. Объединение 3-узловых пластин в одну 4-узловую

Для объединения стержней воспользуйтесь вкладкой **Объединение стержней** (рис. 2.178). Доступные параметры:

- **Не объединять, если сечения/материалы/параметры конструирования отличаются.** При установке данного флажка стержни не будут объединены в случае различных параметров конструирования, различных материалов и сечений.
- **Удалять освободившиеся узлы.** При установке данного флажка узлы, которые находились между объединяемыми стержнями, будут удалены.

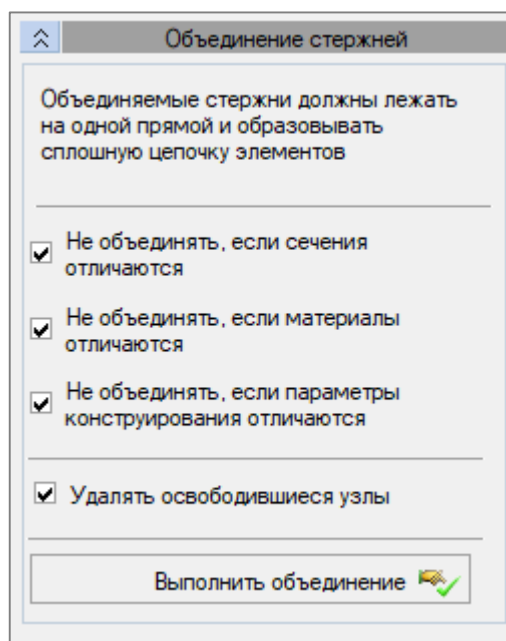



Рис. 2.178. Объединение стержней

После выделения стержней, которые требуется объединить, нужно нажать кнопку **Выполнить объединение**.

 *Объединяемые стержни должны лежать на одной прямой и образовывать сплошную цепочку элементов.*

При переходе на вкладку **Преобразование сети КЭ** (рис. 2.179) появляется возможность перемещать существующие узлы. Для перемещения необходимо указать узел расчетной схемы и точку, в которую нужно его переместить. Точкой перемещения может быть существующий узел схемы либо точка пересечения сети построения.

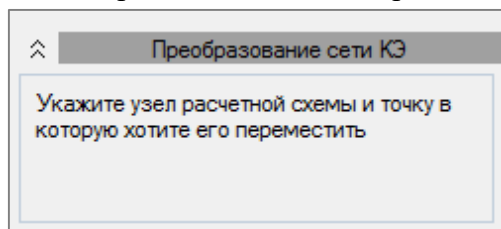



Рис. 2.179. Преобразование сети КЭ

Для пересечения элементов или групп элементов воспользуйтесь командой меню **Схема ⇒ Пересечение КЭ** (кнопка  на панели инструментов / во вкладке ленты). Панель режима **Пересечение КЭ** состоит из трех вкладок: **Пересечение групп КЭ**, **Пересечение всех КЭ** и **Пересечение плоскостью**.

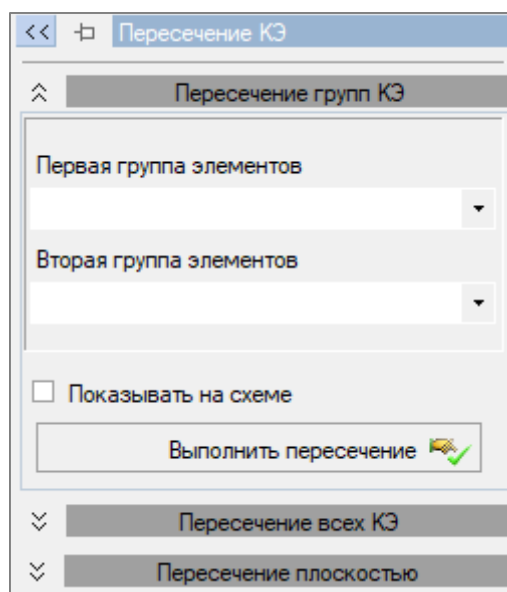



Рис. 2.180. Пересечение групп КЭ

В панели **Пересечение групп КЭ** (рис. 2.180) есть два раскрывающихся списка:

- **Первая группа элементов;**
- **Вторая группа элементов.**

В каждой из строк отображается список групп в порядке их создания. Группы создаются автоматически при использовании шаблонов построения. При создании отдельных КЭ группы не создаются, но их можно создать вручную в режиме  (**Редактирование групп элементов**).

Для пересечения отдельных групп КЭ нужно в первой строке выбрать первую группу, а во второй — вторую.

При установленном флажке **Показать на схеме** произойдет индикация выбранных групп на схеме. Так можно проверить, выбрали ли вы именно те группы для пересечения, которые вам нужны.

Для того чтобы выполнить пересечение групп, нужно нажать кнопку **Выполнить пересечение**.

Во вкладке **Пересечение всех КЭ** (рис. 2.181) присутствует ряд параметров, которые можно отметить флажком:

- **Анализировать узлы** — обозначает, что в пересечении участвуют все узлы, в том числе отдельно стоящие.
- **Анализировать стержневые КЭ** — в пересечении участвуют все стержневые КЭ.
- **Анализировать пластинчатые КЭ** — в пересечении участвуют все пластинчатые КЭ.

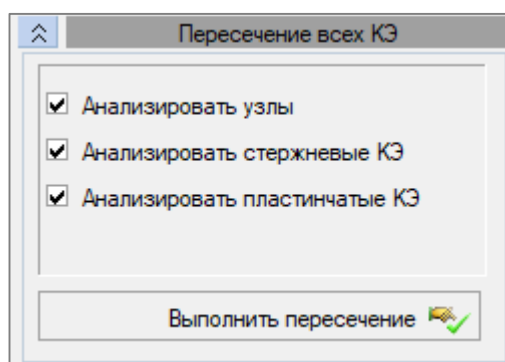


Рис. 2.181. Пересечение стержневых КЭ

Если какой-то из параметров не отмечен флажком, то эти элементы не будут участвовать в пересечении.

КЭ или группа КЭ предварительно должна быть выделена для того, чтобы программа определила, для каких именно элементов нужно выполнить пересечение.

После выбора нужных параметров необходимо нажать кнопку **Выполнить пересечение**.

Вкладка **Пересечение плоскостью** (рис. 2.182) используется для пересечения плоскостью элементов или групп элементов. Здесь при помощи переключателей нужно указать плоскость пересечения (**ХОУ**, **ХОZ**, **УOZ** или **Произвольная**) и задать требуемые координаты.

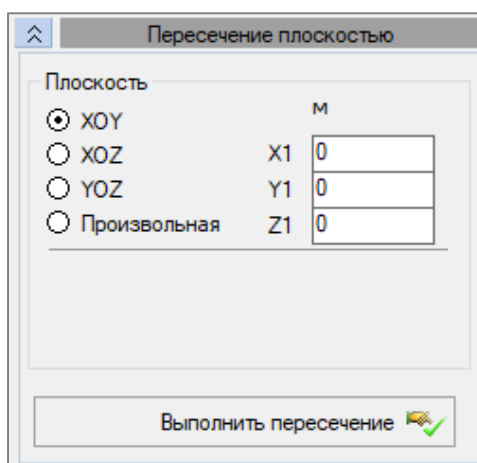


Рис. 2.182. Пересечение плоскостью

При выборе переключателя **Произвольная** появляются поля для заполнения координат второго и третьего узла произвольной плоскости (рис. 2.183).

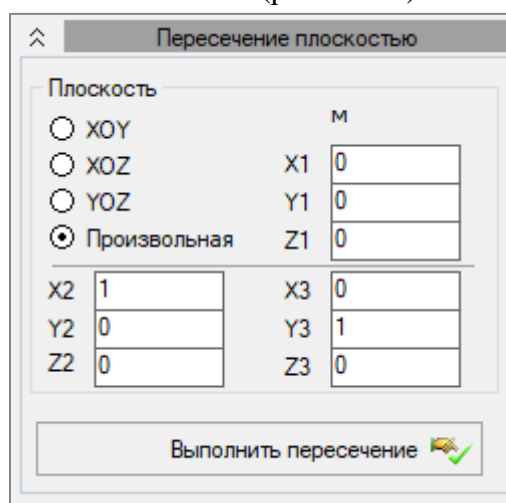
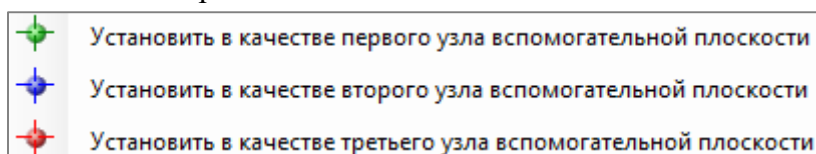


Рис. 2.183. Поля задания координат узлов для произвольной плоскости


Эти координаты можно задать вручную или воспользовавшись контекстным меню. В случае использования контекстного меню откроется список, где нужно выбрать, в качестве какого узла будет установлен выбранный:



*Чтобы выбрать узлы с помощью контекстного меню, следует навести курсор на нужный существующий узел (вокруг узла образуется розовый квадрат) либо на точку пересечения сети построения (появится розовый треугольник) и щелкнуть правой кнопкой мыши.*

После задания нужных параметров нужно нажать кнопку **Выполнить пересечение**.

## 2.8 УПАКОВКА И ПЕРЕНУМЕРАЦИЯ

Для управления параметрами упаковки созданной схемы после выполнения различных операций с геометрией (копирование, удаление, и т.п.) необходимо воспользоваться командой меню **Правка** ⇒ **Упаковать/Расшить** (кнопка  на панели инструментов). Панель режима **Упаковка/Расшивка** (рис. 2.184) состоит из трех вкладок:


- **Упаковка;**
- **Расшивка;**
- **Приведение координат к модулю.**

В параметрах **Упаковки** нужно активизировать один из переключателей:

- **Упаковать всю схему** — это означает, что упаковка будет проводиться по всей схеме и ничего предварительно выделять не нужно.
- **Упаковать выделенные фрагменты** — упаковка будет проводиться по определенным элементам, которые изначально нужно выделить.

Далее с помощью флажков можно выбрать:

- **Упаковать узлы.** При установленном флажке упаковка будет распространяться на узлы текущей схемы. Соответственно, если флажок убрать — упаковываться будут только элементы. Кроме того, если данный флажок установлен, активизируется поле ввода **погрешность**, значение в котором определяет точность упаковки.

 Если расстояние между узлами меньше числа, заданного в поле **погрешность**, то эти узлы объединяются в один узел, при этом у соответствующих элементов производится корректировка нумерации узлов.

- **Упаковывать элементы.** Если этот флажок установлен, будут упаковываться элементы текущей схемы.

На панели режима вкладке **Упаковка/Расшивка** (рис. 2.184) есть еще три вкладки:

- **Пропускать;**
- **Дополнительные операции;**
- **Политика упаковки.**

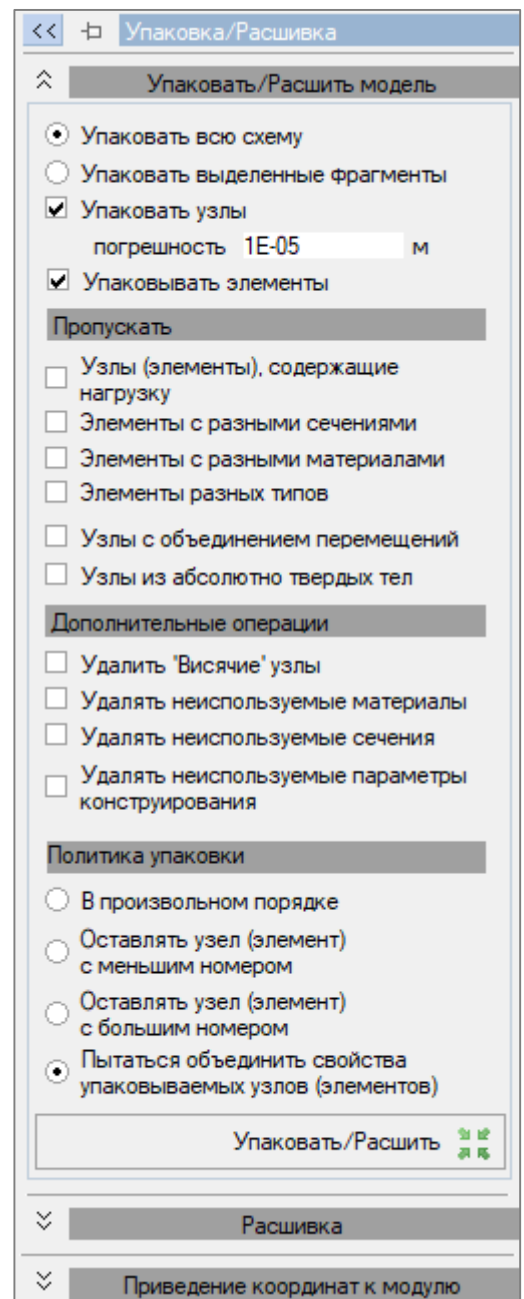



Рис. 2.184. Панель режима **Упаковка модели**

На вкладке **Пропускать** можно при необходимости установить следующие флажки:

- **Узлы (элементы), содержащие нагрузку** — позволяет не выполнять упаковку для узлов (элементов) схемы, содержащих нагрузку (включая собственный вес).
- **Элементы с разными сечениями/материалами** — позволяет не выполнять упаковку для элементов с разными сечениями/материалами, содержащих узлы с одинаковыми координатами.
- **Элементы разных типов** — позволяет избежать объединения элементов в один элемент (например, несколько одноузловых конечных элементов, входящих в один и тот же узел).
- **Узлы с объединением перемещений** — помогает избежать сшивки узлов с объединением перемещений в один узел.
- **Узлы из абсолютно твердых тел** — при упаковке сохраняются узлы, которые формируют АТТ.

На вкладке **Дополнительные операции** вы можете установить такие флажки:


- **Удалить “Висячие” узлы.** После выполнения процедуры упаковки все узлы, к которым не присоединен ни один элемент, будут безвозвратно удалены из схемы, а оставшиеся узлы получат новую последовательную нумерацию.
- **Удалять неиспользуемые материалы/сечения.** После выполнения процедуры упаковки все неиспользуемые материалы/сечения будут безвозвратно исключены из задачи (из Редактора материалов / Редактора сечений), а оставшиеся материалы/сечения получат новую последовательную нумерацию.
- **Удалять неиспользуемые параметры конструирования.** После выполнения процедуры упаковки все неиспользуемые параметры конструирования будут исключены из задачи (из Редактора параметров конструирования), оставшиеся параметры конструирования получат новую последовательную нумерацию.

 *При расчете неупакованной схемы удаленные узлы и элементы рассматриваются как несуществующие, но их номера сохраняются до тех пор, пока не выполнена упаковка.*

На вкладке **Политика установки** выберите один из следующих переключателей:

- **В произвольном порядке.** Это означает, что элементы будут упаковываться в произвольном порядке, то есть без каких-либо приоритетов.
- **Оставлять узел (элемент) с меньшим номером** — при упаковке удаляется узел (элемент) с большим номером, оставшиеся узлы (элементы) получают новую последовательную нумерацию.
- **Оставлять узел (элемент) с большим номером** — при упаковке удаляется узел (элемент) с меньшим номером, оставшиеся узлы (элементы) получают новую последовательную нумерацию.
- **Пытаться объединить свойства упаковываемых узлов (элементов).**



 К свойствам узлов (элементов) относятся: группа элементов, тип КЭ, сечение, материал, нагрузки, шарниры, жесткие вставки, угол вращения, коэффициенты постели  $C1$ ,  $C2$ .

После выбора всех необходимых параметров нужно нажать кнопку **Упаковать**.

Вкладка **Расшивка** (рис. 2.185) предназначена для расшивки схемы, то есть для нарушения совместности перемещений каких-либо элементов схемы по линии их стыка. Такая необходимость может возникнуть, в частности, при моделировании шарниров в пластинах и т.п.

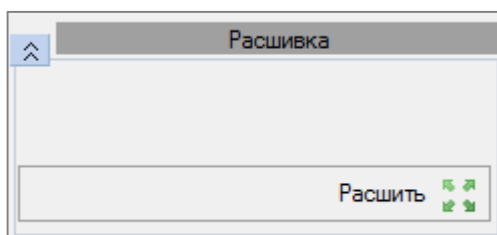


Рис. 2.185. Вкладка **Расшивка**

Для выполнения этой команды необходимо отметить узлы стыка отсоединяемого фрагмента, в которых должна быть нарушена совместность перемещений. Необходимо также отметить и элементы, которые должны принадлежать отсоединяемому фрагменту.

В результате выполнения команды произойдет раздвоение узлов на линии стыка, то есть в одних и тех же координатах появится по два узла. При этом образовавшиеся узлы получают большие номера, чем ранее заданные и будут принадлежать элементам отсоединяемого фрагмента.

Вкладка **Приведение координат к модулю** (рис. 2.186) открывает доступ к полю ввода **Величина модуля**, в котором задается точность округления координат. Также в этой вкладке доступны параметры приведения координат. Сбросив соответствующий флажок, можно исключить приведение координат для выбранной группы (узлы / архитектурные элементы / нагрузки на расчетную схему).

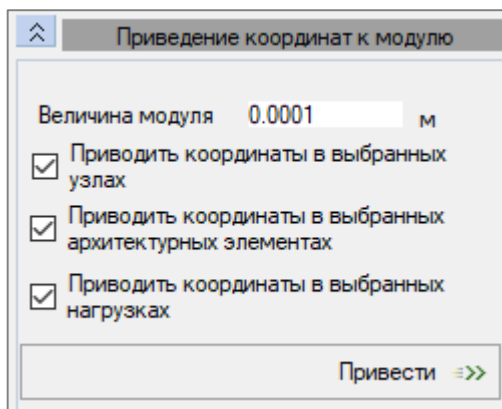



Рис. 2.186. Вкладка **Приведение координат к модулю**

Для упорядочивания нумерации узлов и/или элементов нужно воспользоваться командой меню **Правка** ⇒ **Перенумерация** (кнопка  на панели инструментов). Как правило, эта операция выполняется после завершения работы над созданием расчетной схемы.

В панели режима **Перенумерация** (рис. 2.187) нужно задать параметры перенумерации. Здесь предлагается на выбор активизировать один из переключателей:

- **Всю схему** — перенумерация будет выполнена по всей схеме;
- **Выделенные фрагменты** — перенумерация будет выполнена только по выделенным элементам.

Далее требуется установить флажки **Перенумеровать узлы** и/или **Перенумеровать элементы**.

Ниже необходимо указать критерии, в соответствии с которыми будет произведено упорядочивание нумерации.

Для **Узлов**:

- **По возрастанию координат** — перенумерация в порядке возрастания координат.
- **Узлы со связями в конец** — узлы, в которых наложены связи, будут перенумерованы в последнюю очередь.
- **Узлы с объединением в конец** — узлы, в которых есть объединение перемещений, будут перенумеровываться в последнюю очередь.

Для **Элементов**:

- **По возрастанию координат** — перенумерация будет происходить в порядке возрастания координат центра тяжести.
- **По возрастанию номера сечения** — перенумерация в соответствии с номером сечения в **Редакторе сечений/жесткостей**.
- **По возрастанию номера материала** — перенумерация в соответствии с номером материала в **Редакторе материалов**.
- **По типу КЭ** — перенумерация в соответствии с номером типа конечного элемента.

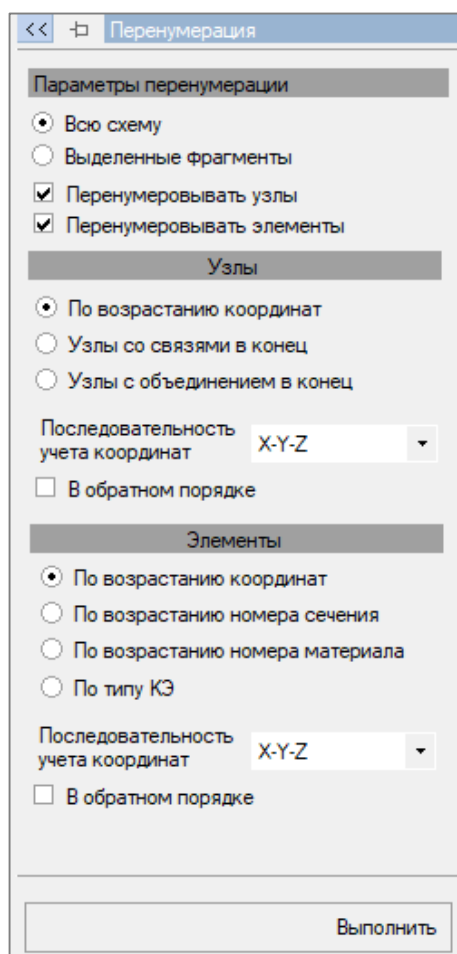



Рис. 2.187. Панель режима **Перенумерация**


В списке **Последовательность учета координат** содержатся следующие комбинации: X-Y-Z, X-Z-Y, Y-X-Z, Y-Z-X, Z-X-Y, Z-Y-X.

 *Выбор той или иной комбинации координат определяет направление упорядочения. Так, например, при комбинации Y-Z-X упорядочение номеров будет произведено сначала в направлении оси Y, затем, соответственно, в направлениях осей Z и X.*

При выборе параметра **В обратном порядке** перенумерация будет происходить в инверсном порядке.

После выбора всех необходимых параметров перенумерации нужно нажать кнопку **Выполнить**.

## 2.9 АТТРИБУТЫ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ

Для изменения атрибутов представления необходимо воспользоваться командой **Вид ⇒ Атрибуты представления** или кнопкой  на панели инструментов / во вкладке ленты.

Панель режима **Атрибуты представления** предназначена для редактирования параметров отображения рабочей схемы и результатов расчета.

Диалоговое окно для удобства разделено на семь раскрывающихся закладок:

- **Проекция** (рис. 2.188);
- **Узлы** (рис. 2.189);
- **Элементы: базовые** (рис. 2.190);
- **Элементы: значения** (рис. 2.191);
- **Элементы: вид** (рис. 2.191);
- **Элементы: цвет** (рис. 2.191);
- **Элементы: маркировка** (рис. 2.192).

Для отображения необходимого атрибута установите флажок в соответствующем поле ввода.

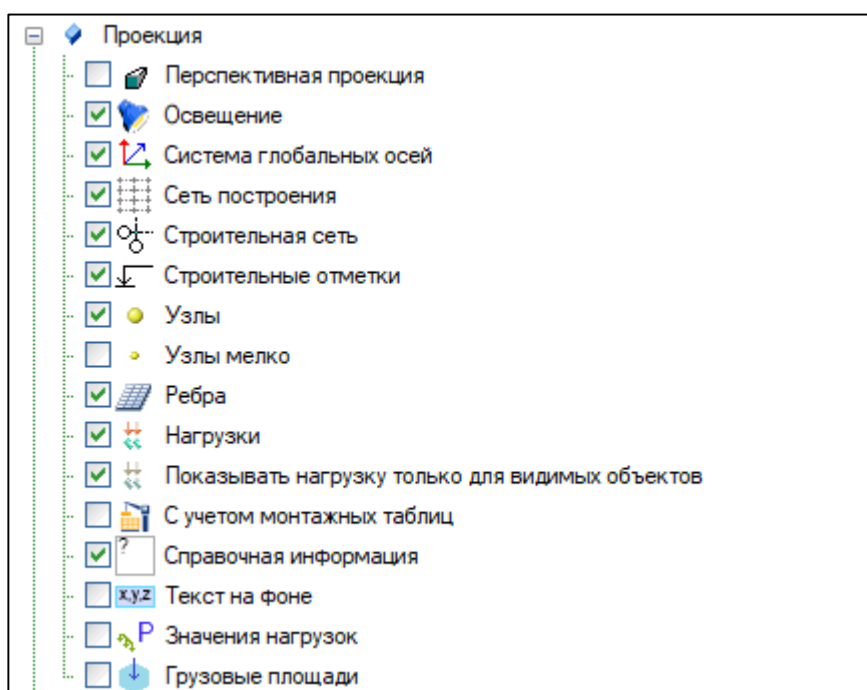


Рис. 2.188

При установке флажка **Использовать выделенные объекты** атрибуты представления применяются для отмеченных объектов. Это значит, что будет визуализирована информация в соответствии с установленными флажками, а выделение объектов погаснет.

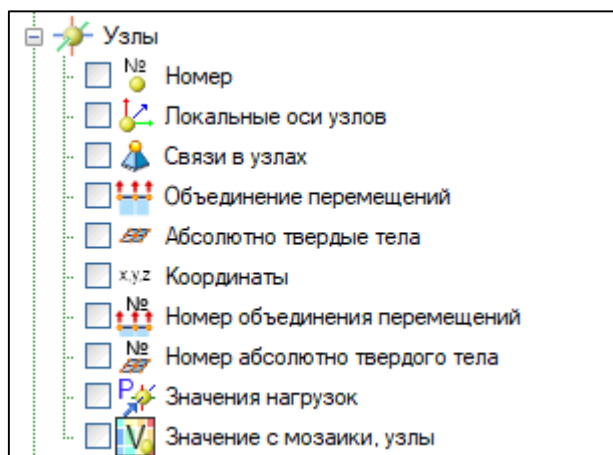


Рис. 2.189

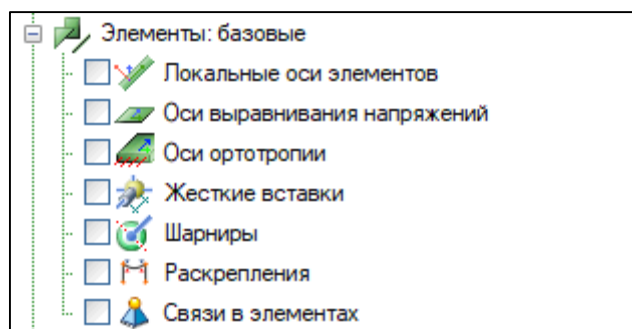


Рис. 2.190

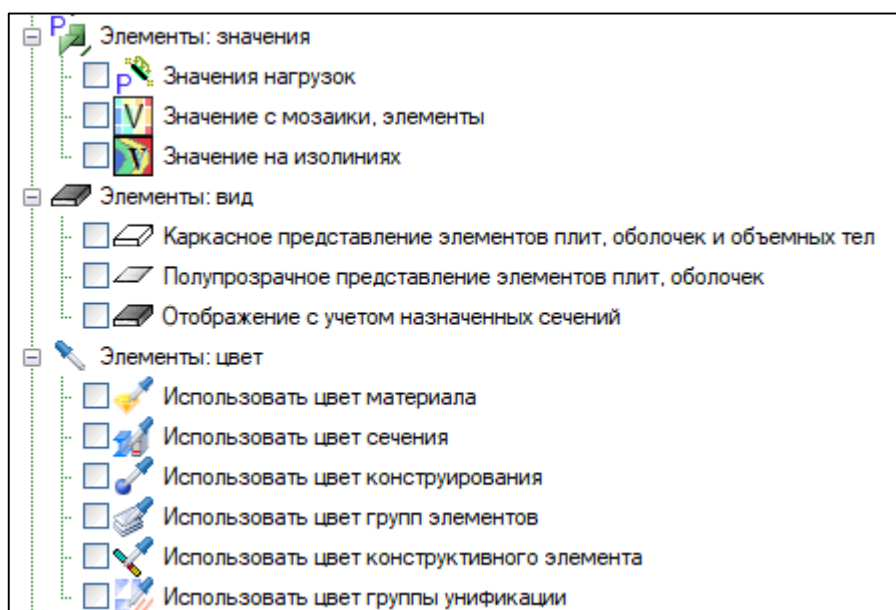


Рис. 2.191

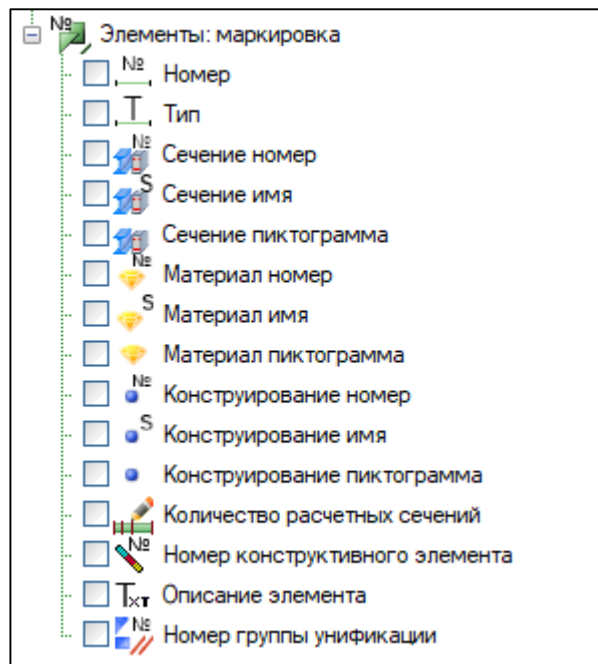


Рис. 2.192

Также при необходимости возможно отображение текста для элементов в две строки и добавление префиксов к значениям (рис. 2.193).

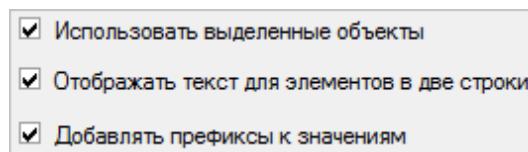


Рис. 2.193

### Пример 2.9.1

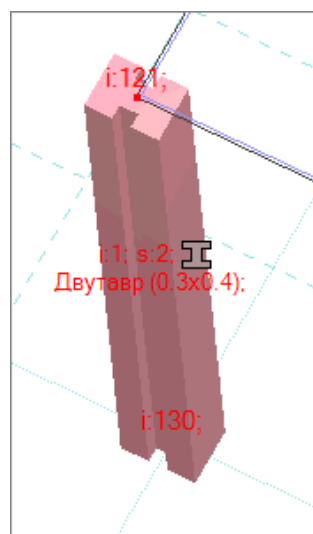


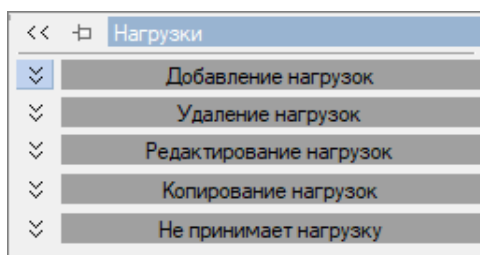


Рис. 2.194

 Атрибуты представления можно выставить по умолчанию: **Панель инструментов** ⇨ **Сервис** ⇨ **Настройки среды**.

## 2.10 НАГРУЗКИ

Для добавления нагрузок на узлы и элементы необходимо воспользоваться меню **Назначение** ⇨ **Нагрузки** или нажать кнопку на панели инструментов .



На панели режима находятся раскрывающиеся вкладки для задания и редактирования различных нагрузок на узлы и элементы.

Вкладка **Добавление нагрузок** содержит раскрывающийся список **Библиотека нагрузок**, где необходимо выбрать тип нагрузки и задать ее параметры.

Библиотека нагрузок включает:

- нагрузки на узел;
- нагрузки на одноузловой элемент;
- нагрузки на стержень;
- нагрузки на пластину;
- нагрузки на объемные КЭ;
- нагрузки на архитектурный стержень;
- нагрузки на архитектурную пластину;
- интерактивные нагрузки;
- нагрузки на расчетную схему;
- другие типы нагрузок.

### Нагрузки на узел

- Сосредоточенная сила

При выборе этого вида нагрузки открывается диалоговое окно (рис. 2.195), в котором необходимо указать имя и описание нагрузки. После чего задать систему координат, направление действия силы и ее величину. Величина силы отображается в установленных единицах измерения.

Для применения силы нужно выделить соответствующий узел и нажать кнопку **Назначить**.

- Сосредоточенный момент

При выборе этого вида нагрузки открывается диалоговое окно (рис. 2.196), в котором необходимо указать имя и описание нагрузки. После чего задать систему координат, направление действия момента и его величину. Величина момента отображается в установленных единицах измерения.

Для применения момента нужно выделить соответствующий узел и нажать кнопку **Назначить**.

- Заданное смещение

При выборе этого вида нагрузки открывается диалоговое окно (рис. 2.197), в котором необходимо указать имя и описание нагрузки. После чего задать систему координат, направление смещения и его величину. Величина смещения отображается в установленных единицах измерения.

Для применения смещения нужно выделить соответствующий узел и нажать кнопку **Назначить**.

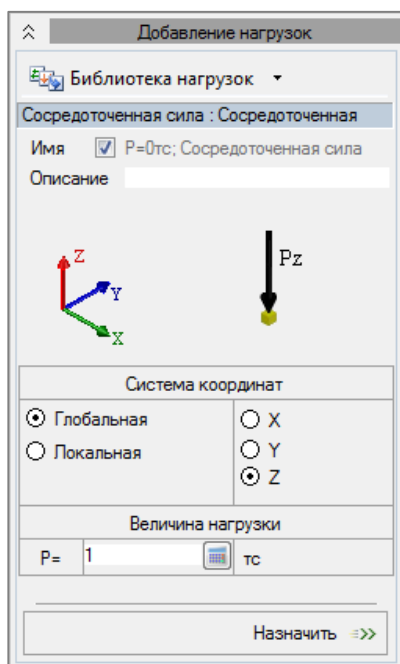


Рис. 2.195

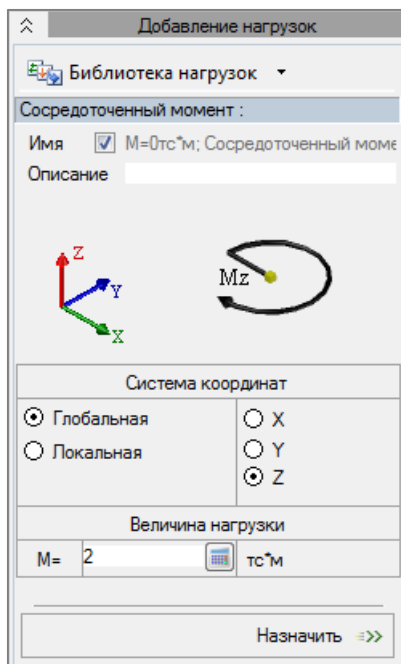


Рис. 2.196

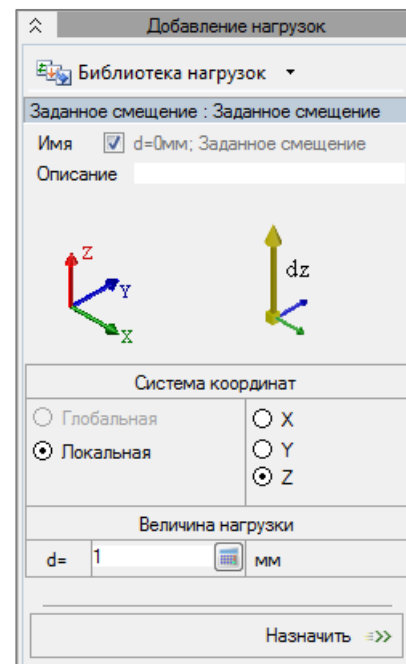


Рис. 2.197

- Заданный поворот

При выборе этого вида нагрузки открывается диалоговое окно (рис. 2.198), в котором необходимо указать имя и описание нагрузки. После чего задать систему координат, направление поворота и его величину. Величина поворота отображается в установленных единицах измерения.

Для применения поворота нужно выделить соответствующий узел и нажать кнопку **Назначить**.

- Вес узловых массы (загружение **Динамика во времени**)

При выборе этого вида нагрузки открывается диалоговое окно (рис. 2.199), в котором необходимо указать имя и описание нагрузки. После чего задать систему координат, направление воздействия и его величину. Величина силы отображается в установленных единицах измерения.

Для применения нагрузки нужно выделить соответствующий узел и нажать кнопку **Назначить**.

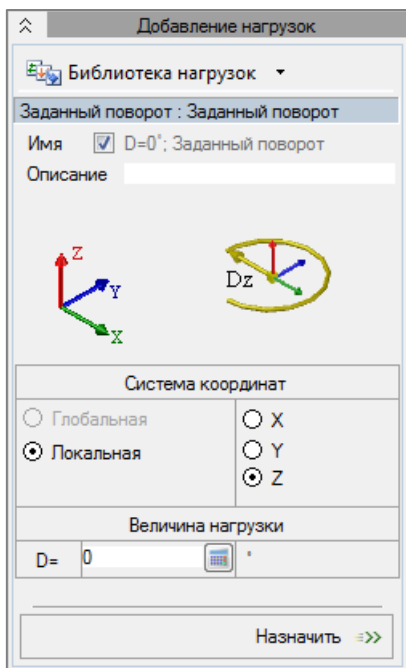


Рис. 2.198

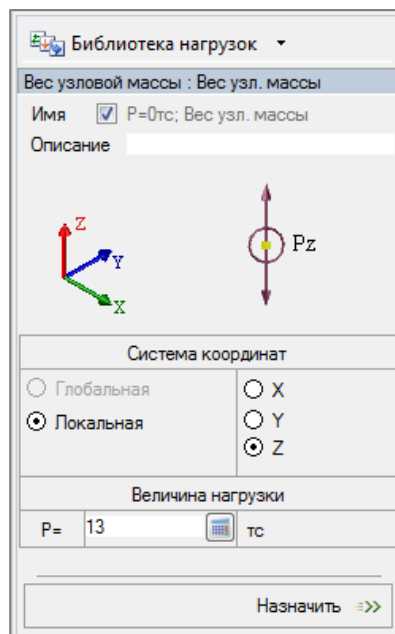


Рис. 2.199

- Ломаная с произвольным шагом (загружение **Динамическая нагрузка (узловые силы)**)

При выборе этого вида нагрузки открывается диалоговое окно (рис. 2.200), в котором необходимо указать имя и описание нагрузки. После чего задать систему координат и направление воздействия. Для построения графика ломаной нужно указать начальные параметры: **Количество точек**, **Время** и **Величину нагрузки**. После нажатия кнопки **Показать график** в отдельном диалоговом окне будет построен график (рис. 2.201).

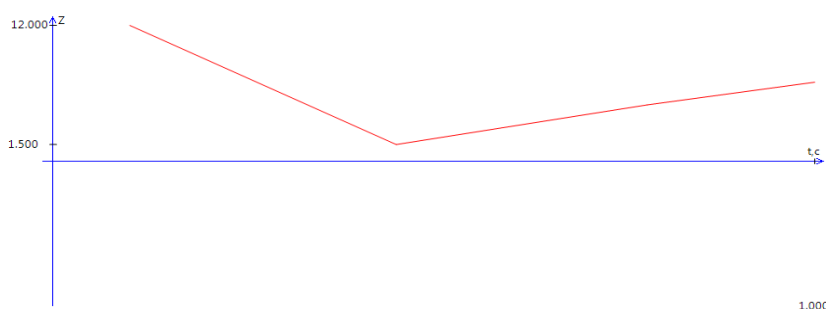


Рис. 2.201

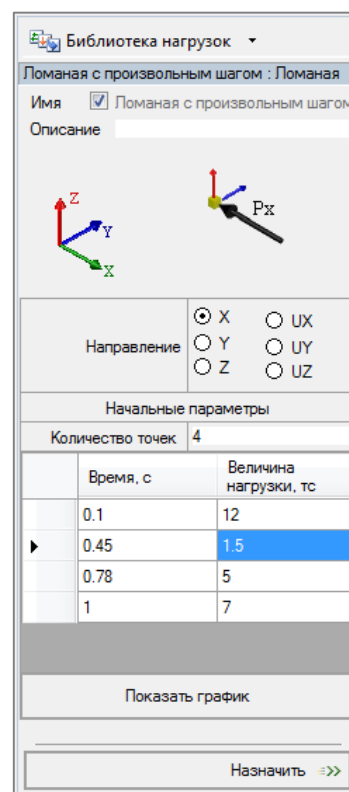


Рис. 2.200

Для применения нагрузки нужно выделить соответствующий узел и нажать кнопку **Назначить**.

- Синусоидальная (загружение **Динамическая нагрузка (узловые силы)**)

При выборе этого вида нагрузки открывается диалоговое окно (рис. 2.202), в котором необходимо указать имя и описание нагрузки. После чего задать систему координат и направление воздействия. Для построения синусоиды нужно задать параметры: **Амплитуда**, **Частота**, **Сдвиг фаз**, **Время начала**, **Время**.



После нажатия кнопки **Показать график** в отдельном диалоговом окне будет построен график (рис. 2.203).

Для применения нагрузки нужно выделить соответствующий узел и нажать кнопку **Назначить**.

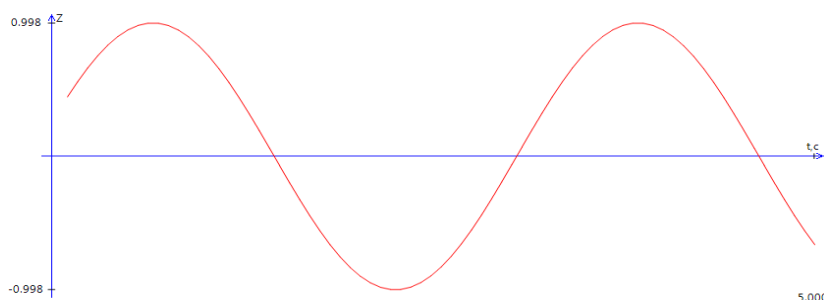


Рис. 2.203

- Акселерограмма (загрузка **Динамическая нагрузка (узловые силы)**)

При выборе этого вида нагрузки открывается диалоговое окно (рис. 2.204), в котором необходимо указать имя и описание нагрузки. После чего задать систему координат и направление воздействия.

Для построения акселерограммы нужно задать начальные параметры: **Количество**, **Время начала**, **Шаг во времени**, **Коэффициент перевода**, **Время** и **Величину нагрузки**.

После нажатия кнопки **Показать график** в отдельном диалоговом окне будет построен график (рис. 2.205).

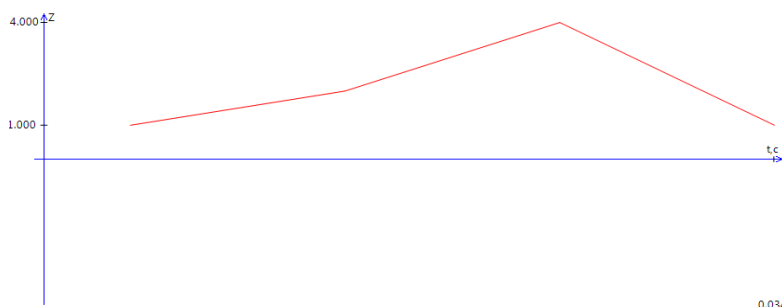


Рис. 2.205

Также можно прочесть нагрузку из уже существующих файлов.

Для применения нагрузки нужно выделить соответствующий узел и нажать кнопку **Назначить**.

- Ломаная с равномерным шагом (загрузка **Динамическая нагрузка (узловые силы)**)

При выборе этого вида нагрузки открывается диалоговое окно (рис. 2.206), в котором необходимо указать имя и описание нагрузки. После чего задать систему координат и направление воздействия.

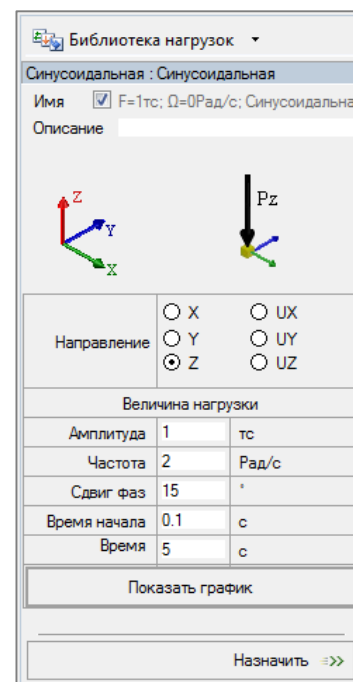


Рис. 2.202

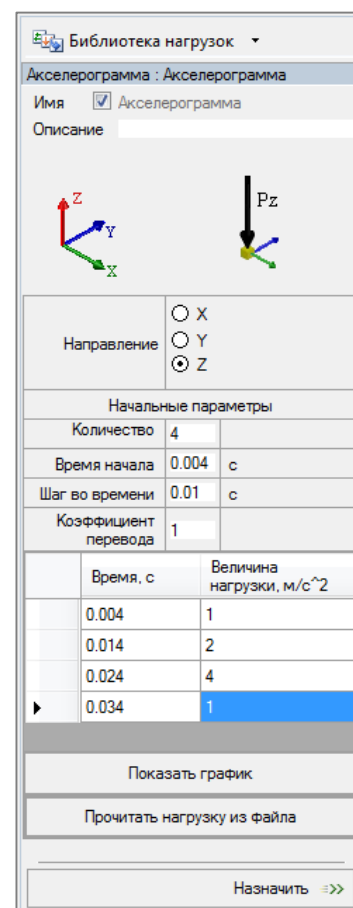


Рис. 2.204

Для построения графика нужно задать начальные параметры: **Количество**, **Время начала**, **Шаг во времени**, **Коэффициент перевода**, **Время** и **Величину нагрузки**.

После нажатия кнопки **Показать график** в отдельном диалоговом окне будет построен график (рис. 2.207).

Для применения нагрузки нужно выделить соответствующий узел и нажать кнопку **Назначить**.

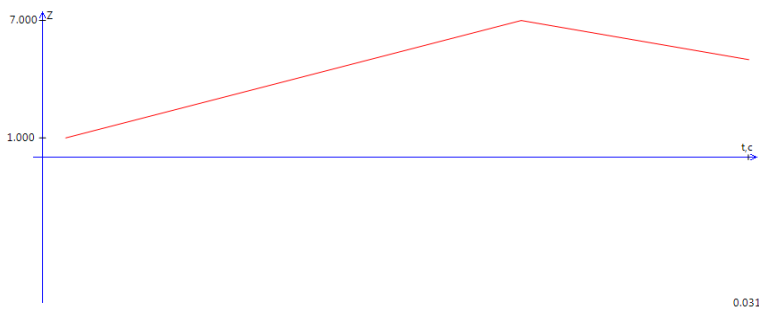


Рис. 2.207

- Сейсмограмма (загрузка **Динамическая нагрузка (узловые силы)**)

При выборе этого вида нагрузки открывается диалоговое окно (рис. 2.208), в котором необходимо указать имя и описание нагрузки. После чего задать систему координат и направление воздействия.

Для построения графика нужно задать начальные параметры: **Количество**, **Время начала**, **Шаг во времени**, **Коэффициент перевода**, **Время** и **Величину нагрузки**.

После нажатия кнопки **Показать график** в отдельном диалоговом окне будет построен график (рис. 2.209).

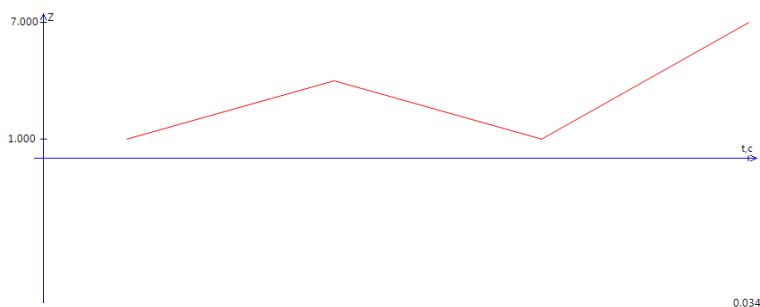


Рис. 2.209

Для применения нагрузки нужно выделить соответствующий узел и нажать кнопку **Назначить**.

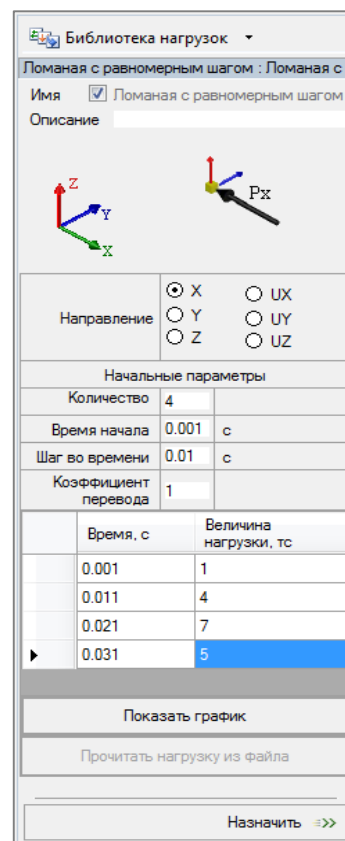


Рис. 2.206

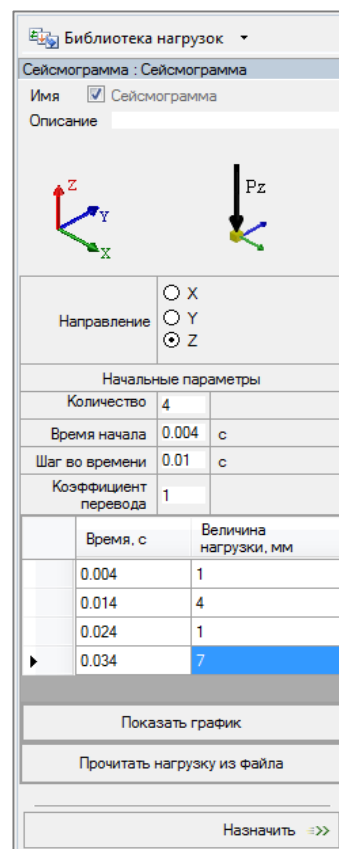


Рис. 2.208

- Заданная температура в узле (загрузка **Вычисление температурного поля**)

При выборе этого вида нагрузки открывается диалоговое окно (рис. 2.210), в котором необходимо указать имя и описание нагрузки. После чего нужно задать температуру в узле. Величина температуры отображается в установленных единицах измерения.

Для применения нагрузки нужно выделить соответствующий узел и нажать кнопку **Назначить**.

- Сосредоточенный тепловой поток (загрузка **Вычисление температурного поля**)

При выборе этого вида нагрузки открывается диалоговое окно (рис. 2.211), в котором необходимо указать имя и описание нагрузки. После чего нужно задать мощность теплового потока в узле. Величина температуры отображается в установленных единицах измерения.

Для применения нагрузки нужно выделить соответствующий узел и нажать кнопку **Назначить**.

- Давление жидкости для фильтрации (загрузка **Стадия нелинейного нагружения с расчетом фильтрации**)

При выборе этого вида нагрузки открывается диалоговое окно (рис. 2.212), в котором необходимо указать имя и описание нагрузки. После чего нужно задать жидкости в узле. Величина температуры отображается в установленных единицах измерения.

Для применения нагрузки нужно выделить соответствующий узел и нажать кнопку **Назначить**.

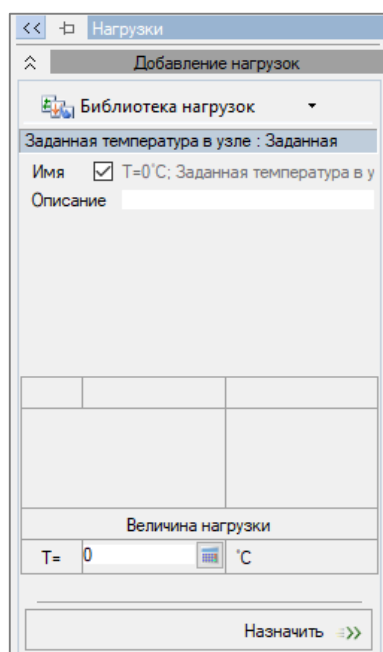


Рис. 2.210

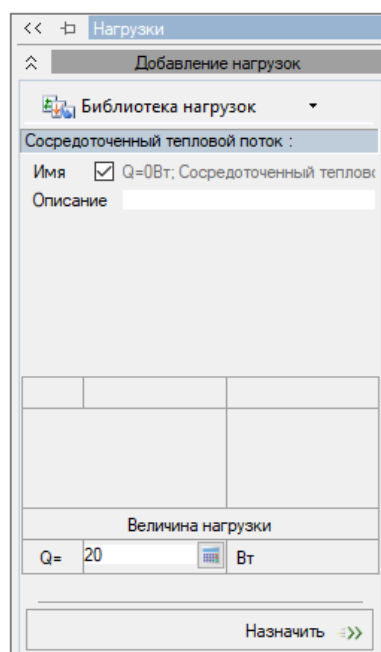


Рис. 2.211

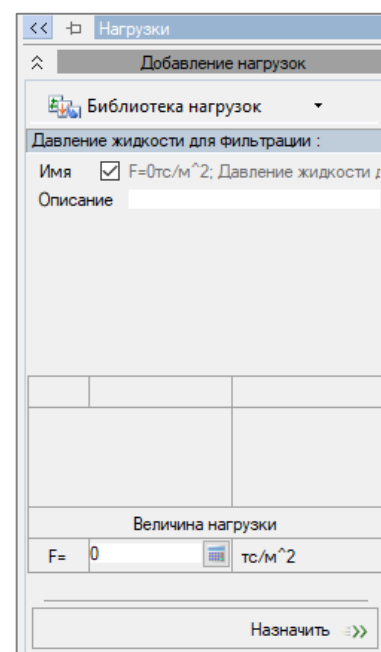


Рис. 2.212

- Импульсная нагрузка (загрузка **Импульсное воздействие**)

При выборе этого вида нагрузки открывается диалоговое окно (рис. 2.213), в котором необходимо указать имя и описание нагрузки. После чего задать **форму импульса** (рис. 2.216), значение **дополнительной узловой массы**, **время действия одного импульса**, **период повторения**, **количество повторений**, **направление воздействия** и **величину силы импульса**. Величины отображаются в установленных единицах измерения.

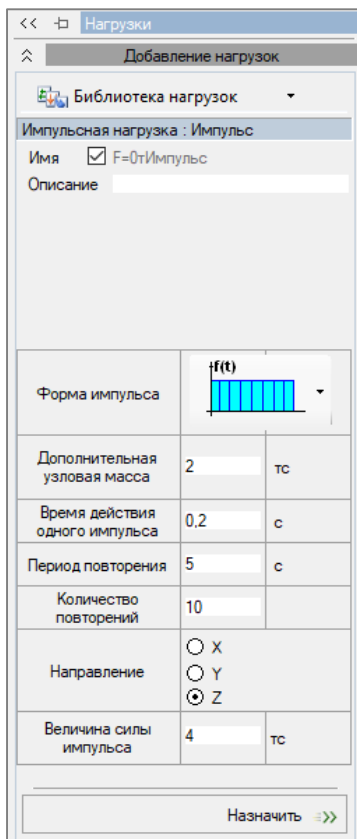


Рис. 2.213

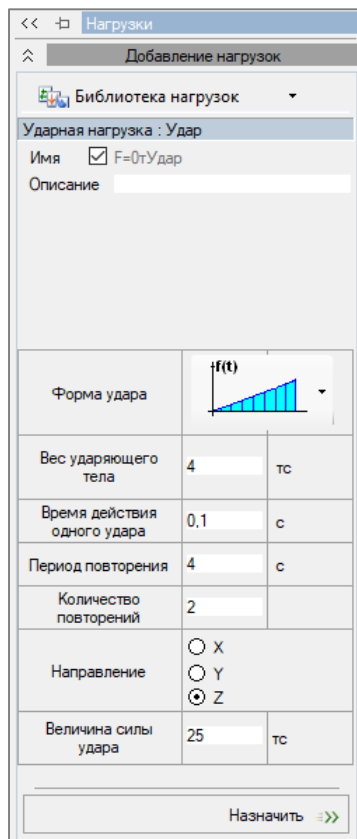


Рис. 2.214

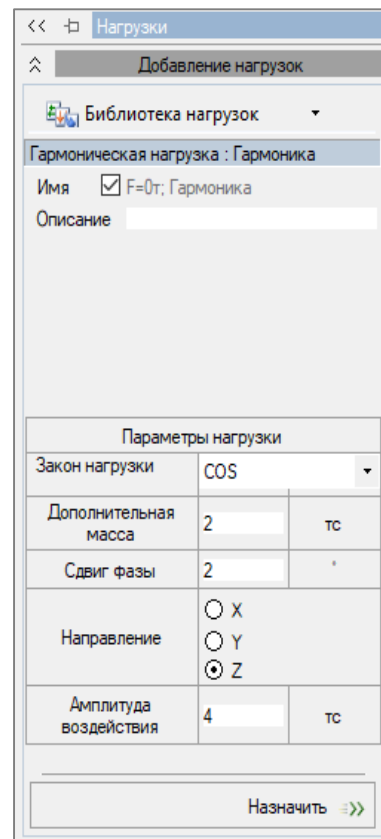


Рис. 2.215

Для применения поворота нужно выделить соответствующий узел и нажать кнопку **Назначить**.

- Ударная нагрузка (загружение **Ударное воздействие**)

При выборе этого вида нагрузки открывается диалоговое окно (рис. 2.214), в котором необходимо указать имя и описание нагрузки. После чего задать **форму удара** (рис. 2.216), **вес ударяющего тела**, **время действия одного удара**, **период повторения**, **количество повторений**, **направление** воздействия и **величину силы удара**. Величины отображаются в установленных единицах измерения.

Для применения поворота нужно выделить соответствующий узел и нажать кнопку **Назначить**.

- Гармоническая нагрузка (загружение **Гармоническое воздействие**)

При выборе этого вида нагрузки открывается диалоговое окно (рис. 2.215), в котором необходимо указать имя и описание нагрузки. После чего задать **закон нагрузки** (Sin или Cos), **значение дополнительной массы**, **сдвиг фазы**, **направление** воздействия и **амплитуду воздействия**. Величины отображаются в установленных единицах измерения.

Для применения нагрузки нужно выделить соответствующий узел и нажать кнопку **Назначить**.

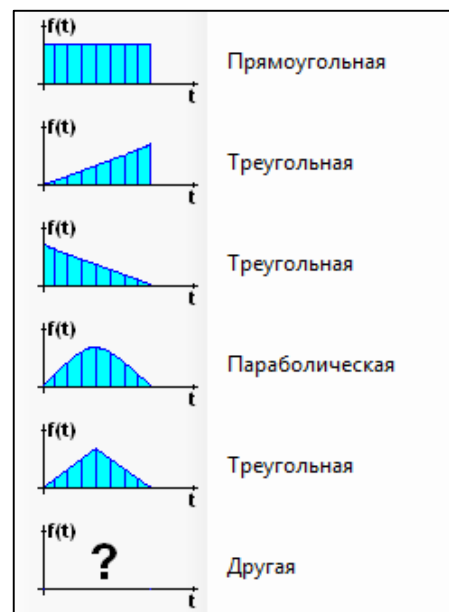


Рис. 2.216

## Нагрузки на одноузловой элемент

- Температура окружающей среды (загрузка **Вычисление температурного поля**)

При выборе этого вида нагрузки открывается диалоговое окно (рис. 2.217), в котором необходимо указать имя и описание нагрузки. После чего нужно задать температуру окружающей среды. Нагрузка назначается на одноузловой КЭ 151. Величина температуры отображается в установленных единицах измерения.

Для применения нагрузки нужно выделить соответствующий узел и нажать кнопку **Назначить**.

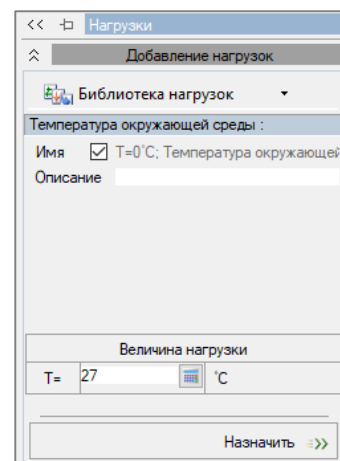


Рис. 2.217

## Нагрузки на стержень

- Сосредоточенная сила

При выборе этого вида нагрузки открывается диалоговое окно (рис. 2.218), в котором необходимо указать имя и описание. После чего задать систему координат и направление воздействия при помощи переключателей. Для назначения этой нагрузки, прикладываемой в одной точке, необходимо в диалоговом окне задать величину силы (**P**) и привязку ее к первому узлу стержня (расстояние **A** от первого узла). При наличии жестких вставок расстояние измеряется от начала гибкой части. Допускается задание этой нагрузки на жесткие вставки.

Также при помощи ввода значений в текстовую строку задаются значения эксцентриситетов  $dY$  и  $dZ$ .

Для применения сосредоточенной силы нужно выделить соответствующий стержень и нажать кнопку **Назначить**.

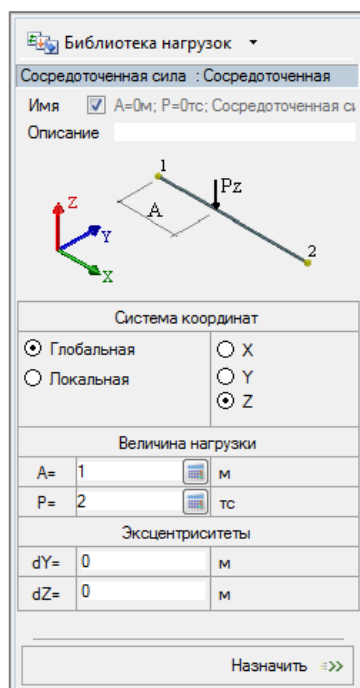


Рис. 2.218

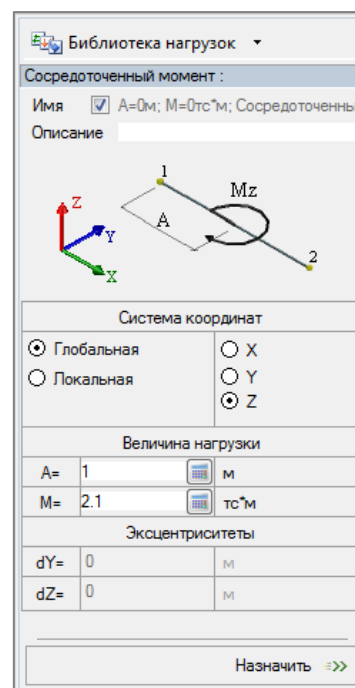


Рис. 2.219

- Сосредоточенный момент

При выборе этого вида нагрузки открывается диалоговое окно (рис. 2.219), в котором необходимо указать имя и описание. После чего задать систему координат и направление воздействия при помощи переключателей. Для назначения сосредоточенного момента, прилагаемого в одной точке, необходимо в диалоговом окне задать величину момента (**M**) и его привязку к началу стержня (расстояние **A** от первого узла). При наличии жестких вставок расстояние **A** измеряется от начала гибкой части. Допускается задание этой нагрузки на жесткие вставки.

Для применения сосредоточенного момента нужно выделить соответствующий стержень и нажать кнопку **Назначить**.

- Равномерно распределенная сила

При выборе этого вида нагрузки открывается диалоговое окно (рис. 2.220), в котором необходимо указать имя и описание нагрузки. После чего задать систему координат и направление воздействия при помощи переключателей. Для назначения этой нагрузки, прилагаемой по всей длине стержня (включая и жесткие вставки), необходимо в диалоговом окне ввести ее интенсивность (**P**). Чтобы действие нагрузки распространялось также и на жесткую вставку (в случае если ее проекция удлиняет гибкую часть), нужно установить флажок в соответствующем поле. Эксцентриситеты **dY** и **dZ** задаются путем ввода значений в текстовую строку.

Для применения силы нужно выделить соответствующий стержень и нажать кнопку **Назначить**.

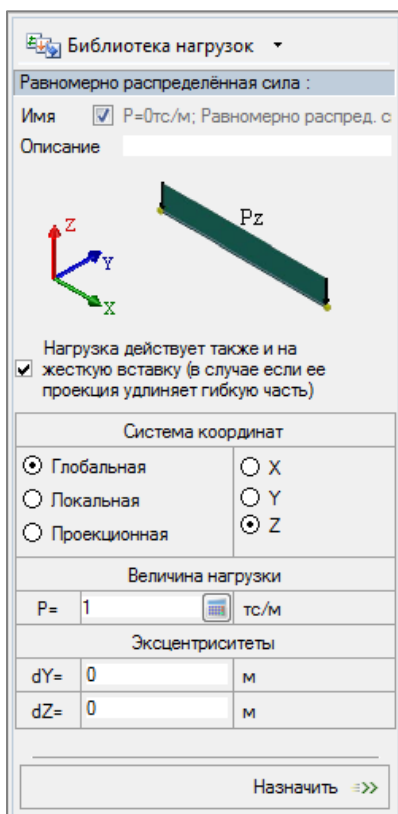


Рис. 2.220

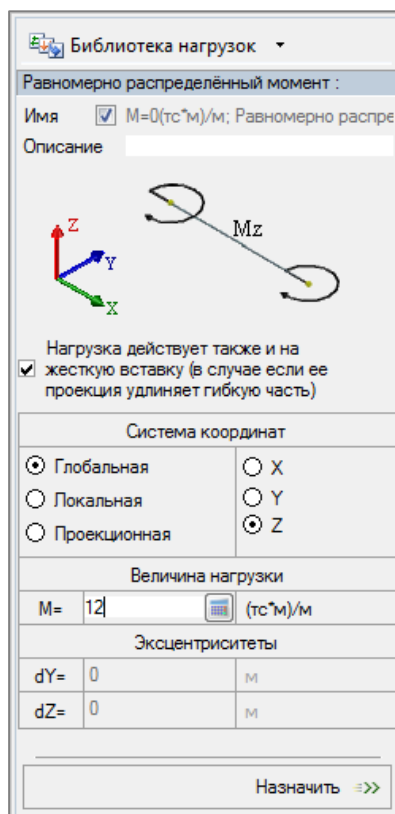


Рис. 2.221

- Равномерно распределенный момент

При выборе этого вида нагрузки открывается диалоговое окно (рис. 2.221), в котором необходимо указать имя и описание нагрузки. После чего задать систему координат и направление воздействия при помощи переключателей. Для назначения этой нагрузки, прилагаемой по всей длине стержня, необходимо в диалоговом окне задать величину момента (**M**). Чтобы действие нагрузки распространялось также и на жесткую вставку (в случае если ее проекция удлиняет гибкую часть), нужно установить флажок в соответствующем поле.

Для применения равномерно распределенного момента нужно выделить соответствующий стержень и нажать кнопку **Назначить**.

- Трапециевидная распределенная сила

При выборе этого вида нагрузки открывается диалоговое окно (рис. 2.222), в котором необходимо указать имя и описание нагрузки. После чего задать систему координат и направление воздействия при помощи переключателей. Для назначения трапециевидной нагрузки необходимо в диалоговом окне задать интенсивности нагрузки в начале и в конце ее приложения (**P1** и **P2**), а также их привязку к первому узлу стержня (расстояния от первого узла **A1** и **A2**). При наличии жестких вставок расстояния A1 и A2 измеряются от начала гибкой части.

Для применения трапециевидной распределенной силы нужно выделить соответствующий стержень и нажать кнопку **Назначить**.

Библотека нагрузок

Трапециевидная распределённая сила :

Имя  A1=0м; P1=0тс/м; A2=0м; P2=0тс

Описание

Система координат

Глобальная  X

Локальная  Y

Проекционная  Z

Величина нагрузки

A1= 0 м

P1= 0 тс/м

A2= 0 м

P2= 0 тс/м

Эксцентриситеты

dY= 0 м

dZ= 0 м

Назначить =>>

Рис. 2.222

Библотека нагрузок

Трапециевидный распределённый момент :

Имя  A1=0м; M1=0(тс\*м)/м; A2=0м; M2

Описание

Система координат

Глобальная  X

Локальная  Y

Проекционная  Z

Величина нагрузки

A1= 0 м

M1= 0 (тс\*м)/м

A2= 0 м

M2= 0 (тс\*м)/м

Эксцентриситеты

dY= 0 м

dZ= 0 м

Назначить =>>

Рис. 2.223

- Трапециевидный распределенный момент

При выборе этого вида нагрузки открывается диалоговое окно (рис. 2.223), в котором необходимо указать имя и описание нагрузки. После чего задать систему координат и направление воздействия при помощи переключателей. Для назначения этой нагрузки, прилагаемой по всей длине стержня (включая и жесткие вставки), необходимо в диалоговом окне задать интенсивность момента в начале и в конце приложения (**M1**, **M2**), а также его привязку к первому узлу стержня (расстояния от первого узла **A1** и **A2**). При наличии жестких вставок расстояния A1 и A2 измеряются от начала гибкой части.

Для применения трапециевидного распределенного момента нужно выделить соответствующий стержень и нажать кнопку **Назначить**.

- Равномерный нагрев (охлаждение)

При выборе этого вида нагрузки открывается диалоговое окно (рис. 2.224), в котором необходимо указать имя и описание нагрузки. Для задания равномерного нагрева стержня в диалоговом окне назначается температура (**T**).

При наличии жестких вставок эта нагрузка воздействует только на гибкую часть стержня.

Для применения равномерного нагрева нужно выделить соответствующий стержень и нажать кнопку **Назначить**.

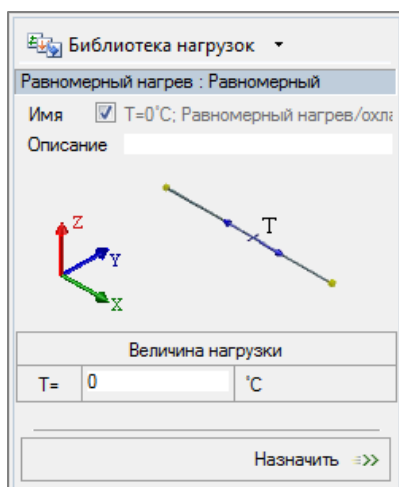


Рис. 2.224

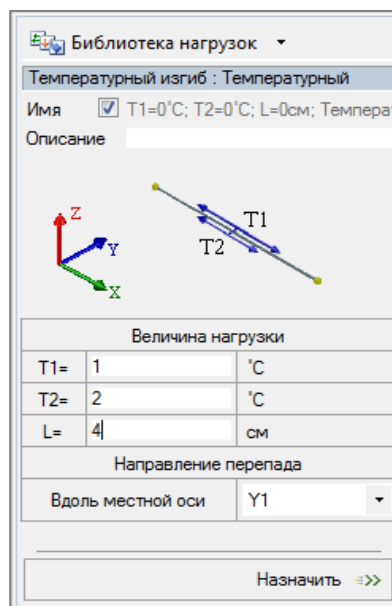


Рис. 2.225

- Температурный изгиб

При выборе этого вида нагрузки открывается диалоговое окно (рис. 2.225), в котором необходимо указать имя и описание нагрузки. Для задания температурного изгиба стержня в диалоговом окне назначаются: температура в верхнем волокне (**T1**), температура в нижнем волокне (**T2**), расстояние между верхним и нижним волокнами (**L**). Также необходимо задать направление перепада вдоль местной оси: Y1, Z1 (при помощи раскрывающего списка).

При наличии жестких вставок эта нагрузка воздействует только на гибкую часть стержня.



Для применения равномерного нагрева нужно выделить соответствующий стержень и нажать кнопку **Назначить**.

- Вес динамической массы

При выборе этого вида нагрузки открывается диалоговое окно (рис. 2.226), в котором необходимо указать имя и описание нагрузки. Для назначения этой нагрузки также и на жесткие вставки (в случае если ее проекция удлиняет гибкую часть) необходимо установить соответствующий флажок.

Для применения динамической массы нужно выделить требуемый стержень и нажать кнопку **Назначить**.

- Сосредоточенный тепловой поток (загружение **Вычисление температурного поля**)

При выборе этого вида нагрузки открывается диалоговое окно (рис. 2.227), в котором необходимо указать имя и описание нагрузки. Для назначения этой нагрузки, прикладываемой в одной точке, необходимо в диалоговом окне задать мощность теплового потока (**Q**) и привязку ее к первому узлу стержня (расстояние **A** от первого узла). При наличии жестких вставок расстояние **A** измеряется от начала гибкой части. Задание этой нагрузки на жесткие вставки не допускается. Для применения равномерного нагрева нужно выделить соответствующий стержень и нажать кнопку **Назначить**.

- Равномерно распределенный тепловой поток (загружение **Вычисление температурного поля**)

При выборе этого вида нагрузки открывается диалоговое окно (рис. 2.228), в котором необходимо указать имя и описание нагрузки. После чего задать систему координат и направление воздействия при помощи переключателей. Для назначения этой нагрузки, прикладываемой по всей длине стержня (исключая жесткие вставки), необходимо в диалоговом окне ввести ее интенсивность (**P**).

Для применения силы нужно выделить соответствующий стержень и нажать кнопку **Назначить**.

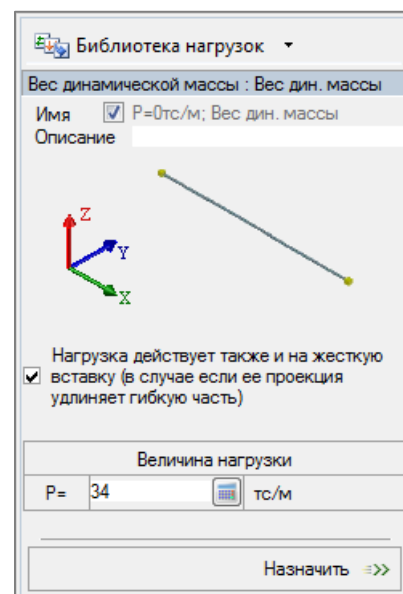


Рис. 2.226

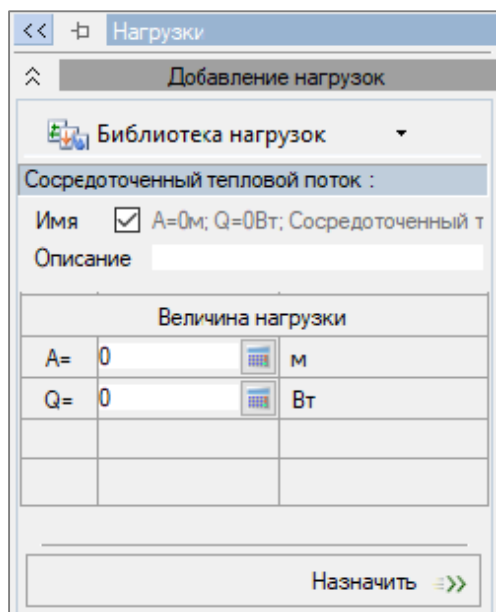


Рис. 2.227

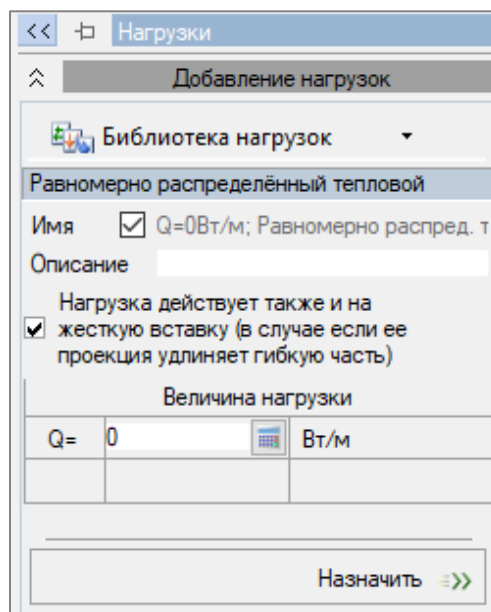


Рис. 2.228

- Неравномерно распределенный тепловой поток (загружение **Вычисление температурного поля**)

При выборе этого вида нагрузки открывается диалоговое окно (рис. 2.229), в котором необходимо указать имя и описание нагрузки. Для назначения неравномерного потока необходимо в диалоговом окне задать интенсивности потока в начале и в конце его приложения (**Q1** и **Q2**), а также их привязку к первому узлу стержня (расстояния от первого узла **A1** и **A2**). При наличии жестких вставок расстояния **A1** и **A2** измеряются от начала гибкой части.

Для применения теплового потока нужно выделить соответствующий стержень и нажать кнопку **Назначить**.

- Температура окружающей среды (загружение **Вычисление температурного поля**)

При выборе этого вида нагрузки открывается диалоговое окно (рис. 2.230), в котором необходимо указать имя и описание нагрузки. После чего нужно задать температуру окружающей среды. Нагрузка назначается на стержневой КЭ 168. Величина температуры отображается в установленных единицах измерения.

Для применения нагрузки нужно выделить соответствующий стержень и нажать кнопку **Назначить**.

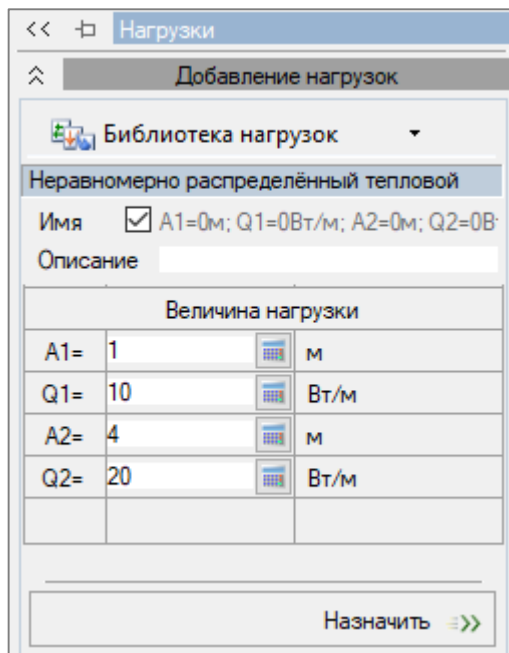


Рис. 2.229

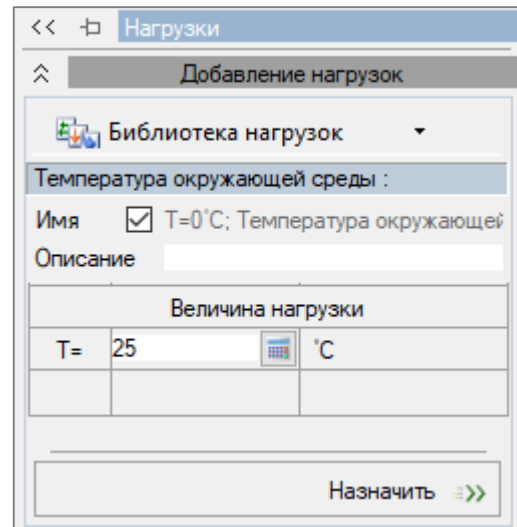


Рис. 2.230

### Нагрузки на пластину

- Сосредоточенная сила

При выборе этого вида нагрузки открывается диалоговое окно (рис. 2.231), в котором необходимо указать имя и описание нагрузки. После чего задать систему координат и направление воздействия при помощи переключателей. Для назначения этой нагрузки, прикладываемой в одной точке, необходимо в диалоговом окне задать величину силы (**P**) и ее привязки (**A**) и (**B**) в местной или глобальной системе координат.

Для применения силы нужно выделить соответствующую пластину и нажать кнопку **Назначить**.

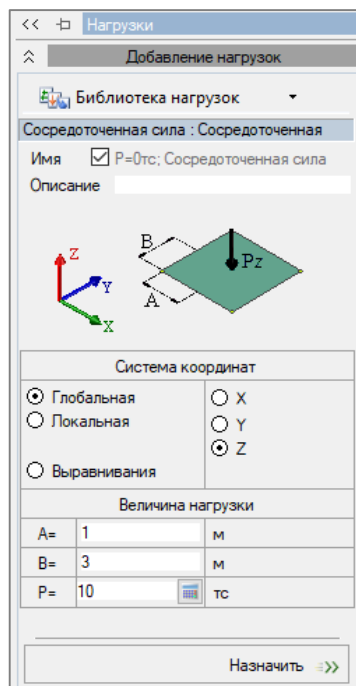


Рис. 2.231

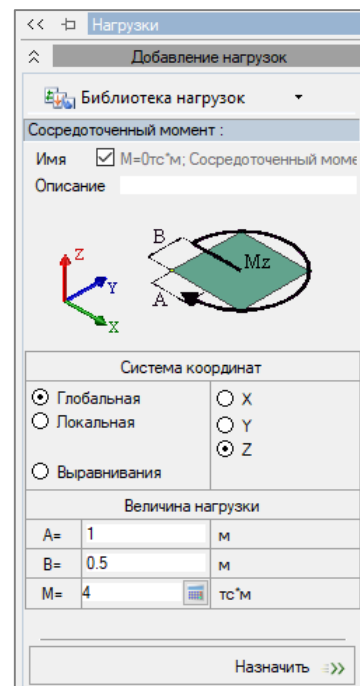


Рис. 2.232

- Сосредоточенный момент

При выборе этого вида нагрузки открывается диалоговое окно (рис. 2.232), в котором необходимо указать имя и описание нагрузки. После чего задать систему координат и направление воздействия при помощи переключателей. Для назначения сосредоточенного момента, прилагаемого в одной точке, необходимо в диалоговом окне задать величину момента (**M**) и его привязки (**A**) и (**B**) в местной или глобальной системе координат.

Для применения момента нужно выделить соответствующую пластину и нажать кнопку **Назначить**.

- Равномерно распределенная сила

При выборе этого вида нагрузки открывается диалоговое окно (рис. 2.233), в котором необходимо указать имя и описание нагрузки. После чего задать систему координат и направление воздействия при помощи переключателей. Для назначения этой нагрузки, прилагаемой по всей площади пластины, необходимо в диалоговом окне задать ее интенсивность (**P**).

Для применения силы нужно выделить соответствующую пластину и нажать кнопку **Назначить**.

- Равномерно распределенный момент

При выборе этого вида нагрузки открывается диалоговое окно (рис. 2.234), в котором необходимо указать имя и описание нагрузки. После чего задать систему координат и направление воздействия при помощи переключателей. Для назначения этой нагрузки, прилагаемой по всей площади пластины, необходимо в диалоговом окне задать интенсивность момента (**M**).

Для применения момента нужно выделить соответствующую пластину и нажать кнопку **Назначить**.



Рис. 2.233

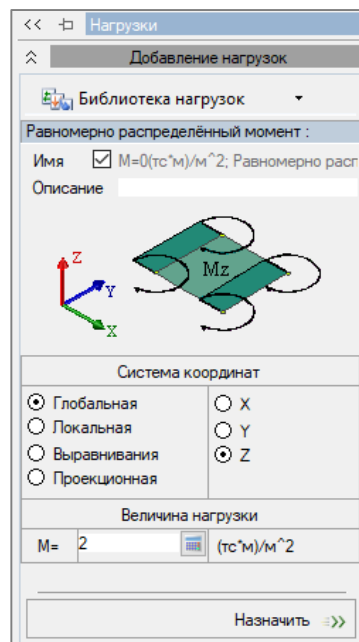


Рис. 2.234

- Трапециевидная распределенная сила

При выборе этого вида нагрузки открывается диалоговое окно (рис. 2.235), в котором необходимо указать имя и описание нагрузки. После чего задать систему координат и направление воздействия при помощи переключателей. Для назначения трапециевидной нагрузки необходимо в диалоговом окне задать ее интенсивность в вершинах элемента (**P1**, **P2**, **P3** и **P4**).

Для применения силы нужно выделить соответствующую пластину и нажать кнопку **Назначить**.



Рис. 2.235



Рис. 2.236

- Трапециевидный распределенный момент

При выборе этого вида нагрузки открывается диалоговое окно (рис. 2.236), в котором необходимо указать имя и описание нагрузки. После чего задать систему координат и направление воздействия при помощи переключателей. Для назначения этой нагрузки необходимо в диалоговом окне задать интенсивность момента в вершинах элемента (**M1**, **M2**, **M3** и **M4**).

Для применения момента нужно выделить соответствующую пластину и нажать кнопку **Назначить**.

- Произвольная трапециевидная распределенная сила

При выборе этого вида нагрузки открывается диалоговое окно (рис. 2.237), в котором необходимо указать имя и описание нагрузки. После чего задать систему координат и направление воздействия при помощи переключателей. Для назначения этой нагрузки необходимо в диалоговом окне координаты и интенсивность силы, после чего нажать кнопку **Добавить**. Эту операцию нужно провести для всех точек полигона нагрузки.

Для применения нагрузки нужно выделить соответствующую пластину и нажать кнопку **Назначить**.

- Произвольный трапециевидный распределенный момент

При выборе этого вида нагрузки открывается диалоговое окно (рис. 2.238), в котором необходимо указать имя и описание нагрузки. После чего задать систему координат и направление воздействия при помощи переключателей. Для назначения этой нагрузки необходимо в диалоговом окне координаты и интенсивность момента, после чего нажать кнопку **Добавить**. Эту операцию нужно провести для всех точек полигона нагрузки.

Для применения нагрузки нужно выделить соответствующую пластину и нажать кнопку **Назначить**.



Рис. 2.237

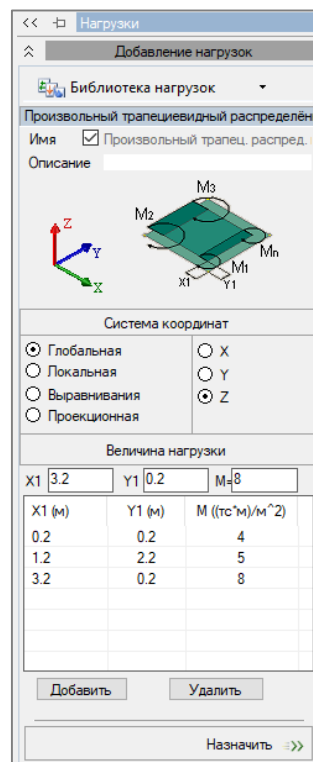


Рис. 2.238

- Равномерный нагрев (охлаждение)

При выборе этого вида нагрузки открывается диалоговое окно (рис. 2.239), в котором необходимо указать имя и описание нагрузки. Нагрузка моделирует действие температуры по полю конечного элемента во всех направлениях или вдоль одной из местных осей ортогональности (X1, Y1).

В диалоговом окне необходимо задать величину температуры **T**.

Для применения нагрузки нужно выделить соответствующую пластину и нажать кнопку **Назначить**.

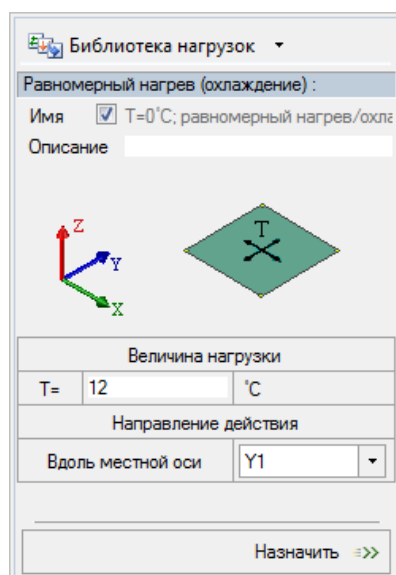


Рис. 2.239

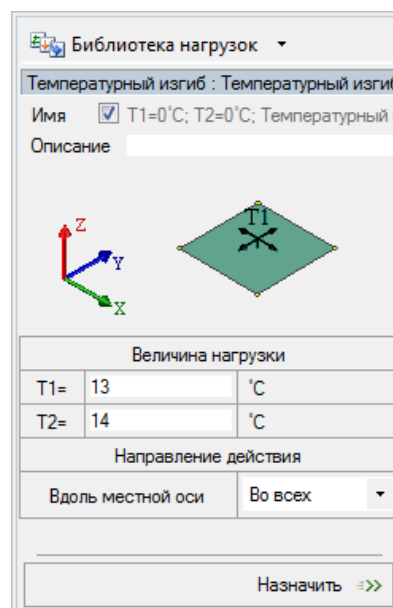


Рис. 2.240

- Температурный изгиб

При выборе этого вида нагрузки открывается диалоговое окно (рис. 2.240), в котором необходимо указать имя и описание нагрузки. Нагрузка моделирует действие температуры по элементу во всех направлениях или вдоль одной из местных осей ортотропии (X1, Y1). В диалоговом окне задаются следующие величины:

**T1** — равномерный по толщине температурный нагрев (охлаждение);

**T2** — разность температур между верхней (вдоль оси Z1) и нижней (против оси Z1) поверхностями.

Для применения нагрузки нужно выделить соответствующую пластину и нажать кнопку **Назначить**.

- Равномерно распределенная сила по линии

При выборе этого вида нагрузки открывается диалоговое окно (рис. 2.241), в котором необходимо указать имя и описание нагрузки. После чего задать систему координат и направление воздействия при помощи переключателей. Допускается нагрузка на сторону и по диагонали.

Чтобы задать нагрузку, необходимо отметить не только требуемый элемент, но и те его узлы, между которыми нужно приложить нагрузку.

Для задания равномерной нагрузки на сторону пластины в диалоговом окне необходимо указать значение нагрузки (**P**), а также при помощи установки флажка указать номера узлов КЭ пластины, между которыми прикладывается равномерно распределенная сила.

Для применения силы нужно выделить соответствующую пластину и нажать кнопку **Назначить**.

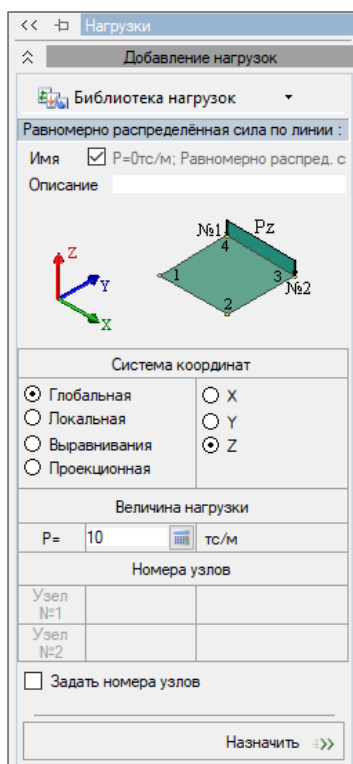


Рис. 2.241

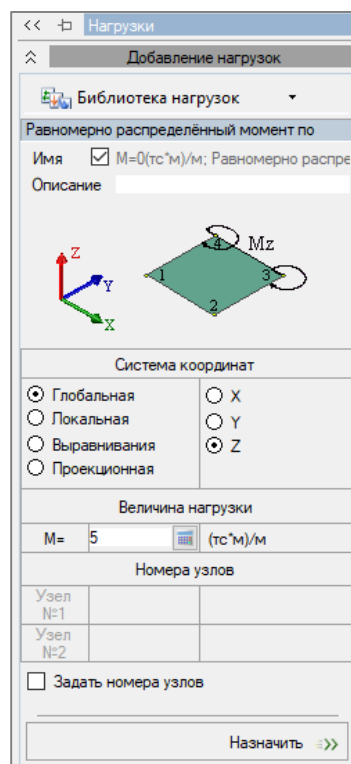


Рис. 2.242

- Равномерно распределенный момент по линии

При выборе этого вида нагрузки открывается диалоговое окно (рис. 2.242), в котором необходимо указать имя и описание нагрузки. После чего задать систему координат и направление воздействия при помощи переключателей. Допускается нагрузка на сторону и по диагонали.

Для задания этой нагрузки необходимо отметить не только требуемый элемент, но и те его узлы, между которыми нужно приложить нагрузку.

Для задания равномерно распределенного момента на сторону пластины в диалоговом окне необходимо указать значение момента (**M**). Также нужно указать номера узлов КЭ пластины, между которыми прикладывается равномерно распределенный момент.

Для применения момента нужно выделить соответствующую пластину и нажать кнопку **Назначить**.

- Трапециевидная распределенная сила по линии

При выборе этого вида нагрузки открывается диалоговое окно (рис. 2.243), в котором необходимо указать имя и описание нагрузки. После чего задать систему координат и направление воздействия при помощи переключателей. Допускается нагрузка на сторону и по диагонали.

Для задания этой нагрузки необходимо отметить не только требуемый элемент, но и те его узлы, между которыми нужно приложить нагрузку.

Для задания трапециевидной распределенной силы на сторону пластины в диалоговом окне необходимо указать значения нагрузок (**P1**, **P2**). Также нужно указать номера узлов КЭ пластины, между которыми прикладывается трапециевидная распределенная сила.

Для применения силы нужно выделить соответствующую пластину и нажать кнопку **Назначить**.



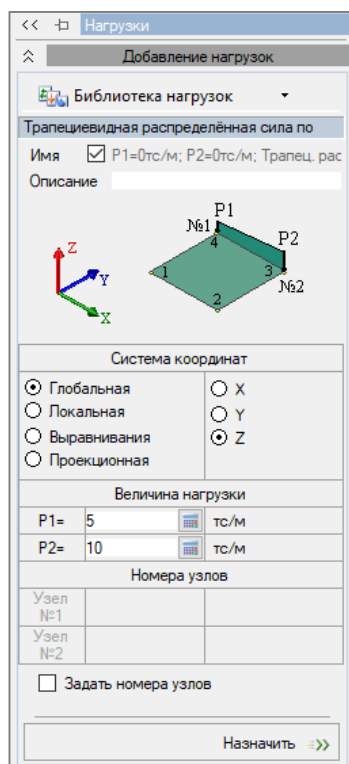


Рис. 2.243

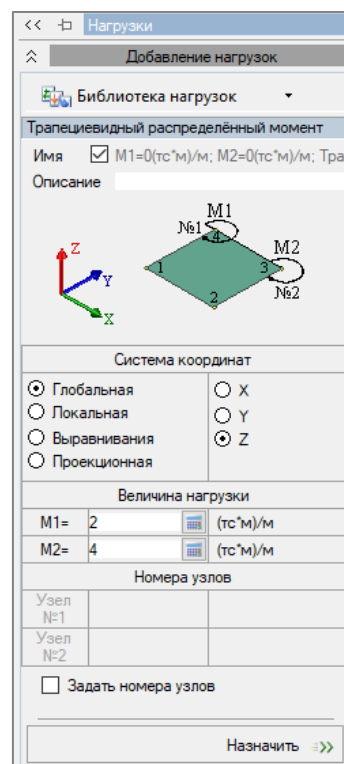


Рис. 2.244

- Трапециевидный распределенный момент по линии

При выборе этого вида нагрузки открывается диалоговое окно (рис. 2.244), в котором необходимо указать имя и описание нагрузки. После чего задать систему координат и направление воздействия при помощи переключателей. Допускается нагрузка на сторону и по диагонали.

Для задания этой нагрузки необходимо отметить не только требуемый элемент, но и те его узлы, между которыми нужно приложить нагрузку.

Для задания трапециевидного распределенного момента на сторону пластины в диалоговом окне необходимо указать значения моментов ( $M1$ ,  $M2$ ). Также нужно указать номера узлов КЭ пластины, между которыми прикладывается трапециевидный распределенный момент.

Для применения момента нужно выделить соответствующую пластину и нажать кнопку **Назначить**.

- Вес динамической массы (загружение **Динамика во времени**)

При выборе этого вида нагрузки открывается диалоговое окно (рис. 2.245), в котором необходимо указать имя и описание нагрузки.

Для применения динамической массы нужно задать величину силы ( $P$ ), выделить соответствующую пластину и нажать кнопку **Назначить**.

- Сосредоточенный тепловой поток (загружение **Вычисление температурного поля**)

При выборе этого вида нагрузки открывается диалоговое окно (рис. 2.246), в котором необходимо указать имя и описание нагрузки. Для назначения этой нагрузки, прикладываете-

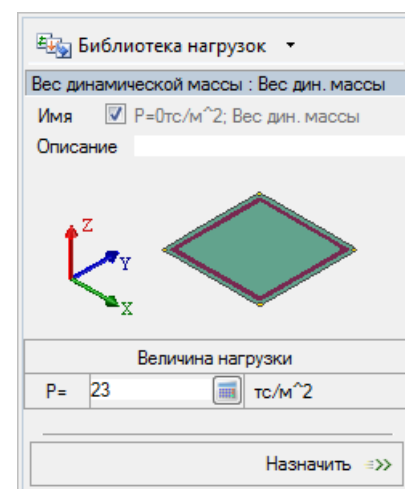


Рисунок 2.245

мой в одной точке, необходимо в диалоговом окне задать мощность теплового потока ( $Q$ ) и его привязки ( $A$ ) и ( $B$ ) в местной или глобальной системе координат.

Для применения нагрузки нужно выделить соответствующую пластину и нажать кнопку **Назначить**.

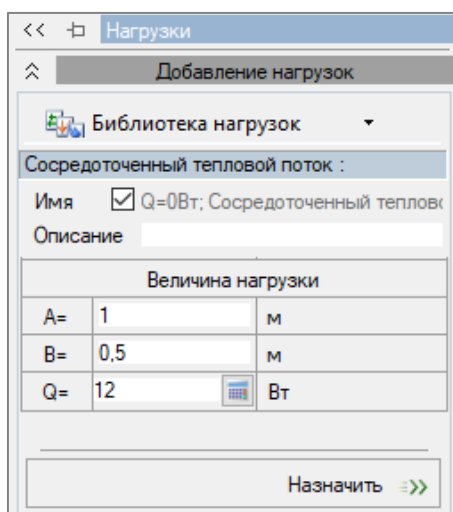


Рис. 2.246

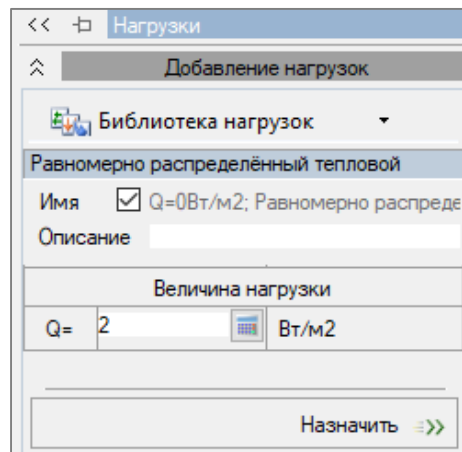


Рис. 2.247

- Равномерно распределенный тепловой поток (загрузка **Вычисление температурного поля**)

При выборе этого вида нагрузки открывается диалоговое окно (рис. 2.247), в котором необходимо указать имя и описание нагрузки. После чего задать систему координат и направление воздействия при помощи переключателей. Для назначения этой нагрузки, прилагаемой по всей площади пластины, необходимо в диалоговом окне задать ее интенсивность ( $Q$ ).

Для применения нагрузки нужно выделить соответствующую пластину и нажать кнопку **Назначить**.

- Неравномерно распределенный тепловой поток (загрузка **Вычисление температурного поля**)

При выборе этого вида нагрузки открывается диалоговое окно (рис. 2.248), в котором необходимо указать имя и описание нагрузки. Для назначения неравномерного потока необходимо в диалоговом окне задать его плотность во всех узлах элемента ( $Q_1$ ,  $Q_2$ ,  $Q_3$  и  $Q_4$ ).

Для применения нагрузки нужно выделить соответствующую пластину и нажать кнопку **Назначить**.

- Равномерно распределенный тепловой поток по линии (загрузка **Вычисление температурного поля**)

При выборе этого вида нагрузки открывается диалоговое окно (рис. 2.249), в котором необходимо указать имя и описание нагрузки. Чтобы задать нагрузку, необходимо отметить не только требуемый элемент, но и те его узлы, между которыми нужно приложить нагрузку.

Для задания равномерной теплового потока на сторону пластины в диалоговом окне необходимо указать значение нагрузки ( $Q$ ), а также путем установки флажка указать номера узлов КЭ пластины, между которыми прикладывается равномерно распределенный тепловой поток.

Для применения нагрузки нужно выделить соответствующую пластину и нажать кнопку **Назначить**.

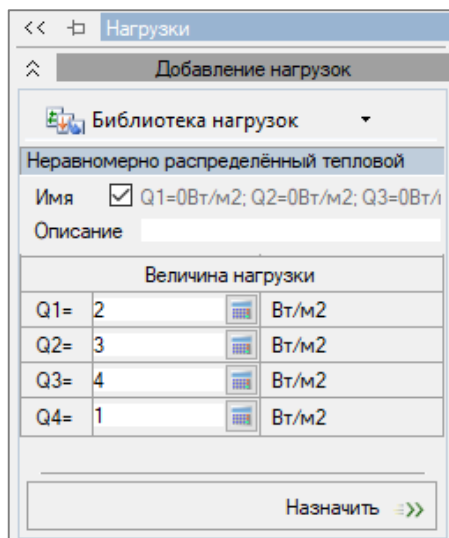


Рис. 2.248

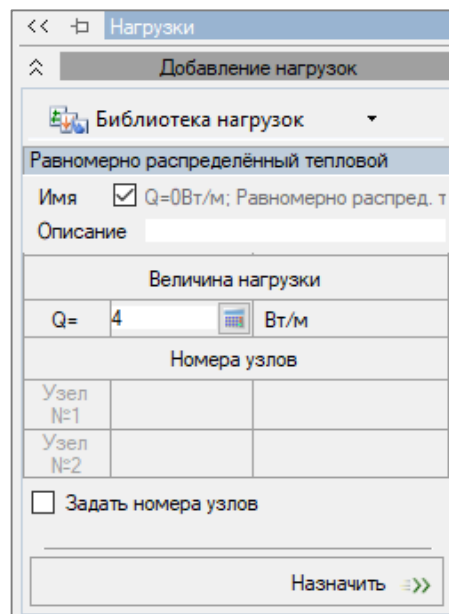


Рис. 2.249

- Неравномерно распределенный тепловой поток по линии (загружение **Вычисление температурного поля**)

При выборе этого вида нагрузки открывается диалоговое окно (рис. 2.250), в котором необходимо указать имя и описание нагрузки. Чтобы задать нагрузку, необходимо отметить не только требуемый элемент, но и те его узлы, между которыми нужно приложить нагрузку.

Для задания равномерной теплового потока на сторону пластины в диалоговом окне необходимо указать значения нагрузки (**Q1**, **Q2**), а также путем установки флажка указать номера узлов КЭ пластины, между которыми прикладывается равномерно распределенный тепловой поток.

Для применения нагрузки нужно выделить соответствующую пластину и нажать кнопку **Назначить**.

- Температура окружающей среды (загружение **Вычисление температурного поля**)

При выборе этого вида нагрузки открывается диалоговое окно (рис. 2.251), в котором необходимо указать имя и описание нагрузки. После чего нужно задать температуру окружающей среды. Нагрузка назначается на стержневой КЭ 162,164. Величина температуры отображается в установленных единицах измерения.

Для применения равномерного нагрева нужно выделить соответствующий элемент и нажать кнопку **Назначить**.

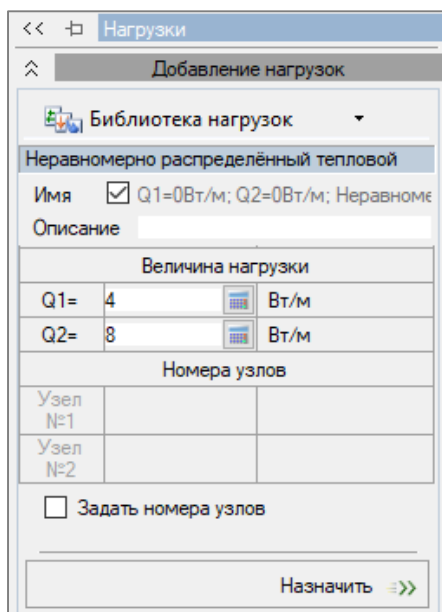


Рис. 2.250

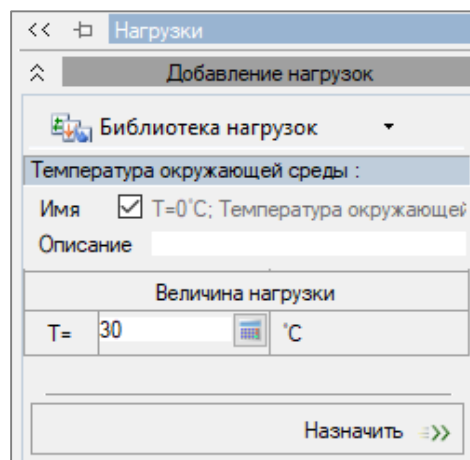


Рис. 2.251

### Нагрузки на объемные КЭ

- Сосредоточенная сила

При выборе этого вида нагрузки открывается диалоговое окно (рис. 2.252), в котором необходимо указать имя и описание нагрузки. После чего задать систему координат и направление воздействия при помощи переключателей. Для назначения этой нагрузки, прикладываемой в одной точке, необходимо в диалоговом окне задать величину силы (**P**) и ее привязки (**A**), (**B**), (**C**) в местной или глобальной системе координат.

Для применения силы нужно выделить соответствующий элемент и нажать кнопку **Назначить**.

- Равномерно распределенная сила

При выборе этого вида нагрузки открывается диалоговое окно (рис. 2.253), в котором необходимо указать имя и описание нагрузки. После чего задать систему координат и направление воздействия при помощи переключателей. Для назначения этой нагрузки необходимо в диалоговом окне задать ее интенсивность (**P**).

Для применения силы нужно выделить соответствующий элемент и нажать кнопку **Назначить**.

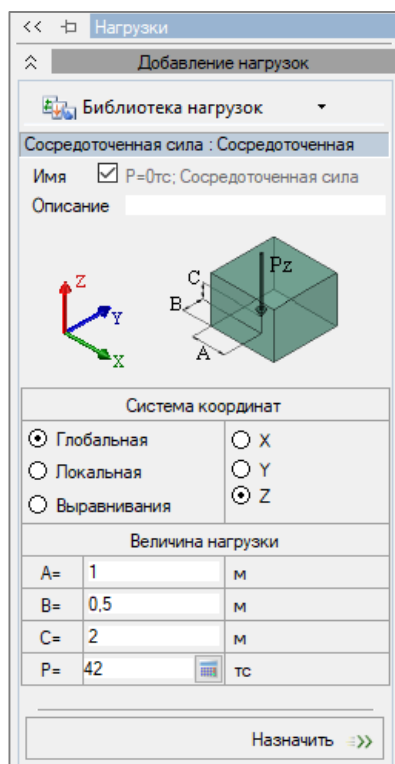


Рис. 2.252

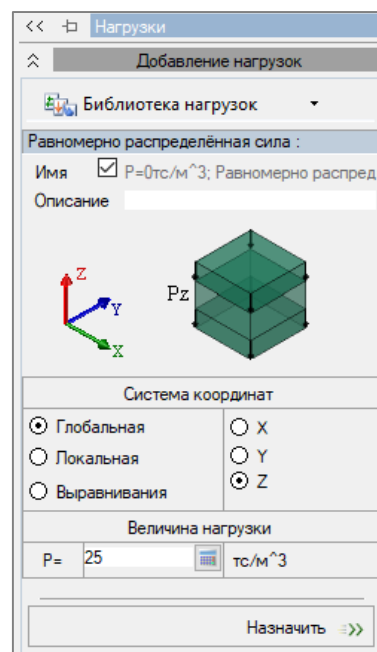


Рис. 2.253

- Равномерно распределенная сила на грань

При выборе этого вида нагрузки открывается диалоговое окно (рис. 2.254), в котором необходимо указать имя и описание нагрузки. После чего задать систему координат и направление воздействия при помощи переключателей. Для задания нагрузки можно выбрать грань по выделенным узлам (при помощи установки флажка в соответствующем поле) или указать номер соответствующей грани. Порядок нумерации граней обусловлен нумерацией узлов объемного КЭ.

Для назначения этой нагрузки, прилагаемой по одной из граней объемного КЭ, необходимо в диалоговом окне задать ее интенсивность (**P**).

Для применения силы нужно выделить соответствующий элемент и нажать кнопку **Назначить**.

- Равномерный нагрев (охлаждение)

При выборе этого вида нагрузки открывается диалоговое окно (рис. 2.255), в котором необходимо указать имя и описание нагрузки. В диалоговом окне задается величина температуры (**T**). Нагрузка моделирует действие температуры во всех направлениях или вдоль одной из местных осей ортотропии ( $X_1, Y_1, Z_1$ ).

Для применения нагрузки нужно выделить соответствующий элемент и нажать кнопку **Назначить**.

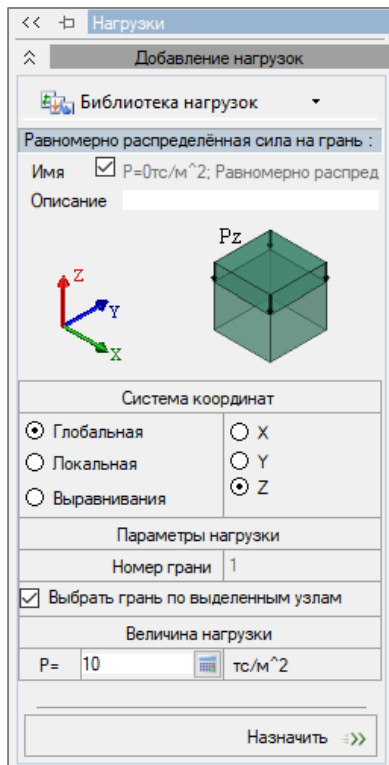


Рис. 2.254

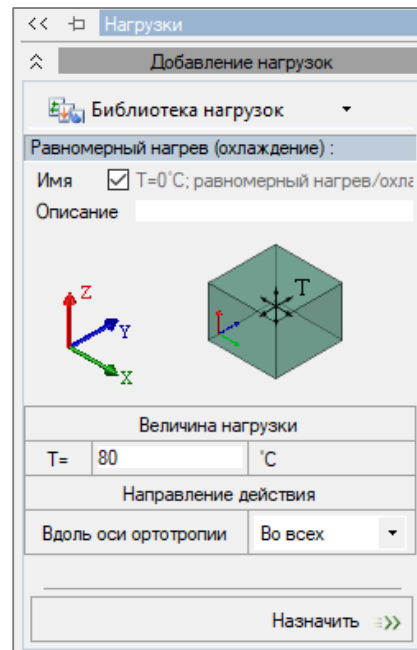


Рис. 2.255

- Вес динамической массы (загружение **Динамика во времени**)

При выборе этого вида нагрузки открывается диалоговое окно (рис. 2.256), в котором необходимо указать имя и описание нагрузки. Для назначения этой нагрузки необходимо задать величину силы (**P**), выделить соответствующий элемент и нажать кнопку **Назначить**.

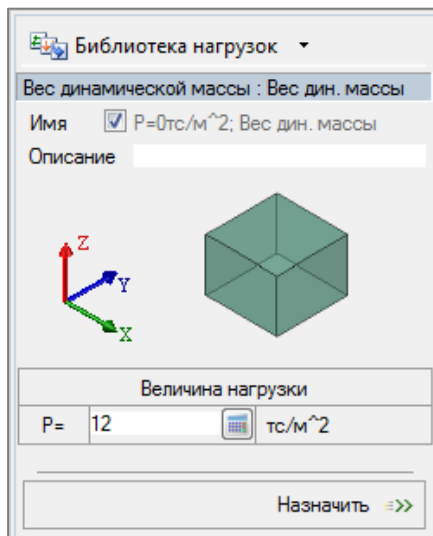


Рис. 2.256

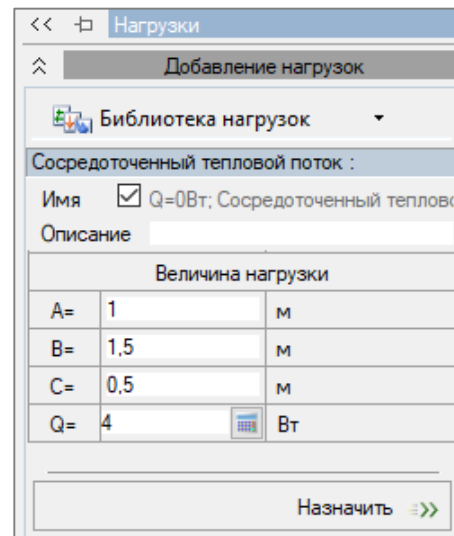


Рис. 2.257

- Сосредоточенный тепловой поток (загрузка **Вычисление температурного поля**)

При выборе этого вида нагрузки открывается диалоговое окно (рис. 2.257), в котором необходимо указать имя и описание нагрузки. Для назначения этой нагрузки, прикладываемой в одной точке, необходимо в диалоговом окне задать мощность теплового потока ( $Q$ ), а также его привязки (**A, B, C**) в местной или глобальной системе координат.

Для применения нагрузки нужно выделить элемент и нажать кнопку **Назначить**.

- Равномерно распределенный тепловой поток (загрузка **Вычисление температурного поля**)

При выборе этого вида нагрузки открывается диалоговое окно (рис. 2.258), в котором необходимо указать имя и описание нагрузки. Для назначения этой нагрузки необходимо в диалоговом окне задать ее плотность ( $Q$ ).

Для применения нагрузки нужно выделить соответствующий элемент и нажать кнопку **Назначить**.

- Равномерно распределенный тепловой поток на грань (загрузка **Вычисление температурного поля**)

При выборе этого вида нагрузки открывается диалоговое окно (рис. 2.259), в котором необходимо указать имя и описание нагрузки. Для задания нагрузки можно выбрать грань по выделенным узлам (путем установки соответствующего флажка) или указать номер требуемой грани. Порядок нумерации граней обусловлен нумерацией узлов объемного КЭ.

Для назначения этой нагрузки, прилагаемой по одной из граней объемного КЭ, необходимо в диалоговом окне задать ее интенсивность ( $Q$ ).

Для применения нагрузки нужно выделить соответствующий элемент и нажать кнопку **Назначить**.

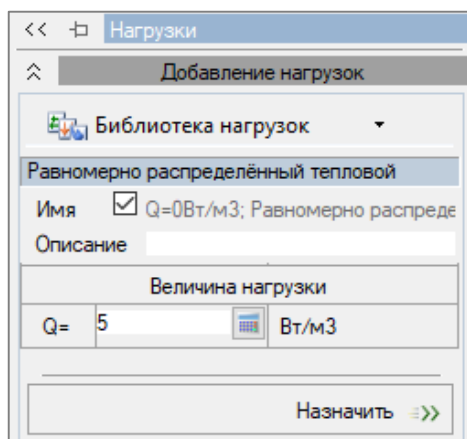


Рис. 2.258

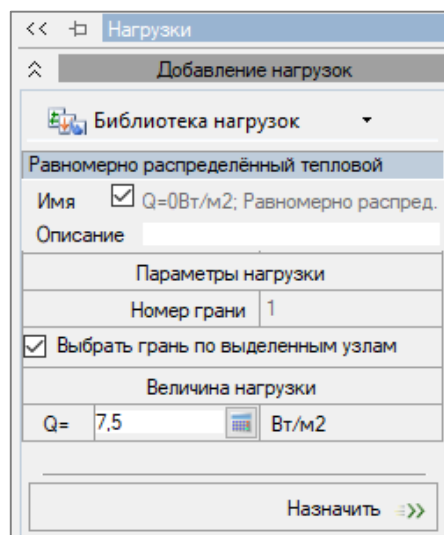


Рис. 2.259

## Нагрузки на архитектурный стержень

- Равномерно распределенная сила

При выборе этого вида нагрузки открывается диалоговое окно (рис. 2.260), в котором необходимо указать имя и описание нагрузки. После чего задать систему координат и направление воздействия при помощи переключателей. В случае, если приложенная нагрузка действует также и на жесткие вставки, устанавливается соответствующий флажок.

Для назначения этой нагрузки, прилагаемой по всей длине стержня, необходимо в диалоговом окне задать ее интенсивность ( $P$ ), выделить соответствующий стержень и нажать кнопку **Назначить**.

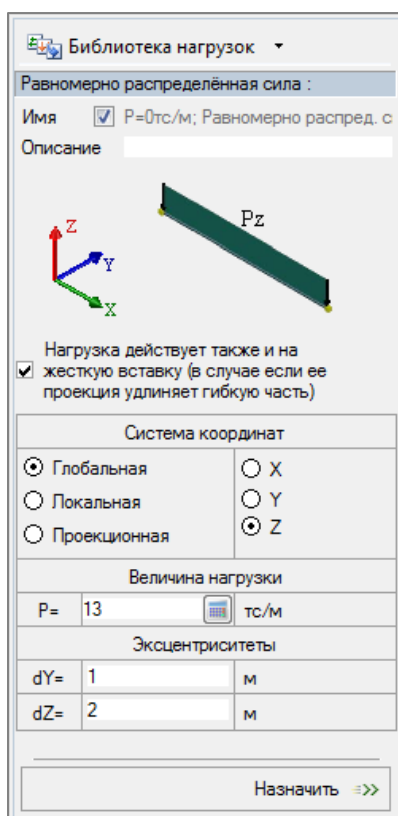


Рис. 2.260

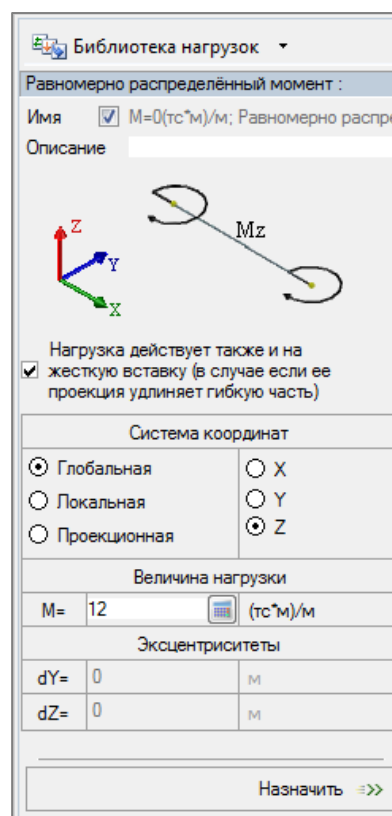


Рис. 2.261

- Равномерно распределенный момент

При выборе этого вида нагрузки открывается диалоговое окно (рис. 2.261), в котором необходимо указать имя и описание нагрузки. После чего задать систему координат и направление воздействия при помощи переключателей.

Чтобы действие нагрузки распространялось также и на жесткую вставку (в случае, если ее проекция удлиняет гибкую часть), нужно установить соответствующий флажок.

Для назначения этой нагрузки, прилагаемой по всей длине стержня, необходимо в диалоговом окне задать интенсивность момента ( $M$ ), выделить соответствующий стержень и нажать кнопку **Назначить**.



- Сосредоточенная сила

При выборе этого вида нагрузки открывается диалоговое окно (рис. 2.262), в котором необходимо указать имя и описание нагрузки. После чего задать систему координат и направление воздействия при помощи переключателей.

Для назначения этой нагрузки, прикладываемой в одной точке, необходимо в диалоговом окне задать величину силы ( $P$ ) и привязку ее к первому узлу стержня (расстояние  $A$  от первого узла).

При наличии жестких вставок расстояние  $A$  измеряется от начала гибкой части. Допускается задание этой нагрузки на жесткие вставки.

Для применения силы нужно выделить соответствующий стержень и нажать кнопку **Назначить**.

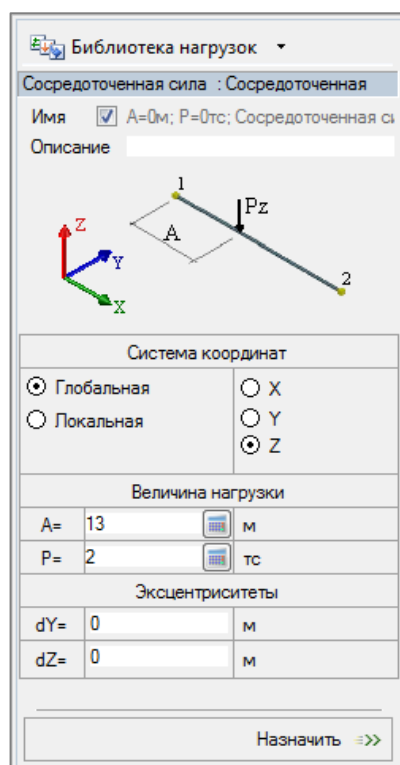


Рис. 2.262

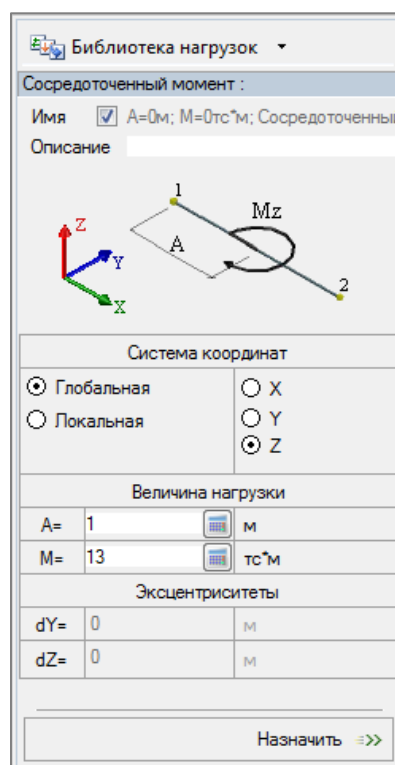


Рис. 2.263

- Сосредоточенный момент

При выборе этого вида нагрузки открывается диалоговое окно (рис. 2.263), в котором необходимо указать имя и описание нагрузки. После чего задать систему координат и направление воздействия при помощи переключателей.

Для назначения сосредоточенного момента, прилагаемого в одной точке, необходимо в диалоговом окне задать величину момента ( $M$ ) и его привязку к началу стержня (расстояние  $A$  от первого узла).

При наличии жестких вставок расстояние  $A$  измеряется от начала гибкой части. Допускается задание этой нагрузки на жесткие вставки.

Для применения момента нужно выделить соответствующий стержень и нажать кнопку **Назначить**.

- Трапециевидная распределенная сила

При выборе этого вида нагрузки открывается диалоговое окно (рис. 2.264), в котором необходимо указать имя и описание нагрузки. После чего задать систему координат и направление воздействия при помощи переключателей.

Для назначения трапециевидной нагрузки необходимо в диалоговом окне задать интенсивность нагрузки в начале и в конце приложения (**P1** и **P2**), а также ее привязку к первому узлу стержня (расстояния от первого узла **A1** и **A2**).

При наличии жестких вставок расстояния **A1** и **A2** измеряются от начала гибкой части.

Для применения распределенной силы нужно выделить соответствующий стержень и нажать кнопку **Назначить**.

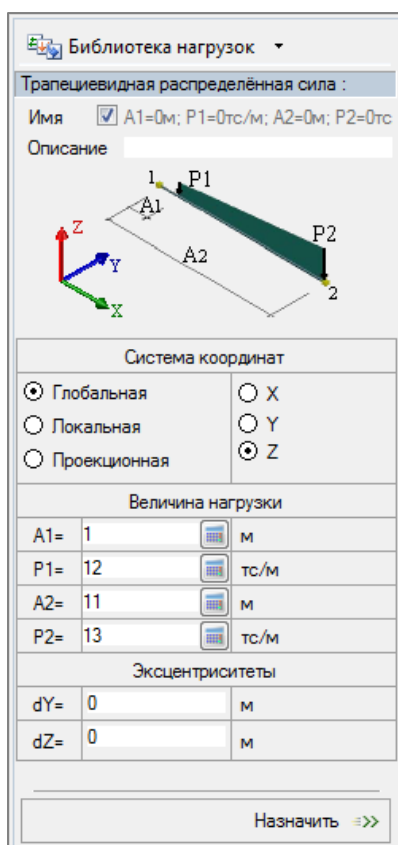


Рис. 2.264

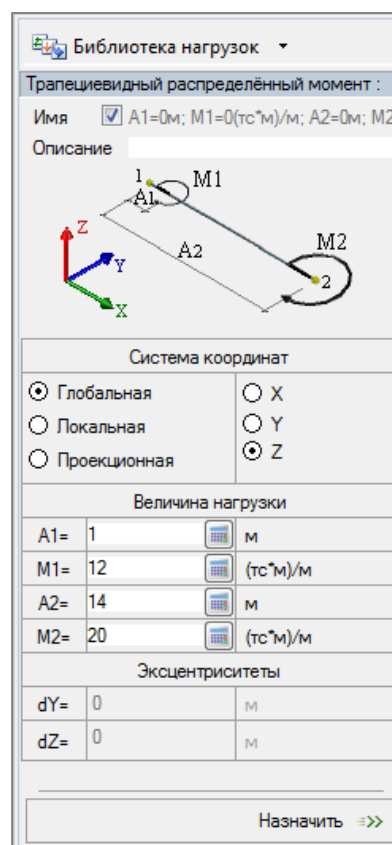


Рис. 2.265

- Трапециевидный распределенный момент

При выборе этого вида нагрузки открывается диалоговое окно (рис. 2.265), в котором необходимо указать имя и описание нагрузки. После чего задать систему координат и направление воздействия при помощи переключателей.

Для назначения этой нагрузки, прилагаемой по всей длине стержня (включая и жесткие вставки), необходимо в диалоговом окне задать интенсивность момента в начале и в конце приложения (**M1**, **M2**), а также его привязку к первому узлу стержня (расстояния от первого узла **A1** и **A2**).

При наличии жестких вставок расстояния **A1** и **A2** измеряются от начала гибкой части.

Для применения распределенного момента нужно выделить соответствующий стержень и нажать кнопку **Назначить**.

- **Равномерный нагрев (охлаждение)**

При выборе этого вида нагрузки открывается диалоговое окно (рис. 2.266), в котором необходимо указать имя и описание нагрузки. Для задания равномерного нагрева стержня в диалоговом окне назначается температура ( $T$ ).

При наличии жестких вставок эта нагрузка воздействует только на гибкую часть стержня.

Для применения нагрузки нужно выделить соответствующий стержень и нажать кнопку **Назначить**.

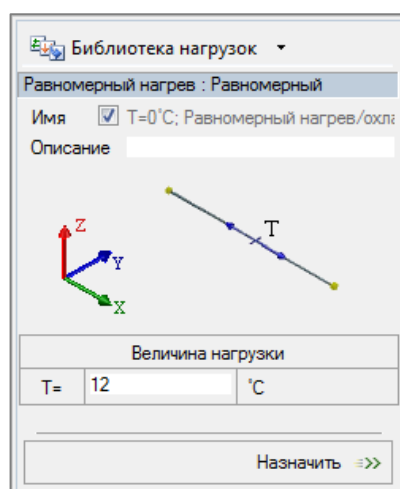


Рис. 2.266



Рис. 2.267

- **Температурный изгиб**

Для задания температурного изгиба стержня в диалоговом окне (рис. 2.247) назначаются: температура в верхнем волокне ( $T1$ ), температура в нижнем волокне ( $T2$ ), расстояние между верхним и нижним волокнами ( $L$ ). Также необходимо задать направление перепада вдоль местной оси:  $Y1$ ,  $Z1$  (при помощи раскрывающего списка). При наличии жестких вставок эта нагрузка воздействует только на гибкую часть стержня.

Для применения нагрузки нужно выделить соответствующий стержень и нажать кнопку **Назначить**.

- **Вес динамической массы (загрузка Динамика во времени)**

При выборе этого вида нагрузки открывается диалоговое окно (рис. 2.268), в котором необходимо указать имя и описание нагрузки.

В случае, если приложенная нагрузка действует также и на жесткие вставки, нужно установить соответствующий флажок.

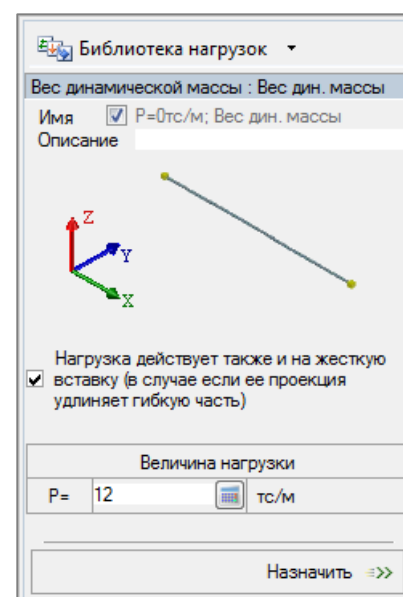


Рис. 2.268

Для назначения этой нагрузки, прилагаемой по всей длине стержня, необходимо в диалоговом окне задать ее интенсивность ( $P$ ), выделить требуемый стержень и нажать кнопку **Назначить**.

- Сосредоточенный тепловой поток (загрузка **Вычисление температурного поля**)

При выборе этого вида нагрузки открывается диалоговое окно (рис. 2.269), в котором необходимо указать имя и описание нагрузки. Для назначения этой нагрузки, прикладываемой в одной точке, необходимо в диалоговом окне задать мощность теплового потока ( $Q$ ) и привязку ее к первому узлу стержня (расстояние  $A$  от первого узла). При наличии жестких вставок расстояние  $A$  измеряется от начала гибкой части. Задание этой нагрузки на жесткие вставки не допускается.

Для применения нагрузки нужно выделить соответствующий стержень и нажать кнопку **Назначить**.

- Равномерно распределенный тепловой поток (загрузка **Вычисление температурного поля**)

При выборе этого вида нагрузки открывается диалоговое окно (рис. 2.270), в котором необходимо указать имя и описание нагрузки. После чего задать систему координат и направление воздействия при помощи переключателей. Для назначения этой нагрузки, прилагаемой по всей длине стержня (исключая жесткие вставки), необходимо в диалоговом окне ввести ее интенсивность ( $P$ ).

Для применения нагрузки нужно выделить соответствующий стержень и нажать кнопку **Назначить**.

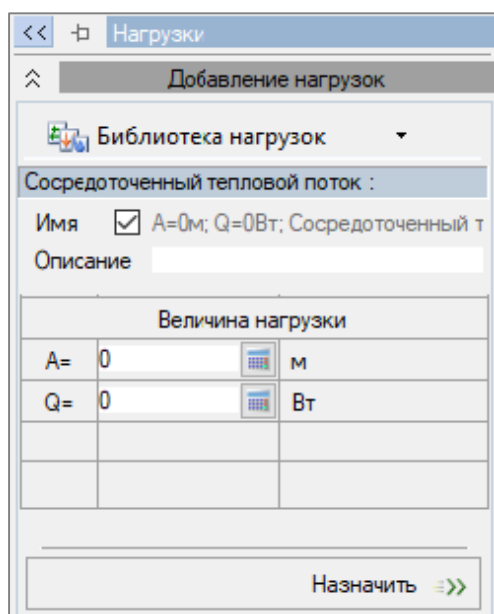


Рис. 2.269

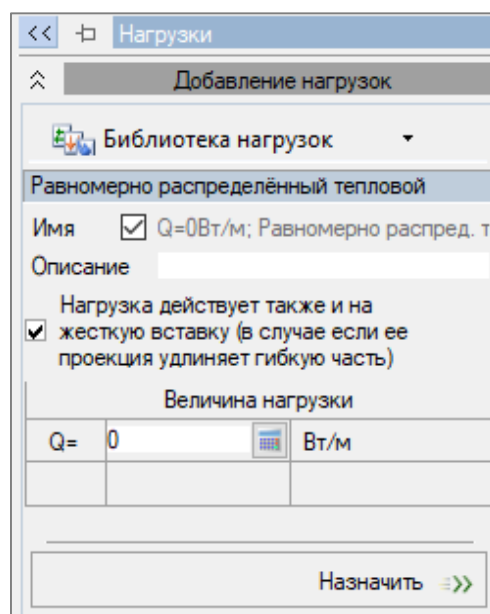


Рис. 2.270

- Неравномерно распределенный тепловой поток (загрузка **Вычисление температурного поля**)

При выборе этого вида нагрузки открывается диалоговое окно (рис. 2.271), в котором необходимо указать имя и описание нагрузки. Для назначения неравномерного потока необходимо в диалоговом окне задать интенсивности потока в начале и в конце его приложения ( $Q_1$  и  $Q_2$ ), а также их привязку к первому узлу стержня (расстояния от первого узла  $A_1$  и  $A_2$ ). При наличии жестких вставок расстояния  $A_1$  и  $A_2$  измеряются от начала гибкой части.

Для применения нагрузки нужно выделить соответствующий стержень и нажать кнопку **Назначить**.

- Температура окружающей среды (загрузка **Вычисление температурного поля**)

При выборе этого вида нагрузки открывается диалоговое окно (рис. 2.272), в котором необходимо указать имя и описание нагрузки. После чего нужно задать температуру окружающей среды. Нагрузка назначается на стержневой КЭ 168. Величина температуры отображается в установленных единицах измерения.

Для применения нагрузки нужно выделить соответствующий стержень и нажать кнопку **Назначить**.

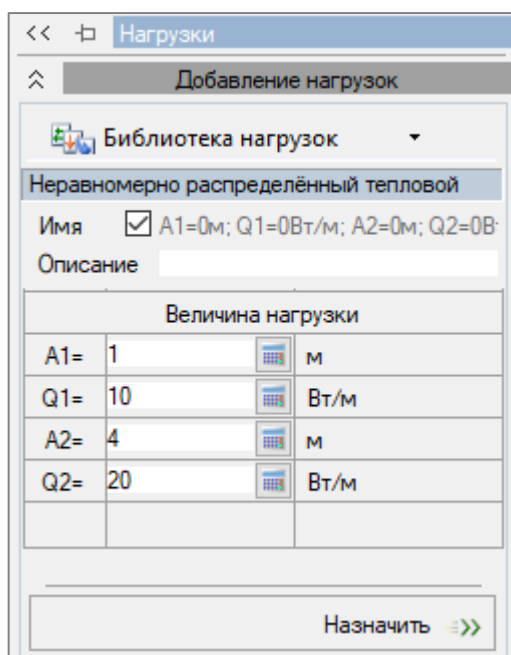


Рис. 2.271

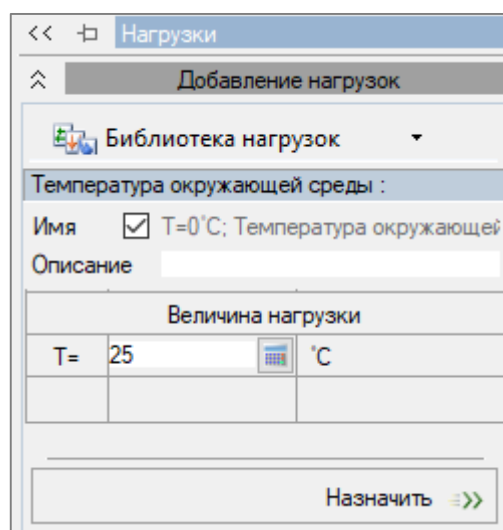


Рис. 2.272

### Нагрузки на архитектурную пластину

- Равномерно распределенная сила

При выборе этого вида нагрузки открывается диалоговое окно (рис. 2.273), в котором необходимо указать имя и описание нагрузки. После чего задать систему координат и направление воздействия при помощи переключателей.

Для назначения этой нагрузки, прилагаемой по всей площади пластины, необходимо в диалоговом окне задать ее интенсивность (**P**).

Для применения нагрузки нужно выделить соответствующую пластину и нажать кнопку **Назначить**.

- Равномерно распределенный момент

При выборе этого вида нагрузки открывается диалоговое окно (рис. 2.274), в котором необходимо указать имя и описание нагрузки. После чего задать систему координат и направление воздействия при помощи переключателей.

Для назначения этой нагрузки, прилагаемой по всей площади пластины, необходимо в диалоговом окне задать интенсивность момента (**M**), выделить соответствующую пластину и нажать кнопку **Назначить**.



Рис. 2.273

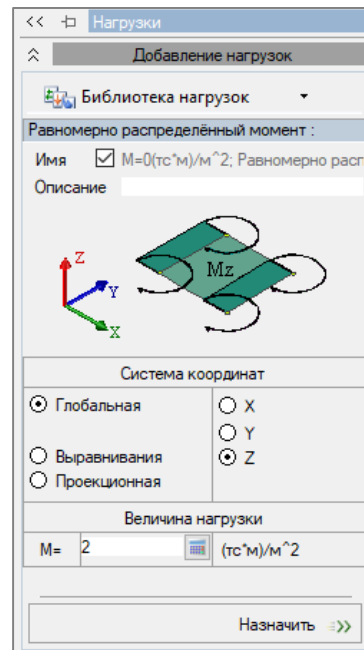


Рис. 2.274

- Равномерный нагрев (охлаждение)

При выборе этого вида нагрузки открывается диалоговое окно (рис. 2.275), в котором необходимо указать имя и описание нагрузки.

Нагрузка моделирует действие температуры по всем направлениям или направлению одной из местных осей ортотропии.

В диалоговом окне необходимо задать величину температуры. Для применения нагрузки нужно выделить соответствующую пластину и нажать кнопку **Назначить**.

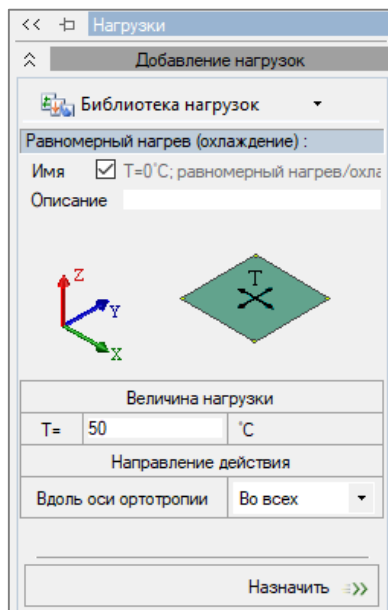


Рис. 2.275



Рис. 2.276

- Температурный изгиб

При выборе этого вида нагрузки открывается диалоговое окно (рис. 2.276), в котором необходимо указать имя и описание нагрузки.

Эта нагрузка моделирует действие температуры по всем направлениям или направлению одной из местных осей ортотропии.

В диалоговом окне задаются следующие величины:

**T1** — равномерный по толщине температурный нагрев (охлаждение);

**T2** — разность температур между верхней (вдоль оси Z1) и нижней (против оси Z1) поверхностями.

Для применения нагрузки нужно выделить соответствующую пластину и нажать кнопку **Назначить**.

- Вес динамической массы (загружение **Динамика во времени**)

При выборе этого вида нагрузки открывается диалоговое окно (рис. 2.257), в котором необходимо указать имя и описание нагрузки. Для назначения нагрузки, прилагаемой по всей площади пластины, необходимо в диалоговом окне задать ее интенсивность (**P**), выделить соответствующую пластину и нажать кнопку **Назначить**.

- Равномерно распределенный тепловой поток (загружение **Вычисление температурного поля**)

При выборе этого вида нагрузки открывается диалоговое окно (рис. 2.278), в котором необходимо указать имя и описание нагрузки. После чего задать систему координат и направление воздействия при помощи переключателей. Для назначения этой нагрузки, прилагаемой по всей площади пластины, необходимо в диалоговом окне задать ее интенсивность (**Q**).

Для применения нагрузки нужно выделить соответствующую пластину и нажать кнопку **Назначить**.

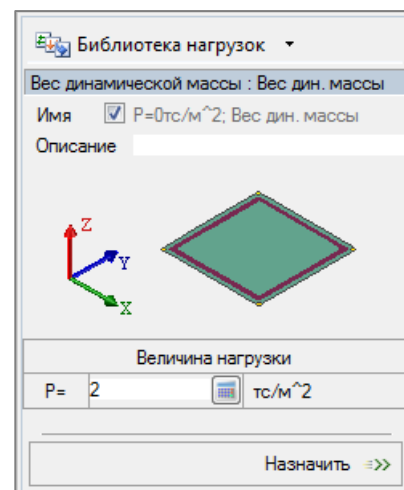


Рис. 2.277

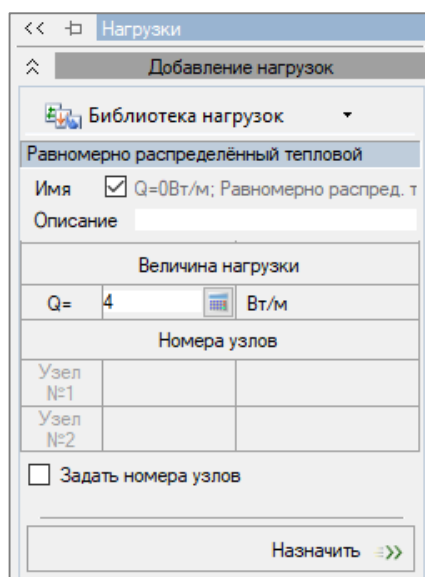


Рис. 2.278

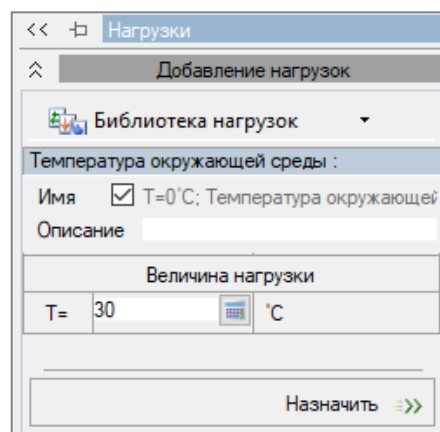


Рис. 2.279

- Температура окружающей среды (загрузка **Вычисление температурного поля**)

При выборе этого вида нагрузки открывается диалоговое окно (рис. 2.279), в котором необходимо указать имя и описание нагрузки. После чего нужно задать температуру окружающей среды. Нагрузка назначается на стержневой КЭ 162,164. Величина температуры отображается в установленных единицах измерения.

Для применения нагрузки нужно выделить соответствующий стержень и нажать кнопку **Назначить**.

### Интерактивные нагрузки

- Собственный вес

При выборе этого вида нагрузки открывается диалоговое окно (рис. 2.280), в котором необходимо указать имя и описание нагрузки. В соответствующем поле ввода нужно задать коэффициент к собственному весу и после нажатия кнопки **Назначить** ко всем или к выделенным элементам конструкции будет автоматически приложена равномерно распределенная нагрузка, равная погонному весу элементов.

- Гололед

При выборе этого вида нагрузки открывается диалоговое окно (рис. 2.261), в котором необходимо указать имя и описание нагрузки. В раскрывающемся списке нужно выбрать **Строительные нормы** для задания гололедной нагрузки. Доступны следующие нормы: СНиП 2.01.07-85, СП 20.13330.2011 (СП 20.13330.2016), ДБН В.1.2-2:2006 и СП 267.1325800.2016. В соответствующем поле ввода нужно задать **вертикальную координату поверхности земли** и

указать гололедный район. В соответствующих полях ввода нужно указать толщину стенки гололеда на высоте 10, 200, 300 и 400 метров над поверхностью земли. Периметр сечения, который покрыт гололедом, вычисляется автоматически при установленном флажке **Периметр (часть сечения)**. Если этот флажок сброшен, то данный периметр вводится вручную в соответствующем поле ввода. Также в полях ввода нужно указать коэффициент  $\mu_2$  (соотношение площади поверхности элемента, которая подвержена обледенению, к полной площади поверхности) и коэффициент надежности  $\gamma_f$ . После нажатия кнопки **Назначить** ко всем или к выделенным стержневым элементам конструкции будет автоматически приложена равномерно распределенная нагрузка, равная гололедной нагрузке.

- Центробежная сила

При выборе этого вида нагрузки открывается диалоговое окно (рис. 2.282), в котором необходимо указать имя и описание нагрузки. В соответствующих полях ввода нужно ввести **Параметры нагрузки**: угловую скорость  $\omega$ , угловое ускорение  $\varepsilon$  и масштабный множитель **K**. Также нужно указать координаты **оси вращения**, которая может быть параллельной оси X, оси Y, оси Z или произвольно расположенной. После нажатия кнопки **Назначить** ко всем или к выделенным элементам конструкции будет автоматически приложена центробежная нагрузка.

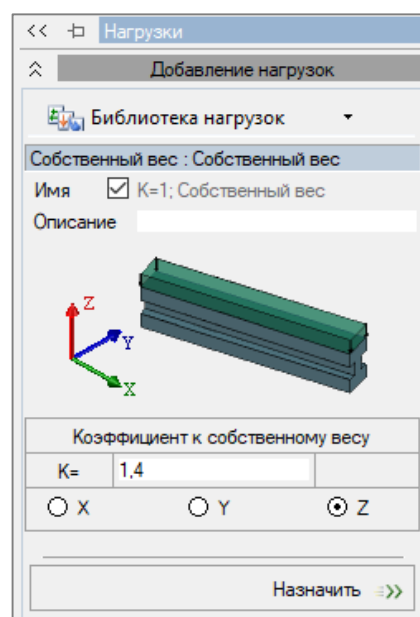


Рис. 2.280



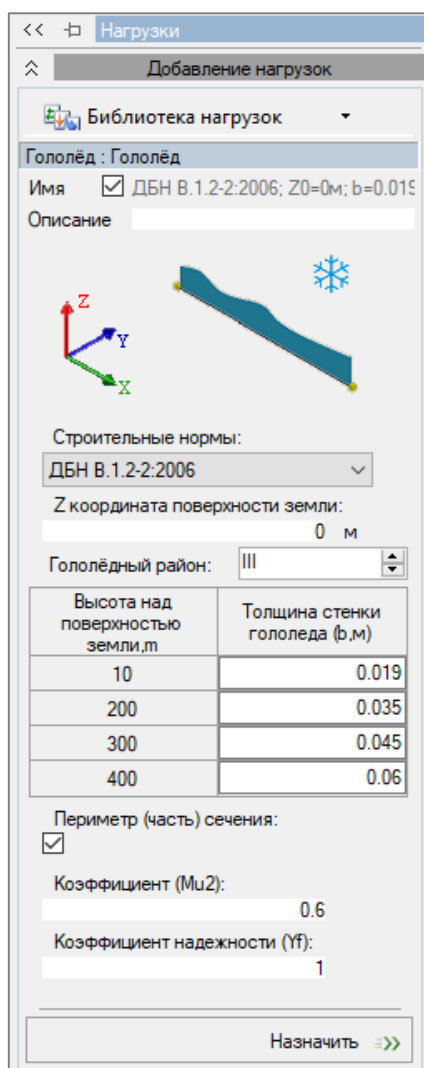


Рис. 2.281

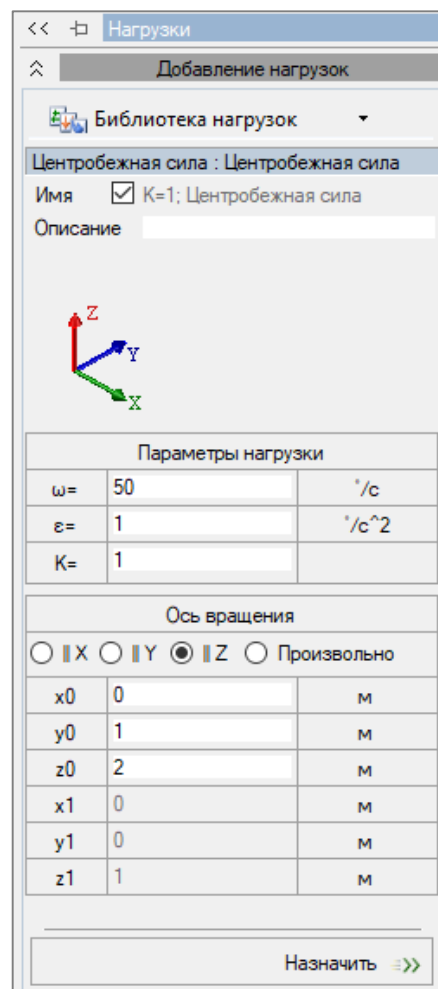



Рис. 2.282


## Нагрузки на расчетную схему

Данные нагрузки не привязаны к элементам и являются самостоятельными элементами расчетной схемы. Привязка этих нагрузок осуществляется по пространственным координатам. Данные нагрузки собираются в процессе расчета.

- Произвольная нагрузка на линию

При выборе этого вида нагрузки открывается диалоговое окно (рис. 2.283), в котором необходимо указать имя и описание нагрузки. После чего задать систему координат и направление воздействия при помощи переключателей. В блоке **Параметры нагрузки** с помощью переключателя нужно выбрать тип нагрузки: **Регулярная** или **Нерегулярная**. Если выбран регулярный тип нагрузки, то в окне ввода нужно указать ее интенсивность **P**, а также указать координаты полигона, вводя их в таблице или указывая на сети построения мышью. Если выбран нерегулярный тип нагрузки, то интенсивность нагрузки **P** нужно указывать в таблице для каждой точки.


Кнопка  позволяет автоматически сгенерировать линию по крайним точкам выделенного участка расчетной схемы.


Кнопка  позволяет задавать точки, характеризующие контур поверхности, на расчетной схеме.



Добавление нагрузки в расчетную схему произойдет после нажатия кнопки **Назначить**.

- Произвольная нагрузка на поверхность

При выборе этого вида нагрузки открывается диалоговое окно (рис. 2.284), в котором необходимо указать имя и описание нагрузки. После чего задать систему координат и направление воздействия при помощи переключателей. В блоке **Прикладывать к** нужно с помощью переключателя выбрать, к чему будет прикладываться нагрузка: **к узлам**, **к стержням** или **к пластинам**. В блоке **Параметры нагрузки** с помощью переключателя нужно выбрать тип нагрузки: **Регулярная** или **Нерегулярная**. Если выбран регулярный тип нагрузки, то в окне ввода нужно указать ее интенсивность **P**, а также указать координаты полигона, вводя их в таблице, или указывая на сети построения мышью. Если выбран нерегулярный тип нагрузки, то интенсивность нагрузки **P** нужно указывать в таблице для каждой точки.

Кнопка  позволяет автоматически сгенерировать линию по крайним точкам выделенного участка расчетной схемы.

Кнопка  позволяет задавать точки, характеризующие контур поверхности, на расчетной схеме.

Кнопки  и  позволяют добавлять и удалять закладки, содержащие точки контура воздействия нагрузки. Если на поверхности, принимающей нагрузку, необходимо указать участок, который не будет участвовать в принятии нагрузки, следует создать новую вкладку с точками данного контура.

Добавление нагрузки в расчетную схему произойдет после нажатия кнопки **Назначить**.

- Произвольная нагрузка в точке

При выборе этого вида нагрузки открывается диалоговое окно (рис. 2.285), в котором необходимо указать имя и описание нагрузки. С помощью переключателей нужно выбрать тип нагрузки: **сила** вдоль оси X, Y или Z, или **момент** вокруг оси X, Y или Z. В блоке **Параметры нагрузки** нужно указать ее интенсивность. А в блоке **Координата** в соответствующих полях указать координаты расположения нагрузки.

Добавление нагрузки в расчетную схему произойдет после нажатия кнопки **Назначить**.

### Другие типы нагрузок

- Трапециевидная распределенная нагрузка на группу элементов

При выборе этого вида нагрузки открывается диалоговое окно (рис. 2.287), в котором необходимо указать имя и описание нагрузки. После чего задать систему координат, направление воздействия и группу элементов.

Для назначения трапециевидной распределенной нагрузки на группу элементов в диалоговом окне задается значение нагрузки в начале и в конце ее приложения (**P1** и **P2**) и направление, по которому изменяется величина нагрузки.

Для применения нагрузки нужно выделить соответствующие элементы и нажать кнопку **Назначить**.

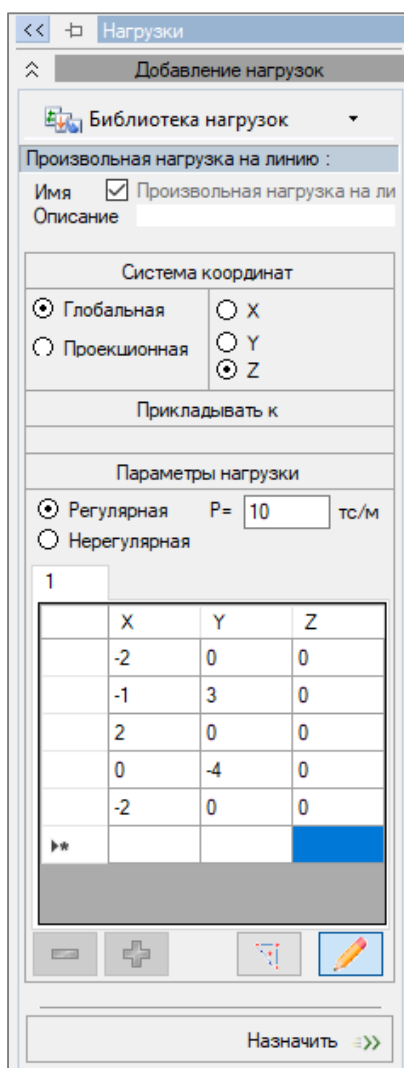


Рис. 2.283

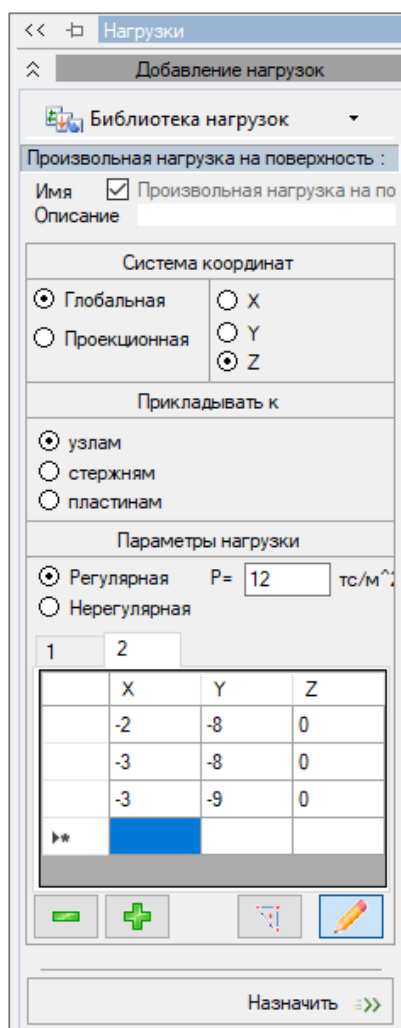


Рис. 2.284

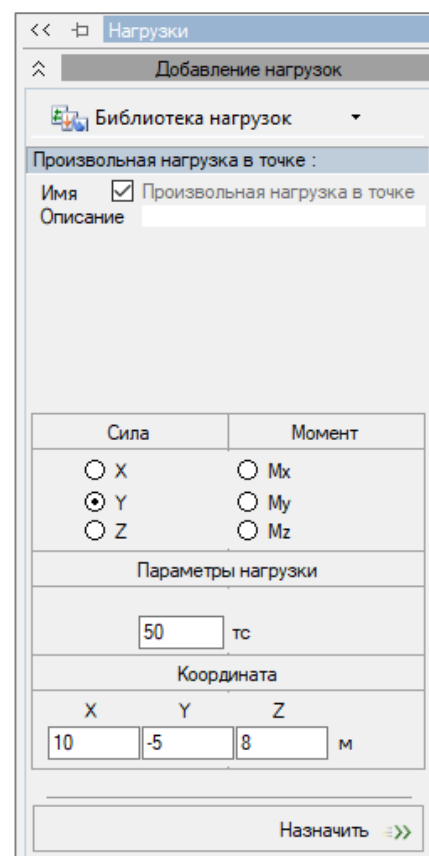


Рис. 2.285

- Распределенная нагрузка по функции на группу элементов

При выборе этого вида нагрузки открывается диалоговое окно (рис. 2.288), в котором необходимо указать имя и описание нагрузки. После чего задать систему координат, направление воздействия и группу элементов.

Для назначения распределенной нагрузки по функции в диалоговом окне задается значение нагрузки (в виде определенной функции). Для применения нагрузки нужно выделить соответствующие элементы и нажать кнопку **Назначить**.

Вкладка **Удаление нагрузок** (рис. 2.286) содержит **Библиотеку нагрузок**, в которой при помощи раскрывающего списка необходимо произвести выбор типа нагрузки для удаления его на выделенных элементах.

Если необходимо применить удаление только к выделенным элементам, нужно поставить флажок в соответствующем поле.

Далее нажать кнопку **Удалить нагрузки из текущего нагружения**.

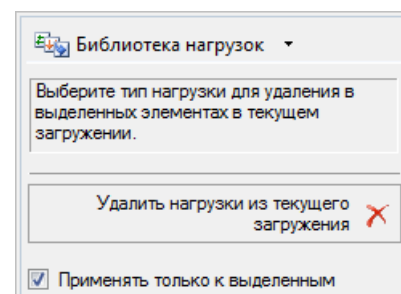


Рис. 2.286

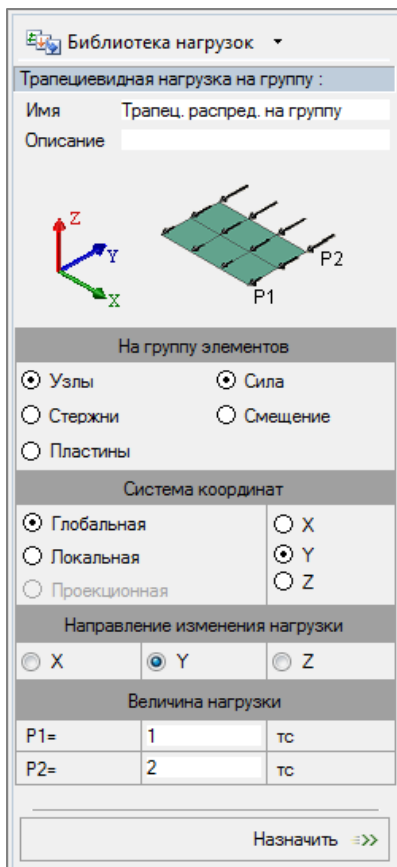


Рис. 2.287

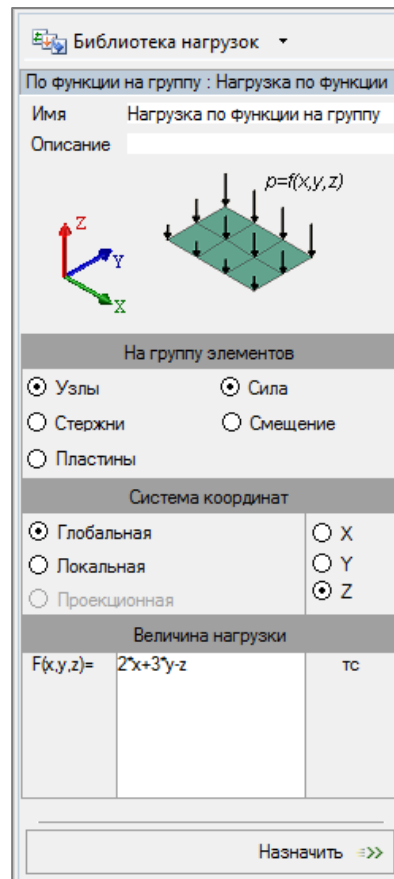


Рис. 2.288

Вкладка **Редактирование нагрузок** (рис. 2.289) позволяет откорректировать ранее заданные нагрузки. Для этого необходимо выделить соответствующие элементы и в диалоговом окне отобразятся заданные на них нагрузки.

При установке флажка в поле **Отобразить** на созданной схеме отобразятся элементы с выбранной нагрузкой.

После внесения изменений в нагрузку необходимо обязательно нажать кнопку **Применить**.

Кнопка **Удалить нагрузку** служит для удаления необходимой нагрузки.

Вкладка **Копирование нагрузок** (рис. 2.290) позволяет задавать нагрузки, идентичные ранее созданным.

В диалоговом окне отображается перечень загрузений, где путем установки флажка необходимо отметить те, в которые будет выполнено копирование нагрузок из текущего загрузения.

Коэффициент копирования задается в текстовой строке при помощи ввода значения.

Если необходимо применить задачу только к выделенным элементам, то в соответствующем поле нужно установить флажок.

Операция будет окончена при нажатии кнопки **Копировать**.

Вкладка **Не принимает нагрузку** (рис. 2.291) позволяет указать элементы, которые не будут принимать нагрузку. Для этого необходимо выделить необходимые элементы на расчетной схеме и нажать кнопку **Пополнить**. В соответствующих полях вкладки отобразятся номера выбранных элементов.

Для редактирования существующего списка элементов необходимо снять выделение или выделить новые элементы и воспользоваться кнопкой **Изменить**. Кнопка **Выделить** позволяет отобразить все указанные элементы в списке на расчетной схеме. Кнопка **Очистить** удаляет номера всех элементов из списка.

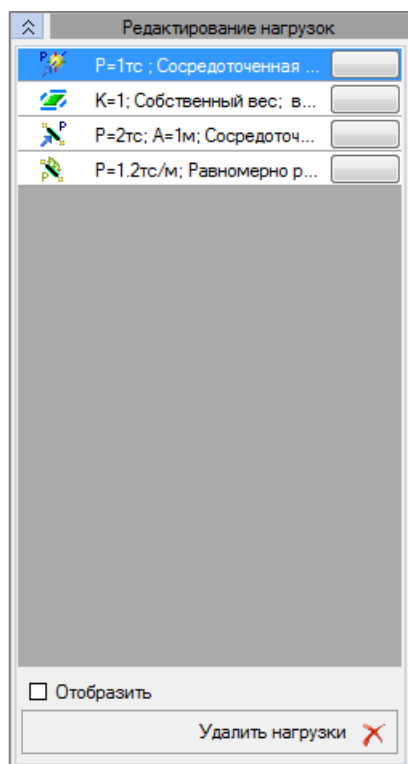


Рис. 2.289

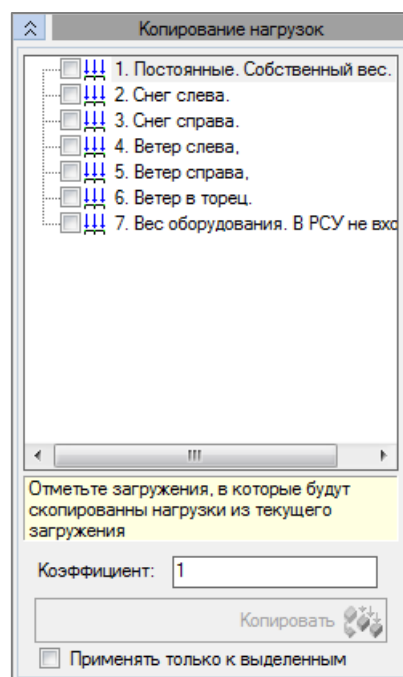


Рис. 2.290

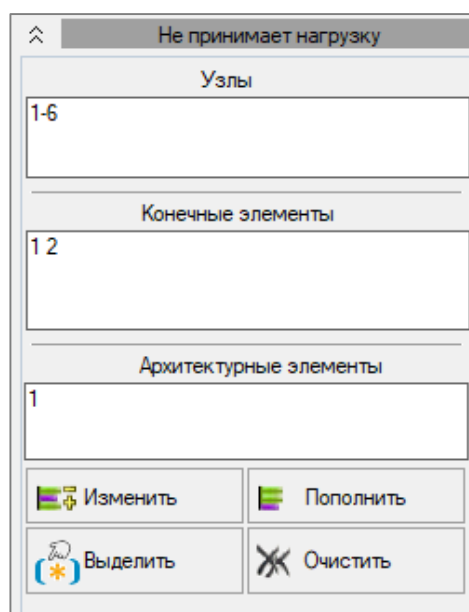



Рис. 2.291

## 2.11 НАЗНАЧЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ УЗЛАМ И ЭЛЕМЕНТАМ

### 2.11.1 Связи


Для закрепления элементов и архитектурных элементов необходимо воспользоваться командой меню **Назначение** ⇒ **Связи** (кнопка  на панели инструментов). Панель режима **Связи** (рис. 2.292) состоит из параметров закрепления и вкладки **Политика назначения**.

Для назначения связей нужно выбрать переключатель **Закрепить**, для удаления, соответственно, **Освободить**.

В параметрах закрепления указываются направления связей:

- перемещения вдоль осей **X**, **Y**, **Z**;
- повороты относительно осей **X**, **Y**, **Z**;
- депланация **W** (активна в 7-м признаке схемы);
- теплообмен **T** (активна в системе «Теплопроводность»);
- фильтрация **F** (активна в системе «Фильтрация»).

Наличие необходимых связей фиксируется с помощью установки соответствующих флажков. В случае, когда нужно отметить все направления, можно воспользоваться кнопкой **Все**.

Флажок **Индикация назначения** предназначен для предварительного просмотра заданного вами шарнира , где три верхних квадрата обозначают повороты относительно осей X, Y, Z, три нижних треугольника — перемещения относительно осей X, Y, Z, горизонтальная линия под узлом — депланацию W, верхний левый треугольник — теплообмен T, верхний правый треугольник — фильтрацию F (цвета отметок соответствуют цветам осей системы координат).

Вкладка **Политика назначения** содержит два параметра на выбор:

- **Заменить закрепление новым; Освободить все направления;**
- **Добавить закрепление по указанным направлениям; Освободить закрепление по указанным направлениям.**

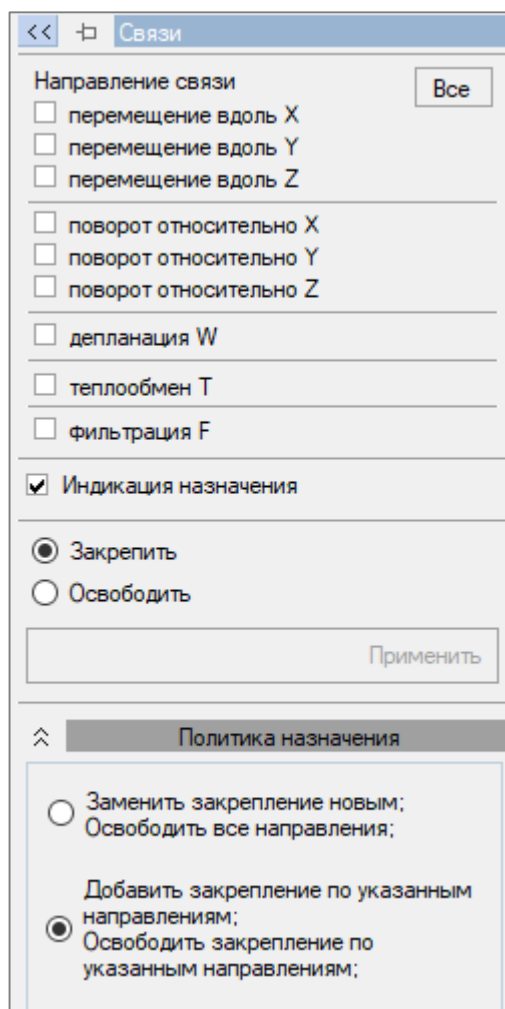


Рис. 2.292. Панель режима **Назначить связи**

Назначить связи на элемент можно двумя способами:

- предварительно выделив нужные узлы, выбрать все необходимые параметры закрепления, после чего нажать кнопку **Применить**;
- при выбранных параметрах закрепления левой кнопкой мыши нажимать на нужный узел (сразу после щелчка мыши узел будет закреплен и появится визуальное обозначение назначенных связей).


Назначение связей для архитектурных элементов происходит следующим образом:

- **Для стержней:**
  - **Закрепление по всей длине.** Предварительно выделив нужный архитектурный стержень, выбрать все необходимые параметры закрепления, после чего нажать кнопку **Применить**. В этом случае стержень будет закреплен по всей длине, при последующей триангуляции все промежуточные узлы будут иметь такое же закрепление.
  - **Закрепление по всей длине.** При выбранных параметрах закрепления левой кнопкой мыши нажать на середину стержня (середина стержня подсветится значком **+**).
  - **Закрепление по краям стержня.** При выбранных параметрах закрепления левой кнопкой мыши выбрать крайнюю точку стержня (крайняя точка стержня подсветится значком **+**). В этом случае стержень будет закреплен только по краям, при последующей триангуляции все промежуточные узлы не будут иметь закреплений.
- **Для пластин:**
  - **Закрепление всей пластины.** Предварительно выделив нужную архитектурную пластину, выбрать все необходимые параметры закрепления, после чего нажать кнопку **Применить**. В этом случае пластина будет закреплена по всей площади, при последующей триангуляции все промежуточные элементы пластины будут закреплены аналогично.
  - **Закрепление внешней грани пластины.** При выбранных параметрах закрепления левой кнопкой мыши нажать на середину грани пластины (середина грани пластины подсветится значком **+**). В этом случае пластина будет закреплена по внешней грани, при последующей триангуляции все узлы внешней грани будут иметь такое же закрепление.
  - **Закрепление вершины пластины.** При выбранных параметрах закрепления левой кнопкой мыши выбрать вершину пластины (вершина пластины подсветится значком **+**). В этом случае при последующей триангуляции будет закреплена только вершина архитектурной пластины.


Освобождение связей в архитектурных элементах происходит аналогично закреплению, с той разницей, что при освобождении должен быть выбран переключатель **Освободить**.

### 2.11.2 Абсолютно твердые тела

Панель режима **Абсолютно твердое тело** (рис. 2.293) предназначена для моделирования работы фрагментов расчетной схемы как абсолютно твердых тел (АТТ). АТТ моделируется группой узлов. Например, при помощи АТТ может быть смоделирована область примыкания тела колонны к телу плиты перекрытия. При этом колонна и плита моделируются конечными элементами стержня и пластины соответственно.

Для создания и редактирования АТТ нужно воспользоваться командой меню **Назначение** ⇨ **АТТ** (кнопка  на панели инструментов).

Создание АТТ выполняется путем отметки на схеме соответствующих узлов и присвоения одному из них статуса базового узла.

 *Все операции над АТТ: наложение связей, задание локальной системы координат узла, задание вынужденного смещения, объединение перемещений — производятся только с их базовыми узлами*

Список существующих АТТ (рис. 2.294). Ниже отображается список номеров узлов, из которых состоит текущая группа АТТ.

При установке флажка **Индикация назначения** текущее АТТ будет отображаться на экране.

Добавить АТТ можно двумя способами:

1. Вписать в строку номер узла.
2. Выделить узлы на схеме.

После выбора узлов нужно нажать кнопку **Добавить абсолютно твердое тело**.

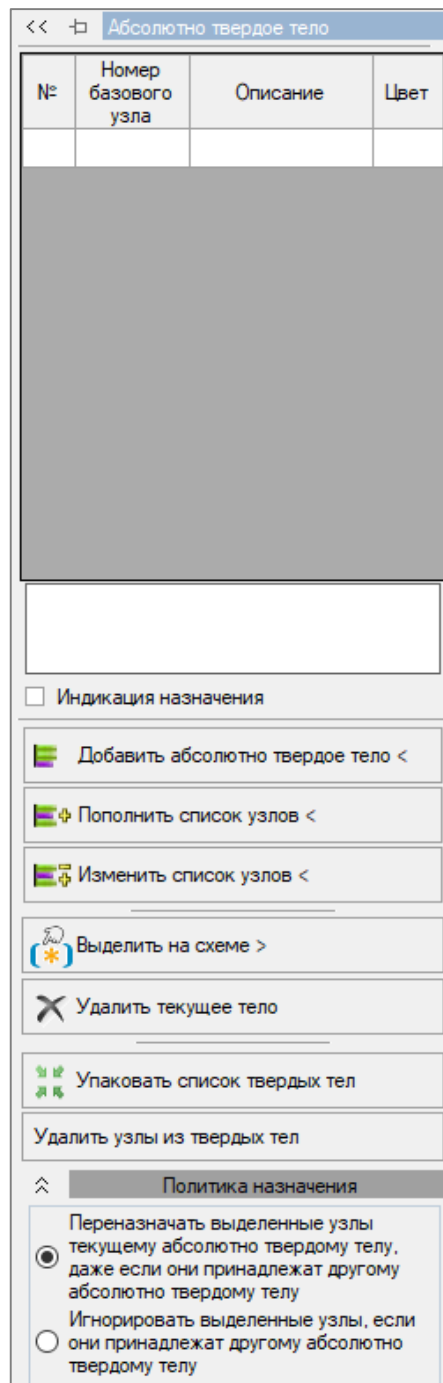



Рис. 2.293. Панель режима **Абсолютно твердое тело**

 *Одно и то же АТТ не может существовать в двух группах АТТ одновременно, поэтому, если вы создаете новую группу с уже использованным ранее объектом, он будет удален из предыдущей группы или будет игнорироваться при выделении.*

Пополнить группу АТТ можно двумя способами:

1. Вписать в строку номера узлов.
2. Выделить узлы на схеме.



После выбора узлов нужно нажать кнопку **Пополнить список узлов**.

Также для редактирования групп АТТ предусмотрены дополнительные кнопки:

- **Изменить список узлов** — все узлы АТТ заменяются на выделенные. Если ни один узел на схеме не выделен, существующие узлы удаляются;
- **Выделить на схеме** — текущая группа АТТ будет выделена на схеме;
- **Удалить текущее тело**;
- **Упаковать список твердых тел** — «пустые группы», в которых нет узлов, будут удалены из списка;
- **Удалить узлы из твердых тел** — с помощью этой команды можно удалить отдельные узлы из группы АТТ, для этого нужно предварительно выделить узел/узлы.

На вкладке **Политика назначения** нужно выбрать один из переключателей:


- **Переназначать выделенные узлы текущему абсолютно твердому телу, даже если они принадлежат другому абсолютно твердому телу**;
- **Игнорировать выделенные узлы, если они принадлежат другому абсолютно твердому телу**.

№	Номер базового узла	Описание	Цвет
1	69	< ... >	

69-71 74

Рис. 2.294. Список существующих АТТ

### 2.11.3 Сечения, материалы и параметры конструирования

Для назначения элементам сечений, материалов и параметров конструирования воспользуйтесь командой меню **Конструирование** ⇒ **Назначить сечение, материал, конструирование** (кнопка  на панели инструментов).

Панель режима **Назначить жесткость** показана на рисунке 2.295.

В параметрах назначения нужно выбрать требуемый переключатель:

- **Использовать все** (то есть сечение, материал и конструирование);
- **Использовать сечение и материал**;
- **Использовать сечение**;
- **Использовать материал**;
- **Использовать конструирование**.

Для назначения параметров требуется предварительно выбрать нужные элементы.

Далее в раскрывающихся списках **Доступные сечения** / **Доступные материалы** / **Доступное конструирование** выбираются нужные параметры.

Список доступных сечений, материалов и параметров конструирования формируется на основе параметров, заданных ранее в редакторах сечений/жесткостей, материалов и конструирования.

В зависимости от выбранных параметров назначения становится активным раздел **Политика назначения** (рис. 2.296), где выбирается один из переключателей:

- При несоответствии назначаемого элементу сечения уже назначенному материалу оставлять материал. Это значит, что в случае конфликта с уже назначенными параметрами останутся ранее назначенные.
- При несоответствии назначаемого элементу сечения уже назначенному материалу оставлять сечение. В случае конфликта с ранее назначенными параметрами назначать новые (старые параметры деактивируются).

При назначении переменного сечения активизируется раздел **Политика для переменных сечений** (рис. 2.297).

При установке флажка **При назначении учитывать изменение координат** активизируются переключатели по направлениям **X**, **Y**, **Z**. Они используются в том случае, если, к примеру, стержень разбит на несколько частей, а нужно, чтобы переменное сечение было назначено равномерно на всю длину стержня, а не на его отдельные части. В таком случае нужно выбрать направление, которое параллельно стержню.

Для того чтобы поменять направление изменения переменного сечения на противоположное, установите флажок **Инвертно**.

При установке флажка **Индикация непригодных для назначения элементов** эти элементы подсвечиваются на схеме (например, при выборе для назначения сечения стержня непригодным для назначения будет пластинчатый элемент).

После выбора всех необходимых параметров нужно нажать кнопку **Назначить**.

При нажатии кнопки **Выбрать** на схеме будут выделены элементы, параметры жесткости которых соответствуют выбранным параметрам сечения/материала/конструирования в панели активного режима.

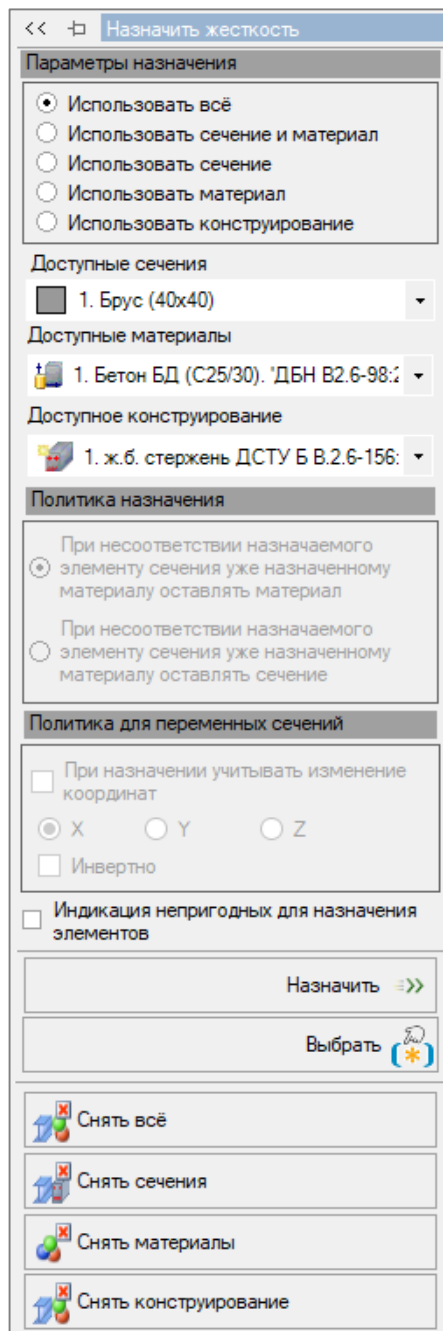


Рис. 2.295. Панель режима **Назначить жесткость**

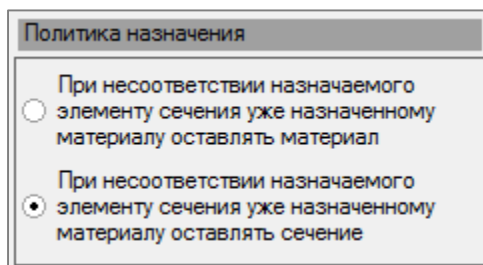


Рис. 2.296. **Политика назначения**

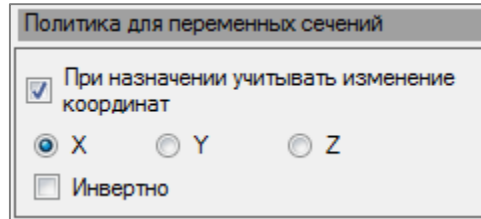



Рис. 2.297. Политика для переменных сечений

Следующие кнопки используются для удаления всех или отдельных параметров жесткости в элементах (предварительно нужно выделить изменяемый элемент):

- Снять все;
- Снять сечения;
- Снять материалы;
- Снять конструирование.

#### 2.11.4 Группы объединения перемещений

Для работы с группами объединения перемещений (рис. 2.298) необходимо перейти в соответствующий режим нажатием кнопки  на панели инструментов. Одним из наиболее распространенных применений данной функции является создание шарниров в пластинах и расшивка схемы.

Панель данного режима состоит из трех раскрывающихся вкладок: **Простая группа** (рис. 2.299), **Составная группа** (рис. 2.300), **Политика назначения**.

В верхней части панели активного режима находится окно для отображения списка созданных групп. Каждая созданная группа имеет номер и заданные направления связей, указанные в квадратных скобках. В окне ниже отображается список всех узлов, входящих в состав группы.

Для создания **Простой группы** объединения перемещений необходимо выделить на схеме узлы, с помощью флажков отметить направления связей и нажать кнопку **Добавить объединение перемещений**. После чего созданная группа появится в списке. При необходимости добавления узлов в ранее созданную группу необходимо отметить их на схеме и нажать кнопку **Пополнить список узлов**. При нажатии кнопки **Изменить список узлов** все узлы, входящие в состав выбранной группы, будут заменены отмеченными на схеме.

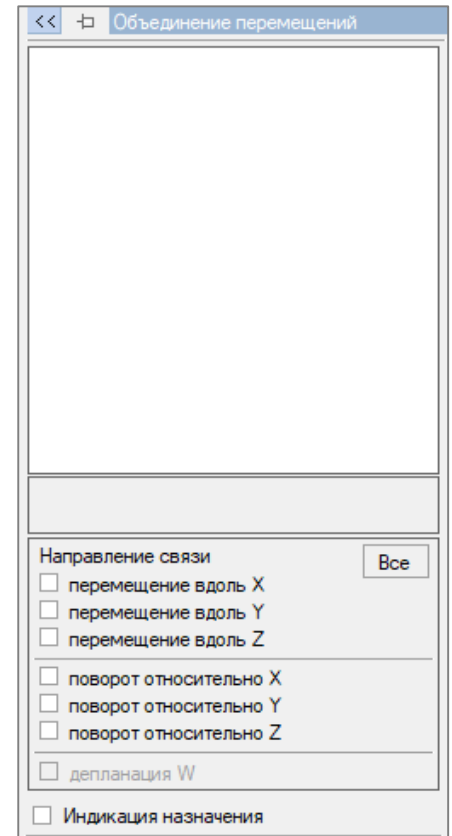


Рис. 2.298. Группы объединения перемещений

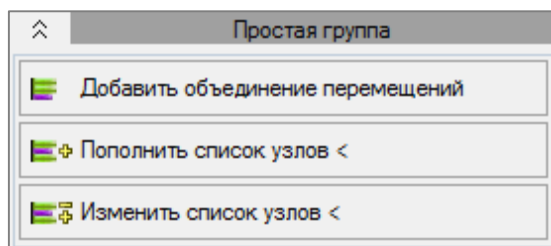


Рис. 2.299. Простая группа

После создания простой группы все отмеченные узлы, входящие в ее состав, будут иметь одинаковые перемещения по указанным направлениям.

Установка флажка **Индикация назначения** используется для отображения на схеме узлов, входящих в выделенную группу объединения перемещений.

Алгоритм создания составной группы аналогичен алгоритму создания простой группы, но в этом случае элементы будут расшиты по выбранным узлам, выбранные узлы будут продублированы узлами, имеющими аналогичные координаты, после чего узлы, имеющие одинаковые координаты, будут объединены в подгруппы, которые, в свою очередь, будут образовывать составную группу.

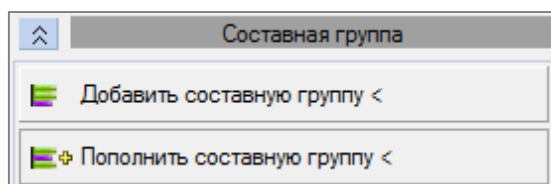


Рис. 2.300. Составная группа


В раскрывающейся вкладке **Политика назначения** необходимо выбрать один из критериев создания групп:

- переназначать выделенные узлы текущему объединению, даже если они принадлежат другому объединению;
- игнорировать выделенные узлы, если они принадлежат другому объединению;
- не проверять принадлежность узла к другим объединениям.

В нижней области панели активного режима расположены следующие кнопки:

- **Выделить на схеме** — выделение на схеме узлов, входящих в состав выбранной группы.
- **Удалить текущую группу** — выделение выбранной группы.
- **Упаковать объединения перемещений** — удаление пустых групп.
- **Разбить составную группу** — заменить выбранную составную группу множеством простых, входящих в ее состав.

### 2.11.5 Назначение типов конечных элементов

Для назначения типа конечного элемента необходимо воспользоваться командой меню **Правка** ⇒ **Изменить тип КЭ** или кнопкой на панели инструментов . Активизируется режим **Изменить типы КЭ** (рис. 2.301), в панели которого список конечных элементов будет динамично изменяться в зависимости от выбранного ранее типа создаваемой задачи. Все элементы списка пронумерованы в соответствии с библиотекой конечных элементов.

Для назначения типа конечного элемента необходимо выбрать доступный тип КЭ, предварительно выделив элемент схемы, и нажать кнопку **Изменить**. Или же, выделив элемент, выполнить двойной щелчок мышью по типу КЭ.

На вкладке **Политика назначения** путем выбора соответствующего переключателя необходимо определить принцип назначения конечных элементов:

- отменять изменение типа элемента при возникновении конфликтов с сечениями, материалами или параметрами конструирования;
- отменять данные, конфликтующие с новым типом элемента.

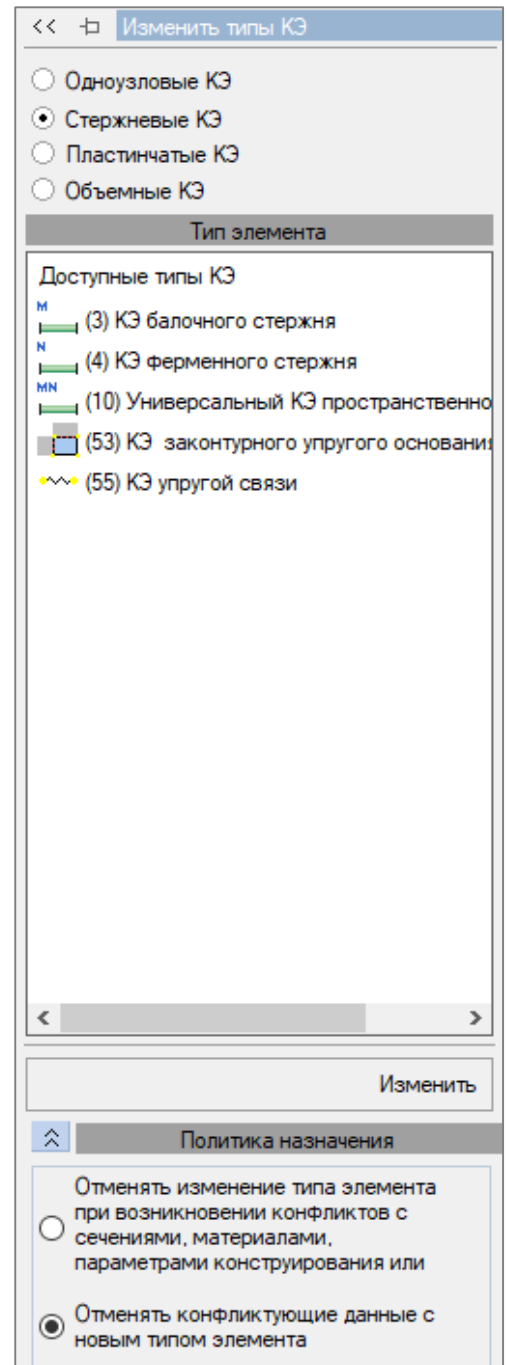



Рис. 2.301. Панель режима **Изменить типы КЭ**

### 2.11.6 Локальные оси, оси выравнивания напряжений и оси ортотропии

Для назначения локальной системы координат узлам необходимо перейти в режим **Локальные оси узлов** (рис. 2.302), нажав кнопку  на панели инструментов либо выполнив команду **Назначение** ⇒ **Локальные оси узлов**. Локальные оси **X2**, **Y2**, **Z2** задаются для узла при необходимости приложения нагрузки или задания связи по направлению, не совпадающему ни с одной из осей глобальной системы координат, а также при необходимости получить перемещения узлов в системе координат, отличной от глобальной.

В режиме задаются координаты точки **K**, из которой к отмеченному узлу (узлам) пройдет локальная ось **X2**. Остальные оси по умолчанию сформируются в соответствии с правилом правой тройки: ось **Y2** параллельна глобальной горизонтальной плоскости **XOY**, ось **Z2** направлена в верхнее полупространство. Угол **Fi** задается при необходимости поворота локальных осей **Y2**, **Z2** вокруг оси **X2** относительно положения, принятого по умолчанию. Положительное направление поворота отсчитывается против часовой стрелки, если смотреть с конца оси **X2**.

Координаты точки **K** задаются в глобальной системе координат в тех полях ввода, напротив которых установлены флажки.

Если в окне установлены все флажки, то для точки **K** необходимо задать все три координаты.

Если какой-либо флажок не установлен, то соответствующее поле ввода недоступно, а в качестве координаты будет учитываться соответствующая координата текущего узла.

Координаты точки **K** можно задавать курсором, для этого нужно привести на необходимое местоположение, вызвать контекстное меню нажатием левой кнопки мыши и выбрать **Установить в качестве вспомогательного узла**.

Также имеются следующие флажки:

**Интерпретировать как приращения** — интерпретирует координаты второго узла, как координаты первого плюс значения, введенные в поля **X2**, **Y2**, **Z2**.

**Индикация назначения** — предварительно (перед назначением) отображаются на экране локальные оси узлов.

После ввода всех необходимых данных нужно нажать кнопку **Назначить**.

Если вы хотите удалить назначенные локальные оси, нужно нажать кнопку **Удалить**.

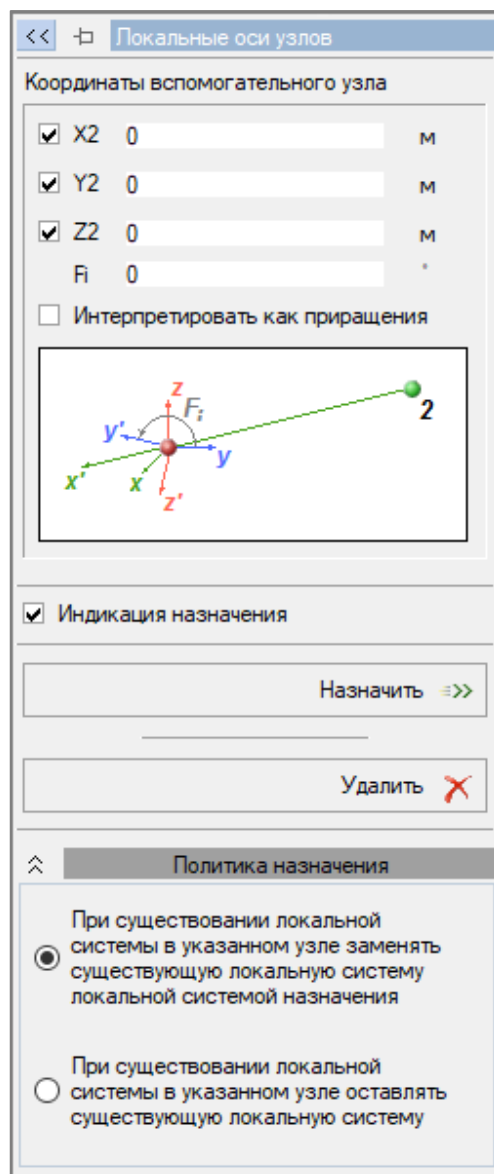



Рис. 2.302. Локальные оси узлов

В раскрывающейся панели **Политика назначения** необходимо указать критерий назначения, выбрав соответствующий переключатель:

- При существовании локальной системы в указанном узле заменять существующую локальную систему локальной системой назначения.
- При существовании локальной системы в указанном узле оставлять существующую локальную систему.

При необходимости изменения направления локальных осей стрижней нужно перейти в режим **Назначить стержням локальные оси** (рис. 2.303), нажав кнопку  в панели инструментов либо выбрав команду **Назначение** ⇒ **Назначить оси стержням**. Данная функция предназначена для задания угла чистого вращения стержней. К этой операции прибегают в том случае, когда ориентация главных осей инерции **Y1** и **Z1** сечения стержня не совпадает с направлением, принятым в ПК ЛИРА по умолчанию.

В появившейся панели активного режима доступны такие вкладки:

- **Задание направления оси X1;**
- **Задание Y1 и Z1 через угол вращения;**
- **Задание Y1 и Z1 через точку;**
- **Политика назначения.**

Во вкладке **Задание направления оси X1** доступны две команды. Команда **Сонаправить** позволяет единообразно направить ось **X1** в отмеченных элементах. Команда **Поменять на противоположное** позволяет изменить направление оси **X1** на противоположное.

Раскрывающаяся вкладка **Задание Y1 и Z1 через угол вращения** предоставляет возможность ввода угла поворота  $F_i$  оси **Y1** в текущих единицах измерения относительно направления, принятого по умолчанию.

Раскрывающаяся вкладка **Задание Y1 и Z1 через точку** (рис. 2.304) позволяет ввести координаты вспомогательного узла, через который будет проходить ось **Y1** (если при этом выбран переключатель **ось Y1**) или **Z1** (если при этом выбран переключатель **ось Z1**).

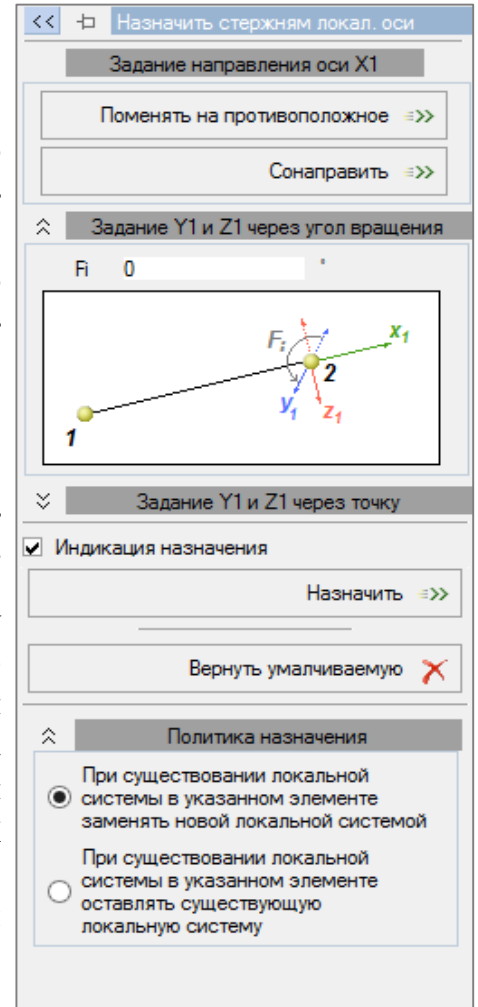


Рис. 2.303. Назначить стержням локальные оси

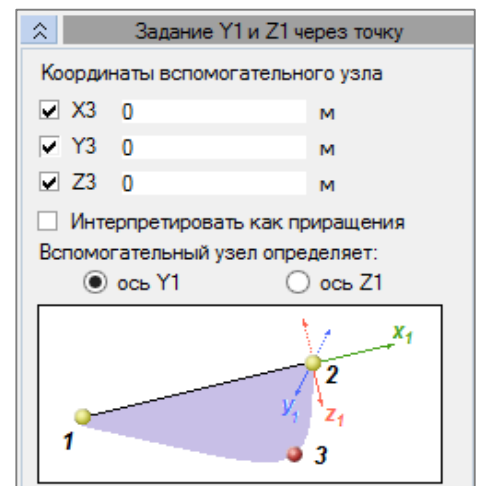



Рис. 2.304. Задание Y1 и Z1 через точку

Также имеются следующие флажки:

- **Интерпретировать как приращения** — интерпретирует координаты узла №3, как координаты первого плюс координаты X3, Y3, Z3.
- **Индикация назначения** — предварительно (перед назначением) отображаются на экране локальные оси стержней.

В раскрывающейся вкладке **Политика назначения** необходимо отметить переключателем критерий назначения локальных осей:

- **При существовании локальной системы в указанном элементе заменять новой локальной системой.**
- **При существовании локальной системы в указанном элементе оставлять существующую локальную систему.**

Для того чтобы изменить направление осей пластин, необходимо перейти в режим **Назначить пластинам оси** (рис. 2.305), воспользовавшись кнопкой  на панели инструментов либо командой **Назначение** ⇨ **Оси пластин**.

Применение этого режима приводит к единообразной ориентации местных осей в предварительно отмеченных пластинчатых конечных элементах. При этом полученные в результате расчета усилия и напряжения будут ориентированы относительно согласованных местных осей.

На панели режима имеется пять вкладок:

- **Задание направления оси Z1;**
- **Задание X1 и Y1 через угол вращения;**
- **Задание X1 и Y1 через точку;**
- **Задание X1 и Y1 через плоскость;**
- **Политика назначения.**

Режим содержит команды для **Задания направления оси Z1** в элементах схемы. Команда **Сонаправить** позволяет единообразно направить ось Z1 в отмеченных элементах. Команда **Поменять на противоположное** позволяет изменить направление оси Z1 на противоположное.

Раскрывающаяся вкладка **Задание X1 и Y1 через угол вращения** позволяет задать угол поворота основной местной оси (X1 или Y1) вокруг оси Z1. Положительный знак угла соответствует повороту выбранной основной оси против часовой стрелки, если смотреть с конца оси Z1.

Раскрывающаяся вкладка **Задание X1 и Y1 через точку** (рис. 2.306) позволяет ввести координаты вспомогательного узла, через который будет проходить ось Y1 (если при этом выбран переключатель Y1) или X1 (если при этом выбран переключатель X1).

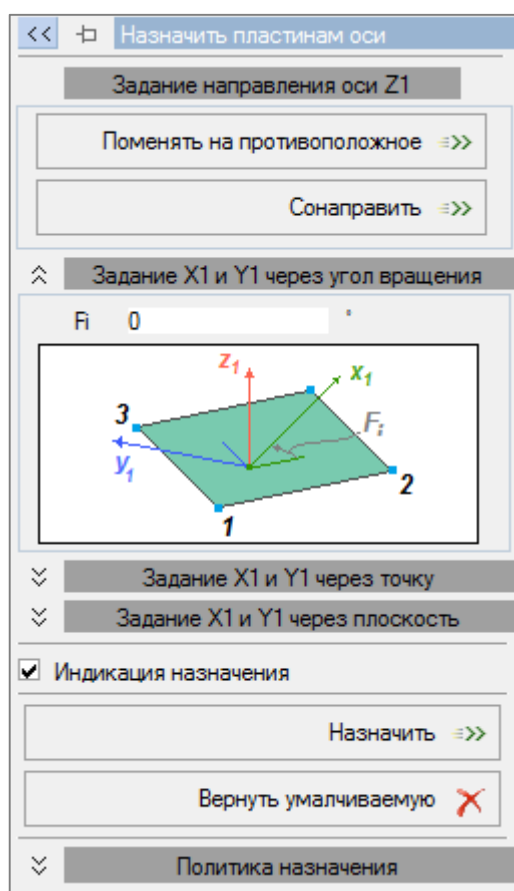


Рис. 2.305. Назначить пластинам оси выравнивания и оси ортотропии



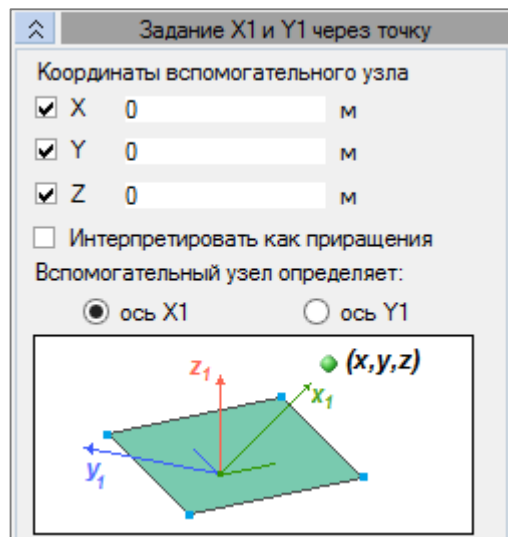


Рис. 2.306. Задание X1 и Y1 через точку

Раскрывающаяся вкладка **Задание X1 и Y1 через плоскость** включает в себя две закладки: **Ортогональная** (рис. 2.307) и **Произвольная** (рис. 2.308).

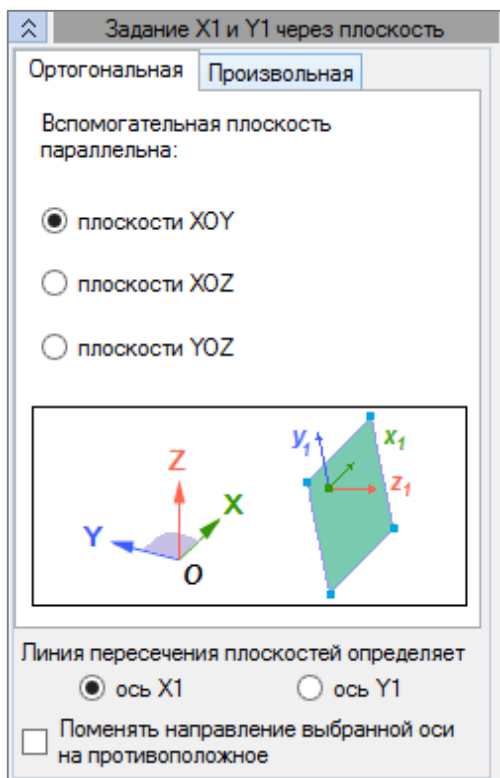


Рис. 2.307. Ортогональная

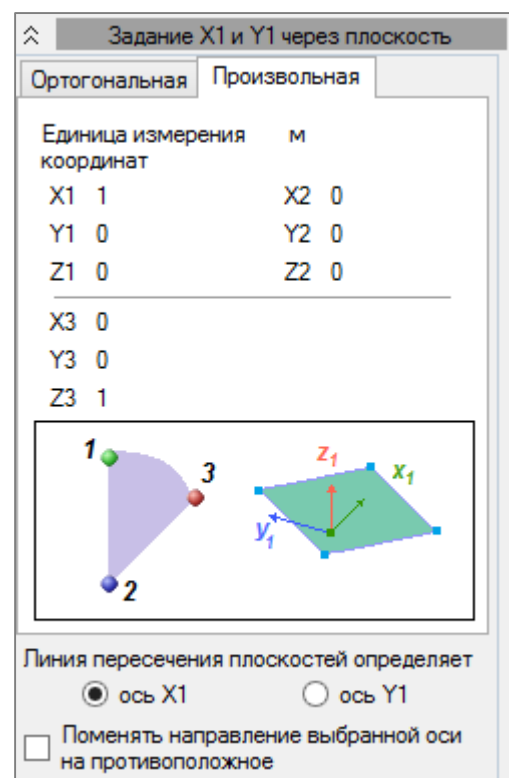


Рис. 2.308. Произвольная

При работе с закладкой **Ортогональная** вспомогательная плоскость будет параллельна плоскости, выбранной при помощи переключателя. Если параллели совпадают с плоскостью выделенного КЭ, то индикации осей не произойдет, так как вспомогательная плоскость не будет пересекать КЭ.

При работе с закладкой **Произвольная** необходимо задать положение вспомогательной плоскости, указав координаты трех точек, принадлежащих ей. Также расположение точек

можно задать курсором, вызвав контекстное меню и нажав **Установить в качестве узла вспомогательной плоскости**.

Далее необходимо указать ось, которая будет определяться линией пересечения плоскости КЭ и вспомогательной, выбором переключателя **ось X1** или **ось Y1**.

Установка флажка **Поменять направление выбранной оси на противоположное** используется для изменения направлений осей назначаемой системы координат на противоположные.


В раскрывающейся вкладке **Политика назначения** необходимо задать действия путем выбора переключателя:

- **Заменять существующую систему осей выравнивания и/или осей ортотропии.**
- **Оставлять существующую систему осей выравнивания и/или осей ортотропии.**

Также необходимо указать, какие оси будут назначены элементам:

- **Оси выравнивания напряжений;**
- **Оси ортотропии;**
- **Оси выравнивания напряжений и оси ортотропии.**

### **Назначить объемным КЭ оси выравнивания напряжений и оси ортотропии**

Данный режим используется для задания направления главных осей ортотропии объемных КЭ, относительно которых будут ориентированы полученные в результате расчета напряжения. Переход в этот режим осуществляется с помощью команды **Назначение ⇔ Оси объемных КЭ** либо щелчком на кнопке  панели инструментов. После чего отобразится панель **Назначить оси объемным КЭ**.

В раскрывающейся вкладке **Задание углом** (рис. 2.309) данной панели доступно задание поворота локальных осей на угол  $\beta_i$  вокруг одной из них. При этом положительный знак угла соответствует повороту вокруг выбранной оси против часовой стрелки, если смотреть с конца соответствующей оси.

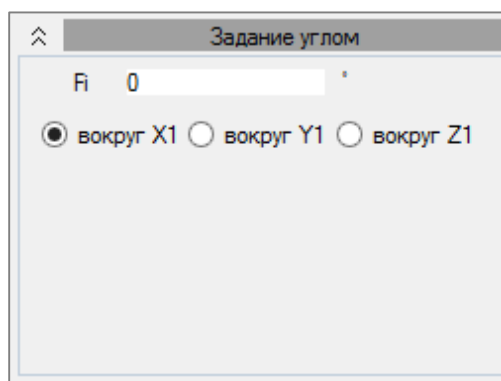


Рис. 2.309. Задание углом

**Задание осей плоскостью** может выполняться двумя способами в зависимости от ориентации вспомогательной плоскости: **Ортогональной** (рис. 2.310) или **Произвольной** (рис. 2.311).

Задание плоскостью

Ортогональная Произвольная

Вспомогательная плоскость параллельна:

плоскости XOY

плоскости XOZ

плоскости YOZ

плоскость определяет направление осей

X1 и Y1    Y1 и Z1    X1 и Z1

поменять направление на противоположное

Рис. 2.310. Ортогональная

Задание плоскостью

Ортогональная Произвольная

Единица измерения м

координат

X1	1	X2	0
Y1	0	Y2	0
Z1	0	Z2	0
X3	0		
Y3	0		
Z3	1		

плоскость определяет направление осей

X1 и Y1    Y1 и Z1    X1 и Z1

поменять направление на противоположное

Рис. 2.311. Произвольная

Назначение ориентации осей с помощью закладки **Ортогональная** происходит следующим образом. Сначала необходимо задать положение вспомогательной плоскости, выбрав один из трех переключателей, каждый из которых будет ориентировать вспомогательную плоскость параллельно одной из плоскостей, образуемой глобальными осями. Далее требуется указать, какие из осей ортотропии будут принадлежать вспомогательной плоскости.

Назначение осей в закладке **Произвольная** предоставляет возможность задания вспомогательной плоскости по трем точкам. Для этого необходимо указать координаты точек, заполнив соответствующие поля.

Установка флажка **Поменять направление на противоположное** приведет к изменению направления назначенных осей на противоположное.

В раскрывающейся вкладке **Задание точкой** (рис. 2.312) доступно задание осей путем указания положения точки, через которую будет проходить ось, выбранная с помощью переключателя. Также оси можно повернуть на угол  $\beta$  вокруг одной из них. При этом положительный знак угла соответствует повороту вокруг выбранной оси против часовой стрелки, если смотреть с конца соответствующей оси.

Задание точкой

X1	1	<input type="radio"/> ось X1
Y1	2	<input checked="" type="radio"/> ось Y1
Z1	2	<input type="radio"/> ось Z1

поменять направление на противоположное

$\beta$  7

Рис. 2.312. Задание точкой

Установка флажка **Поменять направление на противоположное** приведет к изменению направления назначенных осей на противоположное.

В раскрывающейся вкладке **Задание прямой** (рис. 2.313) доступно задание осей путем указания прямой, перпендикулярно которой будет проходить ось, выбранная с помощью переключателя. Также оси можно повернуть на угол  $\beta_i$  вокруг одной из них. При этом положительный знак угла соответствует повороту вокруг выбранной оси против часовой стрелки, если смотреть с конца соответствующей оси.

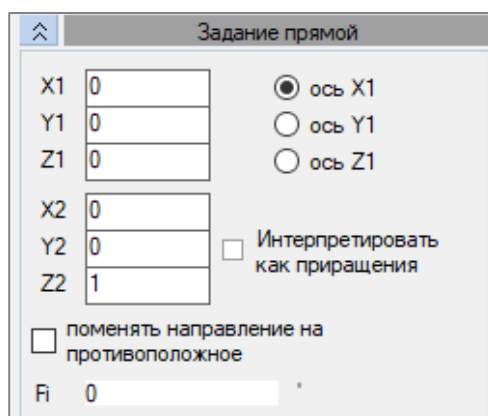


Рис. 2.313. Задание прямой

Установка флажка **Индикация назначения** используется для предварительного отображения осей на экране. При установленном флажке **Интерпретировать как приращения** система интерпретирует координаты второго узла как координаты первого плюс координаты X2, Y2, Z2. В раскрывающейся вкладке **Политика назначения** (рис. 2.314) необходимо выбрать действия путем выбора переключателя:

- **Заменять существующую систему осей выравнивания напряжений и/или осей ортотропии.**
- **Оставлять существующую систему осей выравнивания напряжений и/или осей ортотропии.**

Также необходимо указать, какие оси будут назначены элементам:

- **Оси выравнивания напряжений;**
- **Оси ортотропии;**
- **Оси выравнивания напряжений и оси ортотропии.**

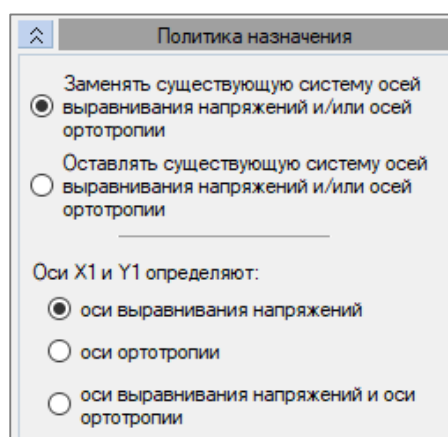




Рис. 2.314. Политика назначения

### 2.11.7 Шарниры

Для назначения шарниров необходимо воспользоваться командой меню **Схема** ⇒ **Назначить шарниры** или кнопкой на панели инструментов . Откроется панель режима **Назначить шарниры** (рис. 2.315).

Постановка шарнира подразумевает снятие или ограничение жесткости связи одного из концов стержня с узлом схемы. Шарнир возможно установить в начале и/или в конце стержня по какой-либо степени свободы в местной системе координат этого стержня. Перед назначением стержень необходимо выделить.

Для концов стержня с помощью установки соответствующих флажков указываются направления, по которым требуется ввести шарниры. Начало и конец стержня определяются направлением местной оси X. Допускается вводить как угловые (вокруг осей X, Y, Z), так и линейные (вдоль осей X, Y, Z) шарниры.

Отмечая флажком **Индикация назначения**, можно предварительно просмотреть заданный вами шарнир , где три верхних цвета обозначают перемещение вдоль X, Y, Z, а три нижних — поворот относительно X, Y, Z (цвет соответствует цвету оси).

В раскрывающейся вкладке **Параметры назначения** нужно выбрать **Тип шарнира: Идеальный** (если жесткость шарнира равна нулю), **Конечной жесткости** (узел поворачивается с возникновением в нем момента).

В раскрывающейся вкладке **Политика назначения** (рис. 2.316) нужно задать параметры размещения шарнира выделенного элемента.

После задания всех необходимых параметров нажмите кнопку **Назначить**.

Если вы хотите освободить КЭ от шарниров, необходимо нажать кнопку **Освободить**.

### 2.11.8 Жесткие вставки

Для назначения жестких вставок необходимо воспользоваться командой меню **Назначение** ⇒ **Жесткие вставки** или кнопкой  на панели инструментов.

Жесткие вставки используются, как правило, при нарушении соосности стыковки стержней в узле. Например, при моделировании двухступенчатой колонны (стык подкрановой и надкрановой части колонны), примыкания ригеля к колонне, моделирования ребристых плит и т.п.

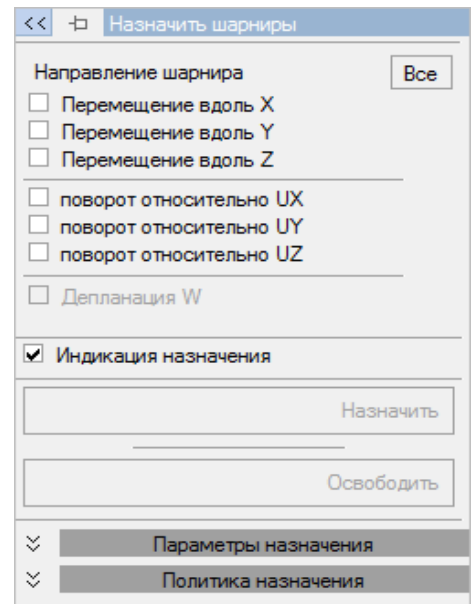


Рис. 2.315. Панель режима **Назначить шарниры**

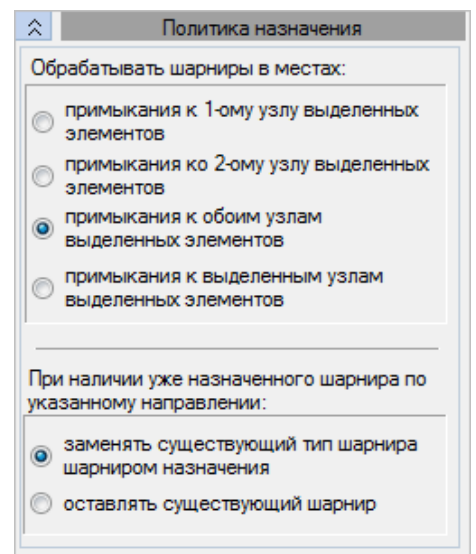


Рис. 2.316. **Политика назначения**

Жесткие вставки ориентируются вдоль осей глобальной или местной системы координат по линейным направлениям X, Y, Z. При этом нагрузки, задаваемые на стержень с жесткими вставками, привязываются к началу гибкой части. Заданный шарнир располагается между жесткой вставкой и гибкой частью элемента.

Усилия вычисляются только в гибкой части стержня, поэтому при проверке равновесия в узле, где присутствует такой стержень, следует производить перенос усилий из гибкой части стержня в узел с учетом заданной нагрузки на жесткую вставку.

Панель режима назначения жестких вставок состоит из двух раскрывающихся вкладок:

- **Стержневые элементы;**
- **Пластинчатые элементы.**

### Стержневые элементы

При помощи диалогового окна (рис. 2.317) возможно задание жестких вставок в начале (1-й узел) и/или в конце (2-й узел) стержня.

В раскрывающемся списке вверху окна необходимо выбрать метод задания жестких вставок:

- **Приращение координат** — жесткие вставки задаются по координатам X, Y, Z в местных или глобальных осях в текущих единицах измерения и на предварительно выделенный элемент.

- **Вектор и длина** — жесткие вставки задаются как в предыдущем пункте, с указанием необходимой длины.

- **Сечение: Z1+, Z1-, Y1+, Y1-, Z1+Y1+, Z1+Y1-, Z1-Y1-, Z1-Y1+** — жесткие вставки задаются относительно местных осей сечения элемента в указанном направлении.

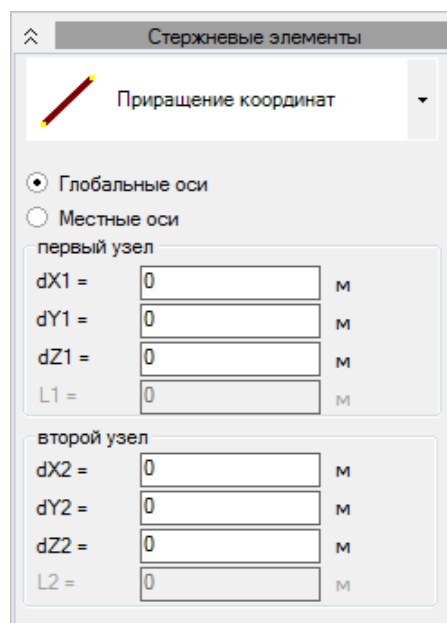


Рис. 2.317. Стержневые элементы

### Пластинчатые элементы

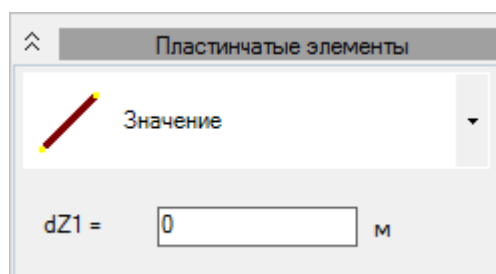


Рис. 2.318. Пластинчатые элементы

Для задания жестких вставок на пластинчатые элементы необходимо воспользоваться диалоговым окном (рис. 2.318), где в раскрывающемся списке необходимо выбрать метод задания жестких вставок:

- **Приращение координат** — жесткие вставки задаются по координате  $Z$  в местных или глобальных осях в текущих единицах измерения и на предварительно выделенный элемент. Положительное направление вставки будет совпадать с направлением оси  $Z1$ .


- **Сечение:  $Z1+$ ,  $Z1-$**  — жесткие вставки задаются относительно местных осей сечения элемента в указанном направлении.

Жесткая вставка будет введена во все узлы конечного элемента пластины.

При установке флажка **Индикация назначения** на экране отобразятся назначаемые жесткие вставки. Флажок **Отображать, используя относительный масштаб** оставляет масштаб жесткой вставки одного и того же размера, при этом используется коэффициент масштабирования во время отображения жесткой вставки на экране.


После задания всех необходимых параметров нажмите кнопку **Назначить**.

Если вы хотите освободить КЭ от жесткой вставки, необходимо нажать кнопку **Освободить**.

 Освобождаемый или назначаемый КЭ должен быть выделен.

### 2.11.9 Упругое основание

Для назначения упругого основания путем задания коэффициентов постели  $C1$  и  $C2$  необходимо перейти в режим **Упругое основание**, воспользовавшись командой

**Назначение** ⇒ **Упругое основание** либо кнопкой  на панели инструментов. Панель данного режима состоит из трех раскрывающихся вкладок.

В раскрывающейся вкладке **Назначение** (рис. 2.319) доступно непосредственное назначение коэффициентов постели выбранным элементам или их освобождение от ранее назначенных коэффициентов.

Для назначения параметров упругого основания конечным элементам необходимо выбрать их тип из раскрывающегося списка **Параметры основания** (рис. 2.320).

Далее необходимо ввести значения коэффициентов  $C1$  и  $C2$ , а также значения коэффициентов  $C1y$  и  $C2y$  для стержневых элементов. При работе со стержневыми элементами их ширину можно задавать вручную путем ввода значения в соответствующее поле **Ширина** или она будет задана автоматически, основываясь на значении, назначенном в редакторе сечений при установке флажка **Ширина из сечения**.

Поля **Уточнить по модели грунта** и  **$Pz$**  используются для дальнейшей работы с элементами в системе ГРУНТ (см. Главу 5).

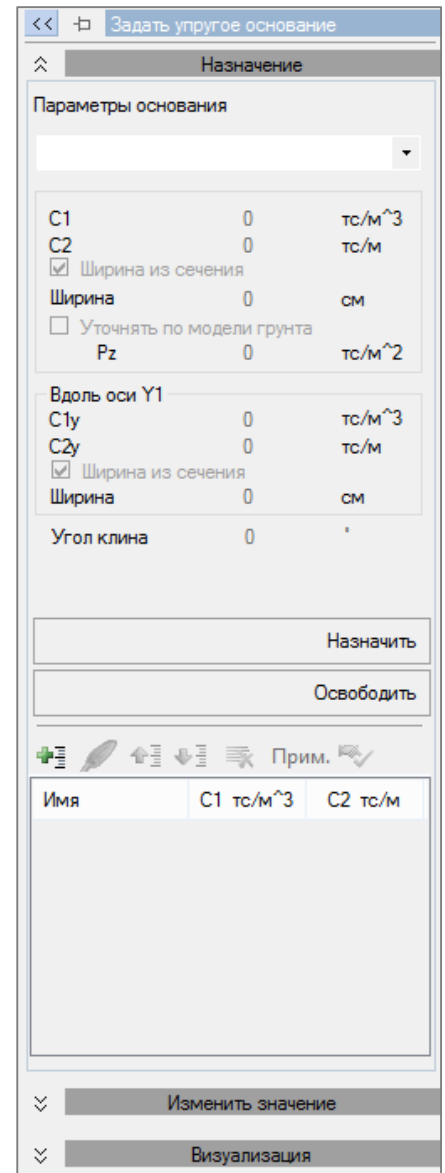


Рис. 2.319. Задать упругое основание

Также в данной вкладке доступен переход к расчету коэффициентов постели для одиноко стоящих фундаментов по геологическим условиям из одной скважины (см. Главу 5).

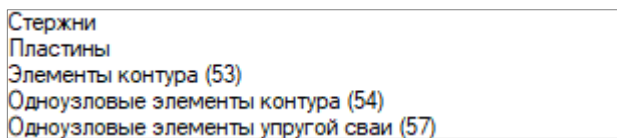


Рис. 2.320. Параметры основания

Вкладка **Изменить значение** (рис. 2.321) позволяет изменять значения коэффициентов  $C1$  и  $C2$  умножением их на заданную величину. Для этого нужно ввести значения коэффициентов, выделить элементы и нажать кнопку **Изменить**.

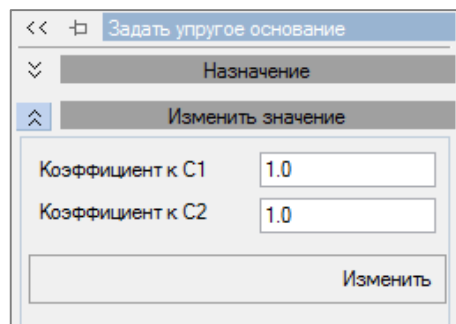


Рис. 2.321. Изменить значение

Вкладка **Визуализация** (рис. 2.322) используется при необходимости отображения на экране коэффициентов постели или нагрузки для системы ГРУНТ. Для этого нужно отметить флажком типы КЭ, выбрать необходимый параметр, нажав на кнопку с соответствующим названием.

### 2.11.10 Группы элементов

Упростить работу с большим количеством элементов можно, используя группы элементов. Для работы с группами элементов необходимо перейти в режим **Редактировать группы элементов** (рис. 2.323), воспользовавшись

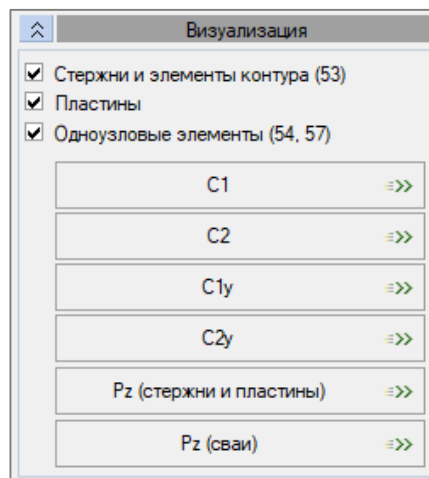






Рис. 2.322. Визуализация


командой **Конструирование** ⇌ **Группы элементов** либо нажав кнопку  на панели инструментов. Данная функция позволяет объединять элементы в группы для получения быстрого доступа к ним.


В появившейся панели доступно редактирование названия и цвета групп элементов в соответствующих полях **Описание** и **Цвет**.

 **Добавить группу элементов <** — добавление группы элементов. После нажатия данной кнопки выделенные элементы будут добавлены в группу. Если на схеме не было выделено ни одного элемента, группа будет создана пустой.

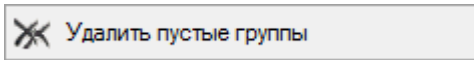
 **Изменить список элементов <** — после нажатия данной кнопки в состав группы будут включены только выделенные на схеме конечные элементы, все невыделенные КЭ будут исключены из группы элементов.

 **Пополнить список элементов <** — добавление выделенных элементов к выбранной группе.

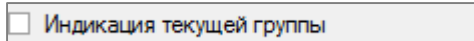
 **Выделить на схеме >** — выделение на схеме всех элементов, принадлежащих выбранной группе.

 **Удалить текущую группу** — удаление выбранной группы элементов.






— удаление всех пустых групп. Группа является пустой, если ей не присвоено ни одного элемента.



— подсвечивание группы элементов назначенным ей цветом.

Для создания множества групп выберите с помощью флажков параметры, которые будут учитываться при создании групп (сечения, материалы, параметры конструирования, типы элементов, этажи), а также укажите минимальную высоту этажа (расстояние между горизонтальными элементами, которые принадлежат одному этажу). После этого нажмите на кнопку **Создать множество групп**.

### 2.11.11 Конструктивные элементы

Для работы с конструктивными элементами необходимо перейти в режим **Редактировать конструктивные элементы** (рис. 2.304), воспользовавшись командой **Конструирование** ⇌ **Конструктивные элементы** либо нажав кнопку  на панели инструментов. После появления панели активного режима нужно выделить конечные элементы, которые будут объединены в конструктивный элемент, и нажать кнопку **Добавить конструктивный элемент**. После чего он появится в соответствующем списке. В графах **Описание** и **Цвет** доступно изменение названия и цвета конструктивных элементов. В поле, находящемся ниже, указаны номера КЭ, объединенных в конструктивный элемент.

При создании конструктивных элементов необходимо придерживаться следующих требований:

- стержням должны быть назначены однотипные:
  - материал;
  - сечение;
  - параметры конструирования;
- стержни должны иметь одинаковые направления локальных осей (в противоположном случае необходимо применить команду **сонаправить**, которая приводит к единообразной ориентации местных осей в предварительно отмеченных стержнях);
  - стержни должны иметь общие узлы;
  - элементы группы не должны входить в другие конструктивные элементы.

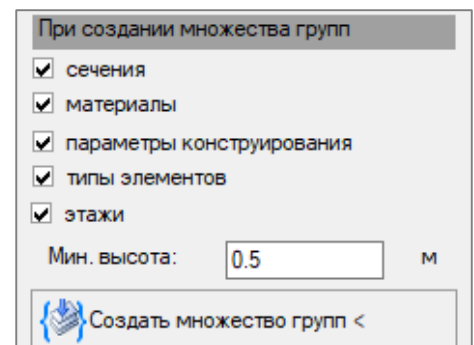
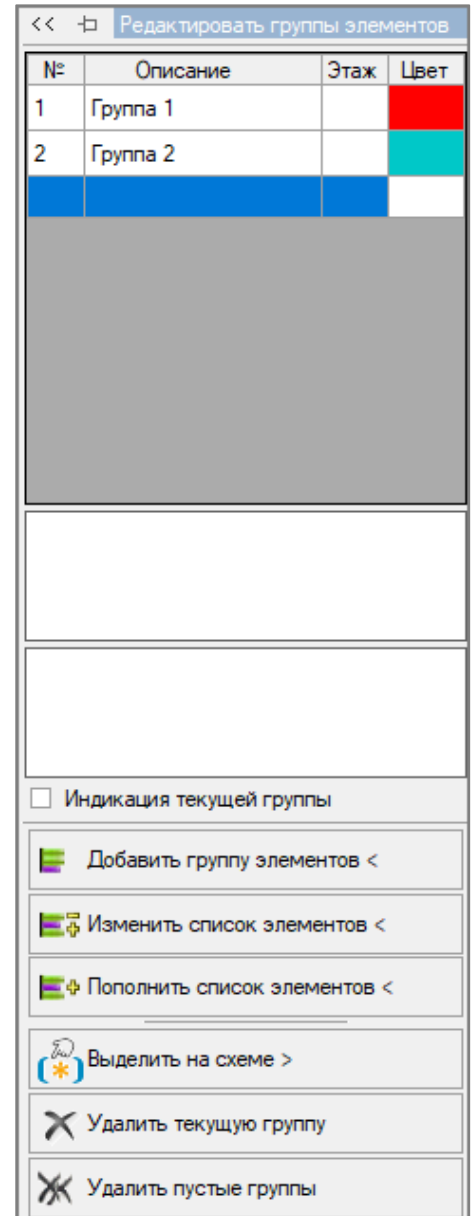






Рис. 2.323. Панель **Редактировать группы элементов**

Доступны следующие функции редактирования конструктивных элементов:


 Добавить конструктивный элемент — добавление конструктивного элемента.


 Изменить конструктивный — изменение конструктивного элемента. После нажатия данной кнопки в состав конструктивного элемента будут включены только выделенные на схеме конечные элементы, все невыделенные КЭ будут исключены из конструктивного элемента.

 Пополнить конструктивный — пополнение выбранного конструктивного элемента отмеченными на схеме конечными элементами.

 Создать множество конструктивных элементов — создание множества конструктивных элементов.

 Выделить на схеме > — выделение на схеме выбранного конструктивного элемента.

 Удалить текущий конструктивный элемент — удаление выбранного конструктивного элемента.

 Удалить пустые конструктивные элементы — удаление всех пустых конструктивных элементов.

При создании множества конструктивных элементов нужно придерживаться требований:

- стержням должны быть назначены однотипные:
  - материал;
  - сечение;
  - параметры конструирования;
- стержни должны иметь одинаковые направления локальных осей (в противоположном случае необходимо применить команду сонаправить, которая приводит к единообразной ориентации местных осей в предварительно отмеченных стержнях);
  - стержни должны иметь общие узлы;
  - элементы группы не должны входить в другие конструктивные элементы;
  - конструктивный элемент должен состоять из 2 и более стержневых элементов;
  - границей конструктивного элемента является узел:
    - узел, в который входят свыше 2 стержней;

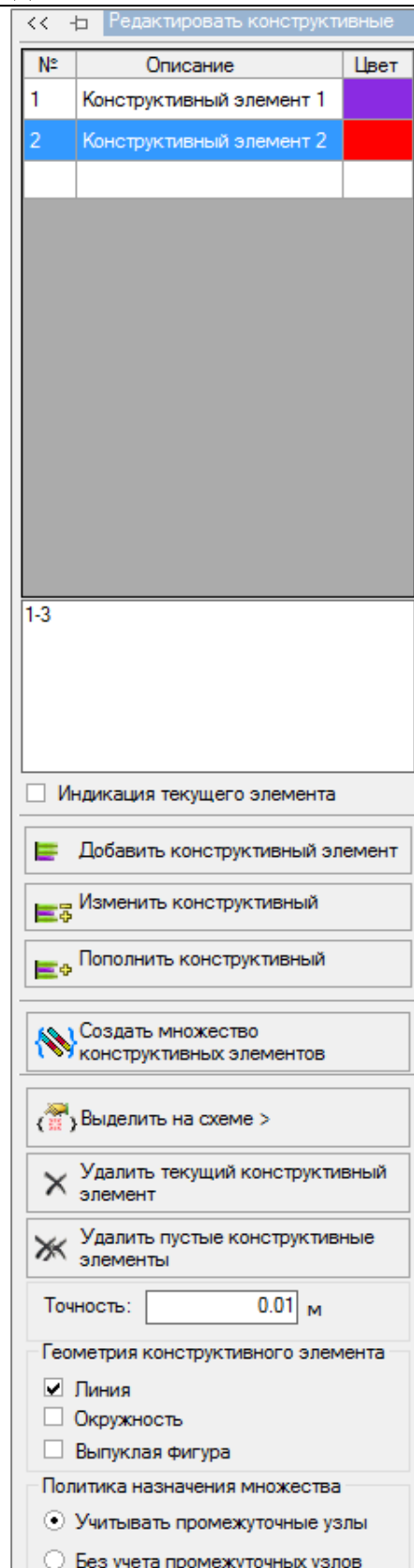


Рис. 2.324. Редактирование конструктивных элементов

- узел, в который входят стержни с разным направлением локальных осей;
- замыкающий узел конструктивного элемента.

В поле **Точность** (рис. 2.325) вводится допустимая погрешность попадания узлов на геометрическую ось конструктивного элемента.

Рис. 2.325. Точность

При создании конструктивного элемента необходимо задать его геометрию, установив соответствующий флажок в области **Геометрия конструктивного элемента** (рис. 2.326).

Рис. 2.326. Геометрия конструктивного элемента


Также пользователь должен выбрать критерий в области **Политика назначения множества** (рис. 2.327), на основании которого конструктивный элемент будет создан с учетом или без некоторых базовых условий формирования в промежуточных узлах.

Рис. 2.327. Политика назначения множества

Также в области под списком конструктивных элементов доступно редактирование конструктивных элементов вручную указанием номеров конечных элементов, входящих в их состав.

### 2.11.12 Копирование свойств узлов и элементов


Пользователю предоставляется возможность ускорить построение объемных задач, моделей с большим количеством примитивов и заданными параметрами свойств. Для этих целей подойдет режим копирования свойств узлов и элементов (рис. 2.328).

Для того чтобы вызвать данный режим, выберите команду меню **Правка** ⇒ **Копировать свойства** либо нажмите кнопку  на панели инструментов. Также вы можете воспользоваться комбинацией горячих клавиш (подробней см. Главу 2, п.2 «Горячие клавиши»).

Базовый функционал режима копирования свойств представлен в области с названием **Выбор свойств для копирования**.

Для удобства приведем небольшой пример. Допустим, имеется некая задача (рис. 2.329).


Предположим, нужно скопировать некоторые свойства элемента 1 всем остальным. Для этого нужно перейти в режим копирования свойств. Выбираем элемент, свойства которого будут скопированы, и выделяем элемент/элементы, которые примут новые значения свойств.

 Режим копирования сохраняет проверку типов по геометрии. Это означает, что можно копировать свойства только однотипных элементов (узел — узел; пластина — пластина; архитектурный стержень — архитектурный стержень и т.д.).

В режиме представлена возможность выбрать один элемент копирования и множество элементов, которые принимают копируемые значения и параметры.

После выполнения операции выбора элементов графическая схема примет вид, как на рисунке 2.330. В окне режима копирования свойств (рис. 2.331) появится перечень свойств, присущих выбранному примитиву. В верхней части можно узнать геометрический тип элемента и номер на модели.

Аналогичным образом можно выполнить копирование загрузений при помощи инструментов вкладки **Загрузки** панели активного режима **Копировать свойства**.

 Следует помнить, что списки копируемых свойств различаются в зависимости от типа примитива по геометрии.

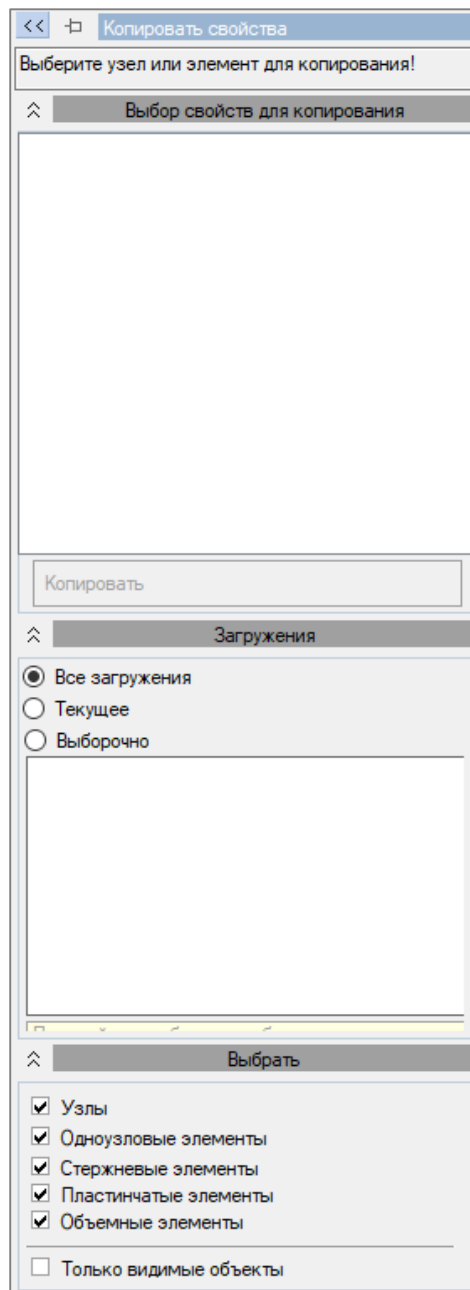


Рис. 2.328. Режим копирования свойств узлов и элементов

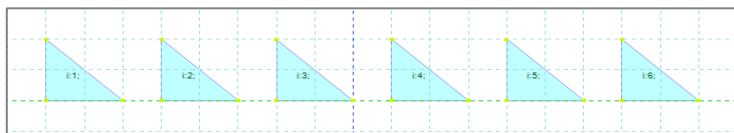


Рис. 2.329. Пример задачи для копирования свойств

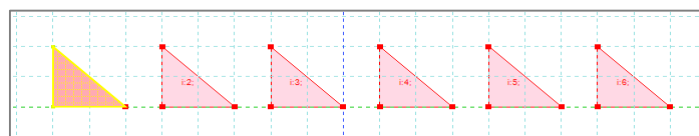



Рис. 2.330. Выбор элементов на графической схеме



Выберите требуемые свойства и нажмите кнопку **Копировать**. После успешного выполнения операции схема будет перерисована в соответствии с новыми значениями свойств элементов (нагрузки, связи и т.д.).

### 2.11.13 Информация об узле и элементе

Нажмите кнопку  и выберите на схеме элемент для просмотра результата. Слева появится панель **Информация об узле или элементе** (рис. 2.332). На панели представлены три раскрывающиеся вкладки:

- **Свойства элемента;**
- **Выбирать;**
- **Выбор по номеру.**

На вкладке **Свойства элемента** показаны исходные и рассчитанные (если они есть) свойства выбранного элемента. Свойства элемента (узла) разбиты на пронумерованные категории. Названия категорий выделены жирным шрифтом. В каждой категории свойства представлены в виде динамических иерархических деревьев, т.е. некоторые свойства могут состоять из набора других свойств (значений). В свою очередь, некоторые из этих свойств состоят из наборов других свойств и т.д. Каждое из свойств имеет свое имя и значение. Чтобы открыть категорию, свойство или подсвойство выбранного свойства, выберите его и щелкните мышью на значке слева от имени свойства. Значения свойств, которые представлены обычным текстом, можно изменять. Для этого выберите нужное вам свойство. Далее возможны варианты:

- появился курсор в поле значения — просто измените с помощью клавиатуры это значение;
- справа от значения появился значок  — нажмите на него и выберите из списка новое значение;
- справа от значения появился значок  — нажмите на него и появится панель задания значения для выбранного свойства.

После изменений свойств элемента (узла) для их сохранения нажмите кнопку **Применить изменения**.

На раскрывающейся вкладке **Выбирать** можно установить фильтр для дальнейшего выбора по узлам, по типу элементов или по их видимости.

На раскрывающейся вкладке **Выбор по номеру** можно непосредственно выбрать объект, указав номер узла, конечного или архитектурного элемента.

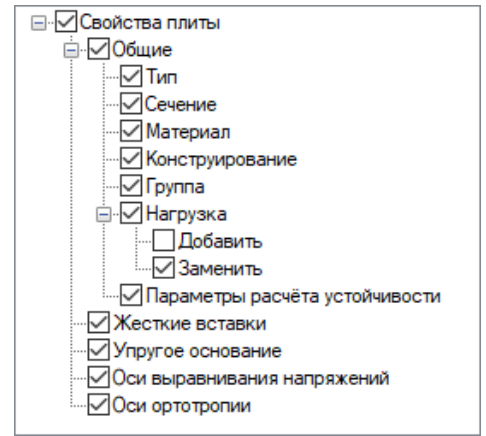


Рис. 2.331. Перечень копируемых свойств

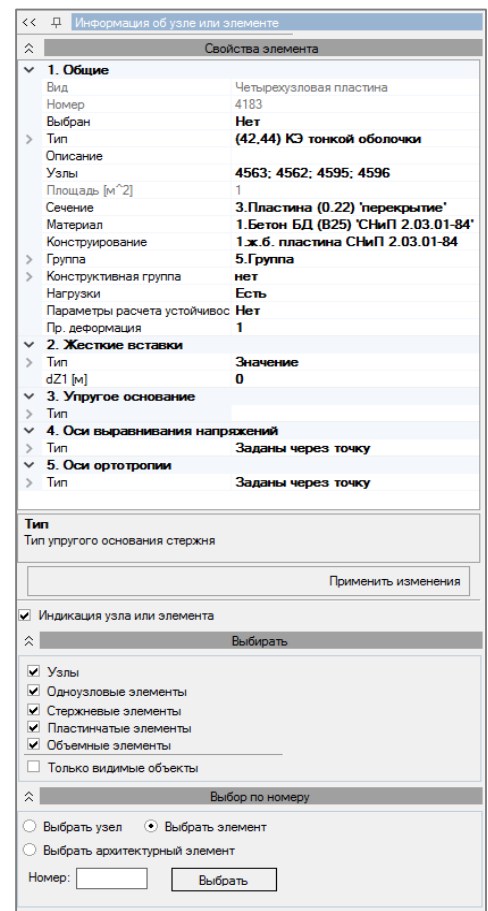



Рис. 2.332. Информация об узле и элементе

### 2.11.14 Группы свай

Данная функция используется при расчете свайных фундаментов и позволяет реализовать следующие расчетные ситуации:

- Свайный куст;
- Условный фундамент;

#### Создание свайного куста

Для создания свайного куста можно воспользоваться командой **Группы свай** (кнопка ) , которая находится на панели инструментов либо в меню **Назначения**. В результате появится панель режима **Группы свай** (рис. 2.333). Выделите группу свай, которая будет входить в куст, и нажмите на кнопку **Добавить свайный куст** на панели данного режима.

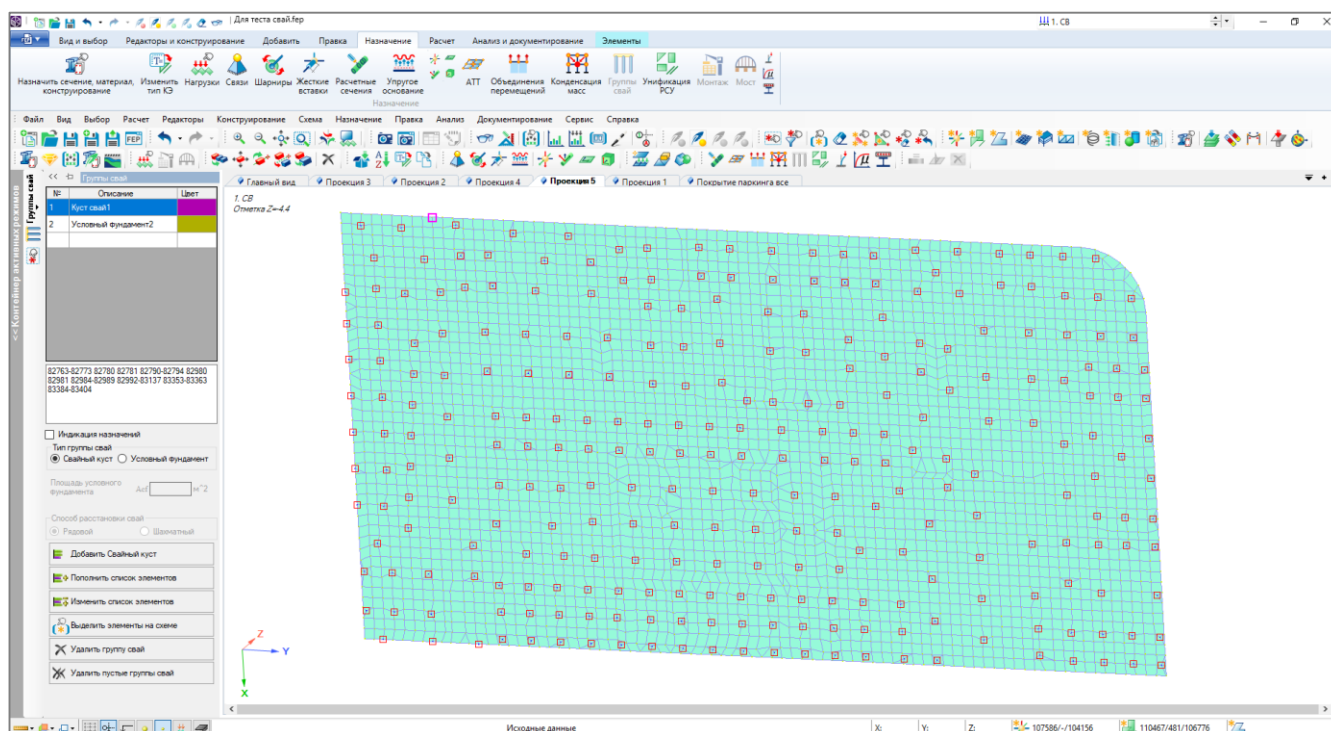


Рис. 2.333. Создание свайного куста

#### Создание условного фундамента

Задание условного фундамента от свайного куста отличается лишь тем, что на панели режима **Группы свай** выбирается переключатель **Условный фундамент**. Также необходимо задать дополнительно площадь условного фундамента **Асф** и способ расстановки свай (рядовой или шахматный) (рис. 2.334). Геологические условия, а также физико-механические характеристики грунтов основания задаются в Редакторе грунта.

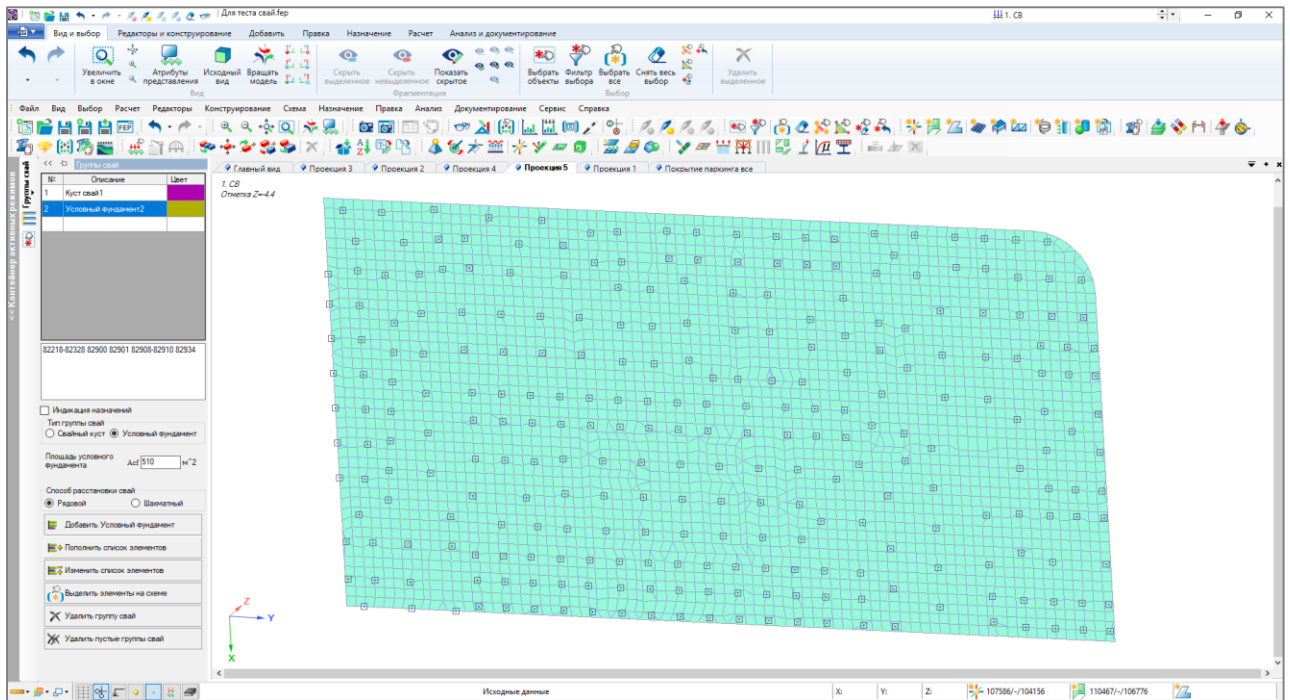



Рис. 2.334. Создание условного фундамента

### 2.11.15 Группы суммирования усилий и перемещений для СЖБ

Определение усилий в сталежелезобетонных пролетных строениях должно соответствовать процессу бетонирования, при котором часть пролетного строения еще стальная, а другая часть уже сталежелезобетонная.

Работа конструкции расчленяется на две стадии. На первой стадии определяются напряжения в стальной балке от веса самой балки и железобетонной плиты, на второй стадии — напряжения в объединенном сечении от остальных нагрузок и воздействий (мостовое полотно или дорожное покрытие, тротуарные блоки, перила, осветительные мачты и т. п.) и временная вертикальная подвижная нагрузка.

Для определения усилий и перемещений в сталежелезобетонных балках были реализованы «группы суммирования усилий и перемещений», которые позволяют объединить усилия с разных элементов в другой элемент расчетной схемы (аналогично и перемещения).

Для того чтобы перейти в режим задания групп суммирования, воспользуйтесь командой **Назначение** ⇨ **Группы суммирования усилий и перемещений** либо кнопкой  на панели инструментов.

Группы суммирования усилий и перемещений могут создаваться как в ручном, так и в автоматическом режимах.

Основным критерием при автоматическом построении групп суммирования усилий служит способ построения цепочки расчетных схем, то есть идентичные элементы в расчетных схемах должны иметь одинаковые координаты в плане.

Рис. 2.335 демонстрирует процесс получения усилий в стальной и в сталежелезобетонной балках на примере бетонирования плиты в 5 захваток трехпролетного моста по схеме 42-63-42.

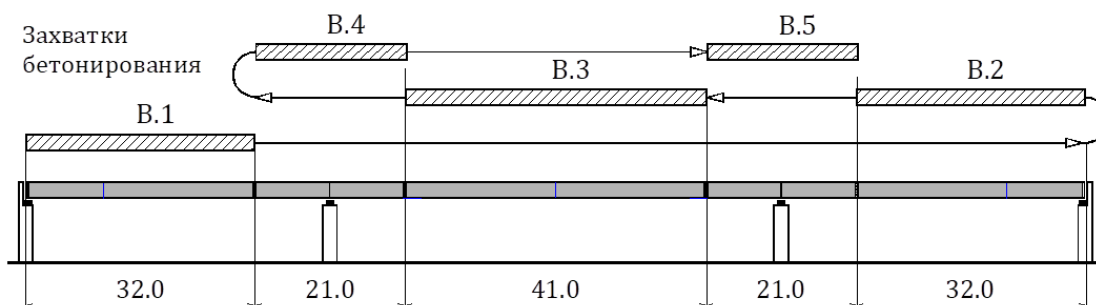


Рис. 2.335. Захватки бетонирования плиты В.1-В.5

При автоматическом способе задания групп суммирования усилий и перемещений создаются две группы суммирования усилий:

- первая — для суммирования усилий на элементы стальной части;
- вторая — для суммирования усилий на элементы сталежелезобетонной части.

Автоматическое построение групп суммирования усилий будет работать только в том случае, когда элемент расчетной схемы имеет проекцию в плане, в противном случае элементы будут проигнорированы.

Для задания групп суммирования усилий по опорам моста следует воспользоваться пользовательским заданием групп суммирования усилий.

При ручном вводе групп суммирования усилий и перемещений ограничений на положение элементов расчетной схемы нет.

На рис. 2.336 показано нагружение расчетных схем в процессе бетонирования сталежелезобетонного моста и режим суммирования.

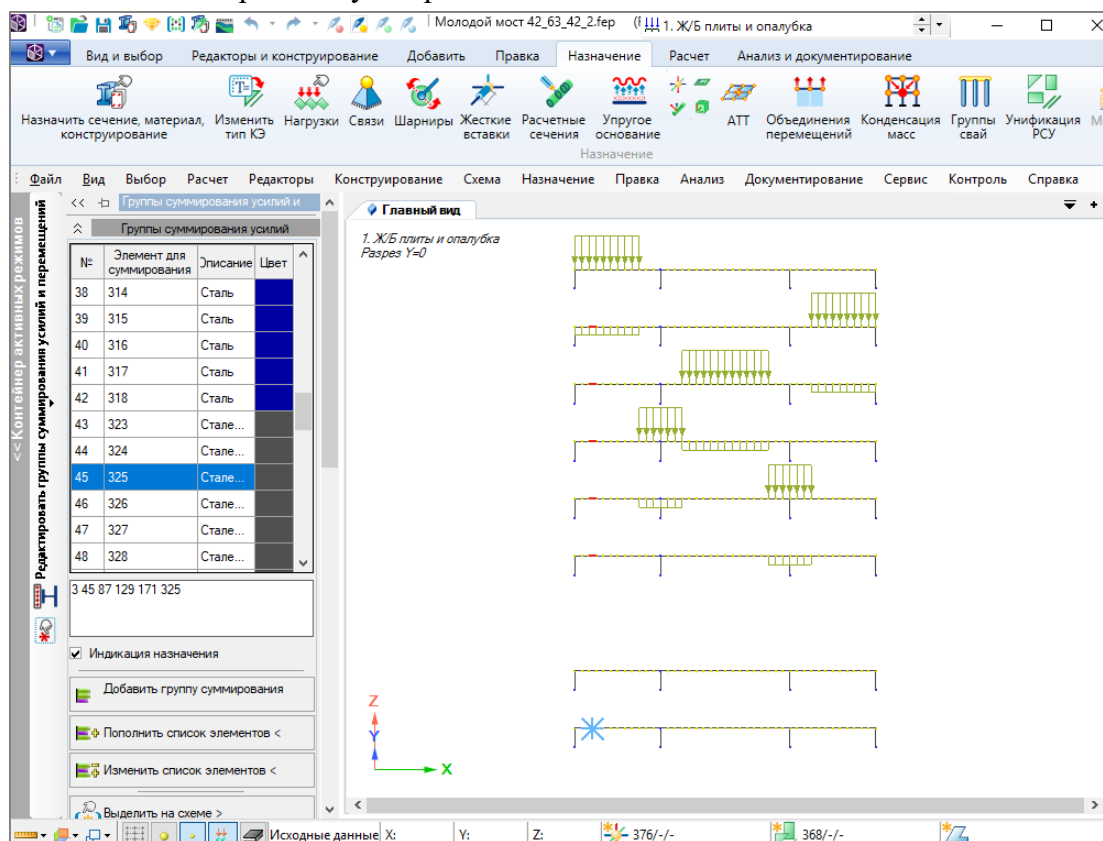


Рис. 2.336. Нагружение расчетных схем и режим суммирования усилий и перемещений



## 2.12 ДВУМЕРНЫЙ ГРАФИЧЕСКИЙ РЕДАКТОР

Редактор используется для создания, редактирования, копирования, объединения и т.п. двумерных графических объектов и является составной частью **Редактора грунта** и **Редактора пользовательского сечения**.

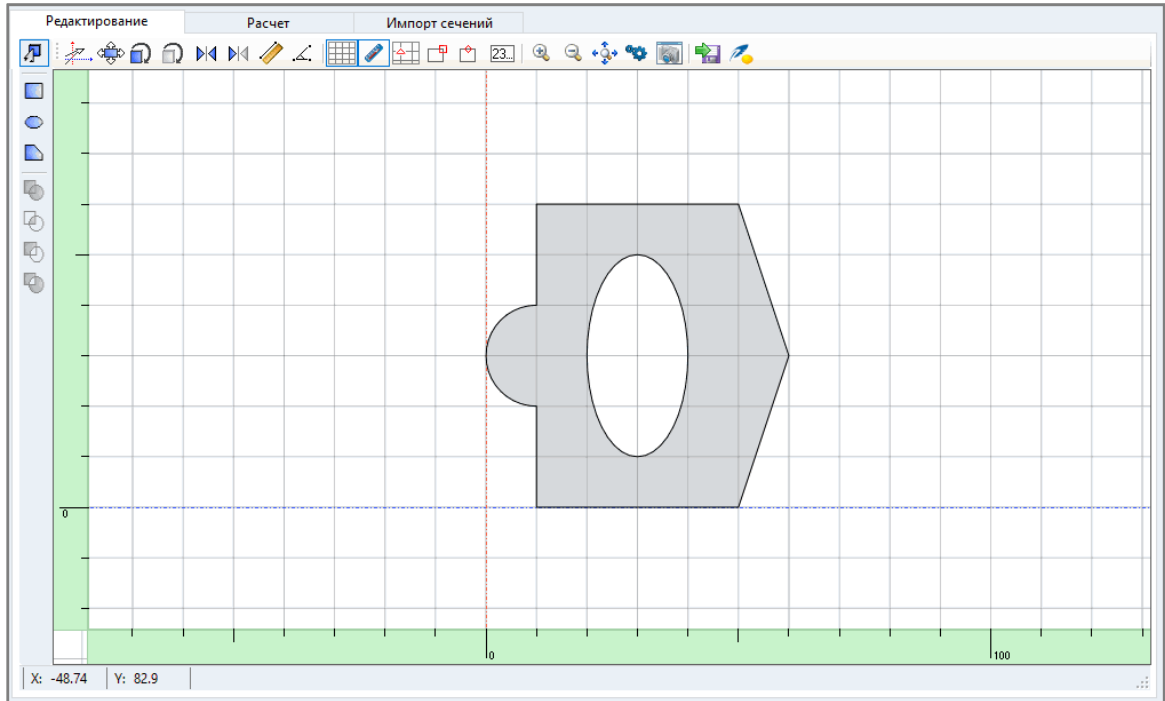








Рис. 2.337

Редактор (рис. 2.337) содержит:

- вертикальную и горизонтальную панели кнопок;
- поля для изображения и редактирования графических объектов.

Поле для редактирования может быть оборудовано:

- сетью — кнопка 
- вспомогательными линейками — кнопка 
- привязкой курсора мыши к узлам сети — кнопка 
- привязкой курсора мыши к узлам объекта — кнопка 
- привязкой курсора мыши к середине стороны объекта — кнопка 
- возможностью редактирования координат — кнопка 

Все эти кнопки триггерные. Синяя рамка вокруг кнопок означает, что данная возможность для поля редактирования включена. Отсутствие рамки — возможность отключена.

## Настройки графического редактора

Кнопка  открывает окно **Свойства** (рис. 2.338):

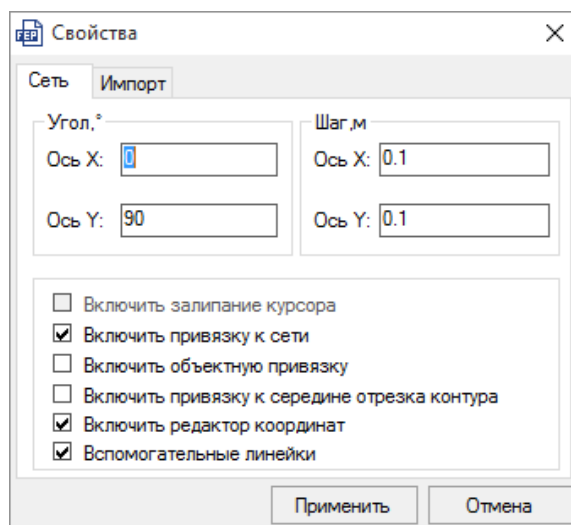





Рис. 2.338. Свойства

Окно состоит из двух закладок — **Сеть** и **Импорт**. Содержимое закладки **Импорт** определяется контекстом использования редактора и содержит типы файлов, из которых может осуществляться импорт. Панель **Сеть** определяет свойства сети.

## Создание графических примитивов

Примитивы создаются мышью после нажатия соответствующей кнопки:

- Кнопка  — создание квадрата, прямоугольника. Первым щелчком мыши на поле создается один из узлов прямоугольника. Движение мышью изменяет размер фигуры. Второй щелчок — завершение создания прямоугольника.
- Кнопка  — создание круга, овала. Первым щелчком мыши на поле указывается центр круга/овала. Движением мыши изменяется размер фигуры. Второй щелчок — завершение создания круга/овала.
- Кнопка  — создание произвольного замкнутого полигона. Первый и последующие щелчки мышью на поле создают узлы полигона. Движением мыши образуется сторона полигона, при этом недопустимо пересечение сторон полигона. Создание полигона заканчивается, когда производится щелчок мыши на начальном узле полигона и при этом все стороны полигона не имеют пересечений.

## Изменение размеров и форм объектов/примитивов

### Способ 1

1. Дважды щелкните на объекте мышью. На контуре объекта появятся черные точки.
2. Наведите курсор мыши на одну из них.
3. Нажмите левую кнопку мыши.
4. Не отпуская левую кнопку мыши, переместите мышь — точка контура переместится вслед за курсором мыши. Последующий щелчок зафиксирует изменение.

### Способ 2

Наведя курсор мыши на объект, нажмите правую кнопку мыши. Отобразится контекстное меню (рис. 2.339).

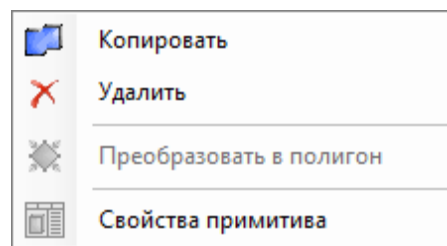


Рис. 2.339

Выберите пункт **Свойства примитива**, после чего появится окно **Свойства**, где можно изменить свойства выбранного объекта/примитива. Форма и содержание этого окна зависят от типа примитива.


### Преобразование типа примитива


Примитивы прямоугольник/квадрат и овал/круг можно преобразовать в полигон. Для этого нужно, наведя курсор мыши на объект, нажать правую кнопку мыши. Появится контекстное меню. Выберите пункт меню **Преобразовать в полигон**.

Например, так можно преобразовать овал в полигон, а затем, используя полученные точки полигона, преобразовать овал в более сложную фигуру.

### Выбор объектов




Объекты можно выбирать следующим образом:




- Установив курсор мыши внутри контура объекта, щелкнуть левой кнопкой мыши.
- Нажать кнопку  и с помощью мыши охватить красной прямоугольной рамкой выбираемые объекты. После охвата щелкнуть левой кнопкой мыши.

 *Каждый последующий выбор отменяет предыдущий, независимо от того, сколько за один раз было выбрано объектов.*


## Изменение положения объектов

Графические объекты можно перемещать, поворачивать, отражать относительно оси симметрии. Для этого сначала надо выбрать объекты для изменения положения, затем нажать одну из следующих кнопок:

- Кнопка  — после нажатия позволяет перемещать объекты, первый щелчок мыши — перемещение начинается, второй щелчок — новое положение объектов фиксируется.
- Кнопка  — после нажатия позволяет поворачивать объекты вокруг точки, указанной при первом щелчке мыши. Второй щелчок фиксирует поворот объектов.
- Кнопка  — после нажатия позволяет отражать объекты относительно оси симметрии. Ось симметрии указывается мышью от точки, заданной первым щелчком мыши до ее текущего положения. Второй щелчок фиксирует отражение объектов.

 Если выбраны кнопки  и , то после поворота и, соответственно, отражения объектов зафиксированы копии объектов, а исходные объекты остаются на первоначальном месте.



Во всех случаях при перемещении мыши нажатие на клавишу **Esc** отменяет текущую операцию.

Если включено редактирование координат (кнопка ) , то рядом с курсором мыши появятся подвижные окна для ввода значений координат/углов по перемещению объектов. Для ввода значений в первое окно нажмите нужную вам цифру или клавишу **Tab**. Для фиксации значения и перехода в следующее окно нажмите **Enter**, для перехода без фиксации нажмите клавишу **Tab**.



## Копирование объектов


1. Выберите объект.
2. Вызовите на нем контекстное меню.
3. Выберите пункт меню **Копировать**.
4. Укажите мышью новое место для объекта.
5. Вызовите снова контекстное меню.
6. Выберите пункт меню **Вставить**.
7. Уточните мышью новое положение объекта и щелкните.

## Измерение расстояний и углов

Кнопки  и  позволяют измерить расстояние и углы на поле редактирования с помощью мыши.

## Изменение масштаба

Кнопки  и  изменяют масштаб, соответственно, в сторону увеличения или уменьшения. Кроме этих кнопок, масштаб можно изменять, вращая колесико мыши. Если нажать на колесико и, не отпуская его, перемещать мышь, то можно переместить поле редактирования со всеми объектами.


Кнопка  позволяет вписать все графические объекты в поле редактирования (т.е. изменяет масштаб так, чтобы все графические объекты поместились в поле редактирования с минимальными свободными участками этого поля).

## Объединение объектов

Два пересекающихся объекта можно объединить в один. Сначала объекты нужно выбрать, затем нажать одну из следующих кнопок:

-  — объединение;
-  — пересечение;
-  — разность;
-  — частичное объединение.


Объекты будут объединяться так, как показано на изображении на соответствующей кнопке.

Кнопка  позволяет скопировать все изображение с поля редактирования в файл для последующего использования его в **Отчетах**.

## 2.13 РЕДАКТОР СЕЧЕНИЙ/ЖЕСТКОСТЕЙ

**Редактор сечений/жесткостей** предназначен для выбора типов (параметров) жесткости из библиотеки жесткостных характеристик и присвоения их конечным элементам схемы.

Для доступа к редактору сечений/жесткостей воспользуйтесь командой **Редакторы** ⇨

**Редактор сечений/жесткостей** (кнопка  на панели инструментов). В главном окне программы раскроется вкладка **Сечения** (рис. 2.340).

В левой части **Редактора сечений/жесткостей** расположена таблица жесткостей элементов. Новое сечение добавляется в таблицу путем выбора необходимого типа сечения в одном из раскрывающихся списков, расположенных в верхней части окна редактора. После этого в таблице жесткостей элементов появится новая запись, содержащая схематическое изображение, стандартное наименование, цвет и описание добавленного сечения.

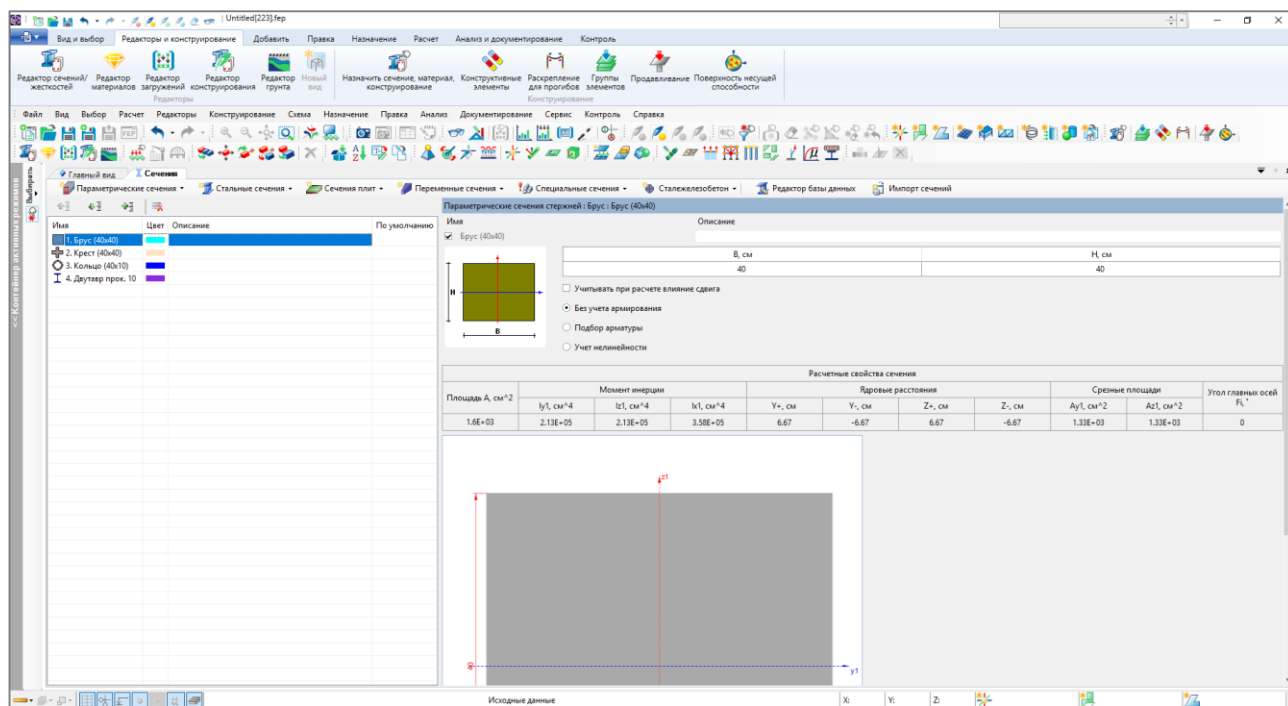






Рис. 2.340. Редактор сечений/жесткостей

Заполнение таблицы происходит по следующему алгоритму:

1. **Имя** — выводится при выборе стандартного сечения.
2. **Цвет** — выбирается щелчком мыши в поле ввода **Цвет** (рис. 2.341).
3. **Описание** — заполняется в правой части **Редактора сечений/жесткостей** в окне параметров сечения.

В верхней части таблицы жесткостей элементов расположена панель навигации:

- **Поднять на уровень выше** (кнопка )
- **Опустить на уровень ниже** (кнопка )
- **Копировать текущее сечение** (кнопка )
- **Удалить текущее сечение** (кнопка ) — позволяет удалить созданные ранее сечения.

В правой части **Редактора сечений/жесткостей** расположено окно параметров сечения, где в соответствующих полях ввода можно задавать и корректировать требуемый профиль и его ориентацию в расчетной схеме, скорректировать поля **Имя** и **Описание**.

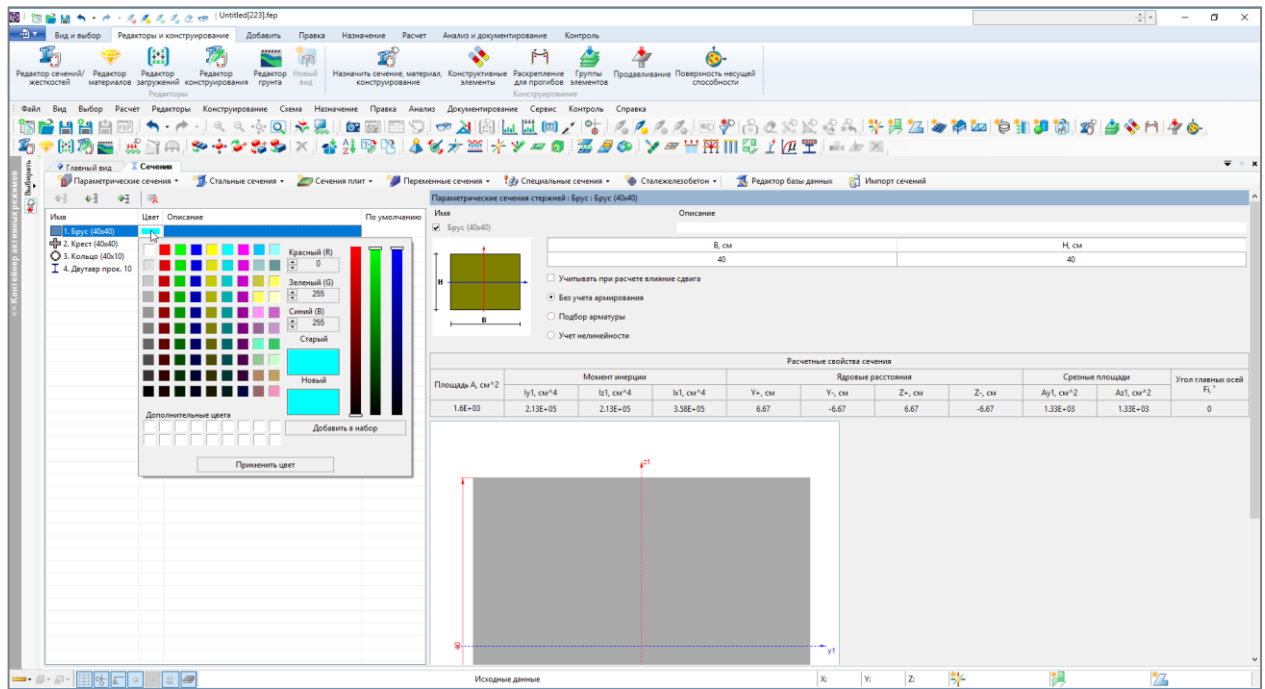



Рис. 2.341. Редактирование таблицы жесткостей элементов

В окне параметров сечения приведены таблицы с геометрическими и расчетными характеристиками сечения (заполняются программно и не подлежат коррекции). После выбора пользователем требуемого профиля и его ориентации в расчетной схеме выводится схематический эскиз сечения с указанием заданных размеров и расчетных характеристик сечения (рис. 2.340).

**Редактор сечений/жесткостей** содержит следующие раскрывающиеся списки для выбора/редактирования сечений:

• **Параметрические сечения** (кнопка  **Параметрические сечения**). В списке **Параметрические сечения** приведены стандартные типы параметрических сечений (рис. 2.342). Переход к необходимому типу параметрического сечения осуществляется щелчком мыши по выбранному элементу списка.

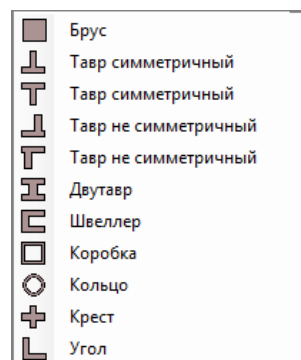



Рис. 2.342. Список параметрических сечений

- **Стальные сечения** (кнопка ). Переход к необходимому типу стального сечения осуществляется щелчком мыши по выбранному элементу списка.

В списке **Стальные сечения** приведены стандартные типы одиночных прокатных сечений различных сортаментов, а также в раскрывающемся списке **Шаблоны составных сечений** представлены сварные сечения из листовой стали и сплошные составные сечения из двух и четырех прокатных профилей (рис. 2.343);

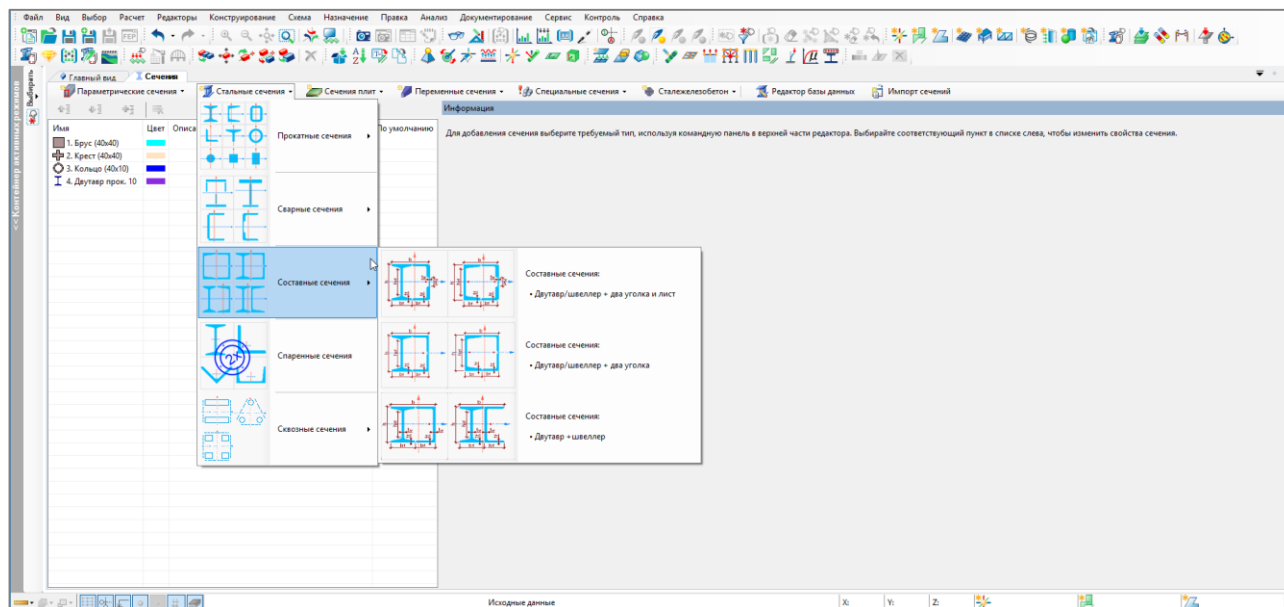
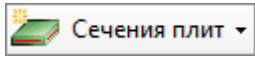


Рис. 2.343. Список стандартных стальных сечений

- **Сечения плит** (кнопка ). Сечения плит представлены стандартным типом сечения: **Пластина** (рис. 2.344). Переход к типу сечения **Пластина** осуществляется щелчком мыши по данному элементу списка.

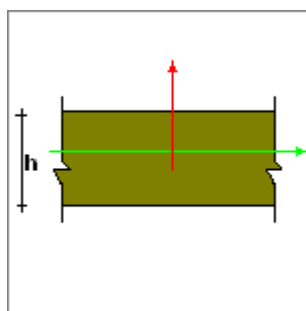
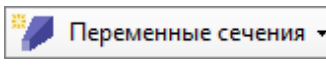


Рис. 2.344. Схема профиля: **Пластина**

- **Переменные сечения** (кнопка ). В списке **Переменные сечения** приведены стандартные типы переменных сечений (рис. 2.345). Переход к необходимому типу переменного сечения осуществляется щелчком мыши по выбранному элементу списка.



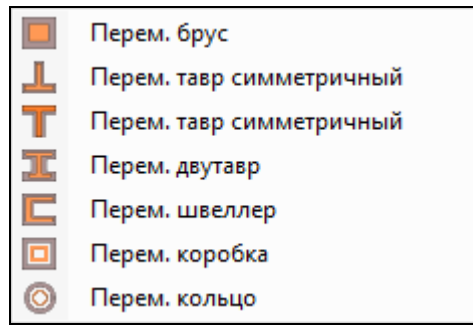


Рис. 2.345. Список переменных сечений

• **Специальные сечения** (кнопка **Специальные сечения** ▾). В списке **Специальные сечения** приведены стандартные типы специальных сечений (рис. 2.346). Переход к необходимому типу специального сечения осуществляется щелчком мыши по выбранному элементу списка.

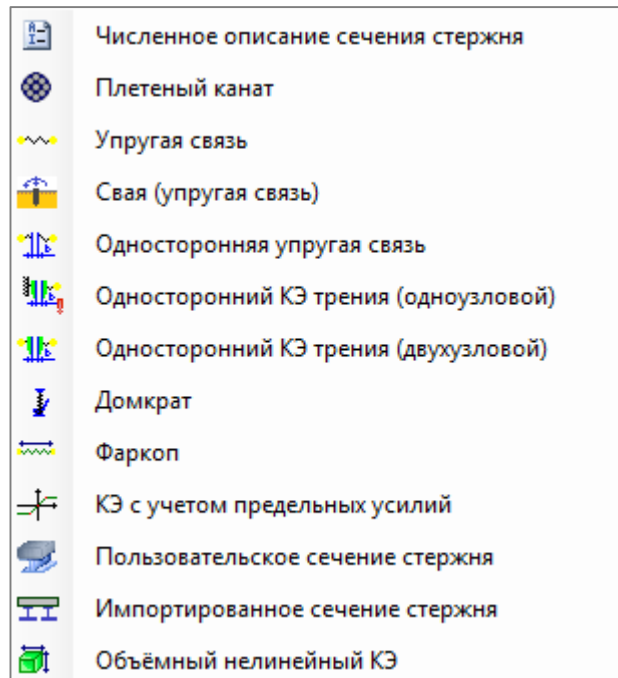


Рис. 2.346. Список специальных сечений

• **Сталежелезобетон** (кнопка **Сталежелезобетон** ▾). Сталежелезобетонные сечения представлены двумя типами: **Круглая заполненная труба** и **Прямоугольная заполненная труба** (рис. 2.347). Переход к необходимому типу сечения осуществляется щелчком мыши по выбранному элементу списка.

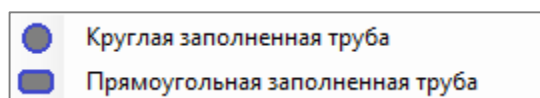


Рис. 2.347. Список сталежелезобетонных сечений

Для вызова редактора базы данных стального проката (рис. 2.348) воспользуйтесь горизонтальной кнопкой **Редактор базы данных** ( **Редактор базы данных**).

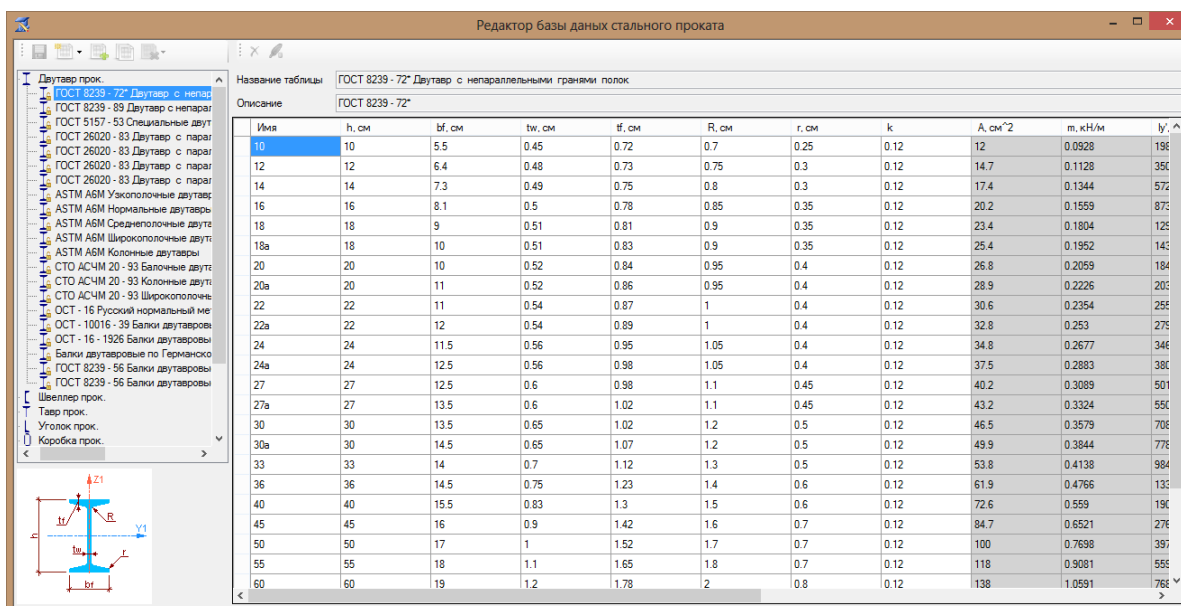




Рис. 2.348. Редактор базы данных стального проката

Для импорта сечений из файла воспользуйтесь горизонтальной кнопкой **Импорт сечений** (кнопка  **Импорт сечений** в редакторе сечений/жесткостей). После нажатия на кнопку раскроется диалоговое окно, где необходимо указать путь к файлу проекта (\*.fer), из которого вы хотите импортировать сечения.

## 2.14 РЕДАКТОР МАТЕРИАЛОВ

**Редактор материалов** предназначен для выбора типов материала и присвоения его конечным элементам схемы.

Для доступа к редактору материалов воспользуйтесь командой **Редакторы** ⇨ **Редактор материалов** (кнопка  на панели инструментов). В главном окне программы раскроется вкладка **Материалы** (рис. 2.349).

В левой части **Редактора материалов** расположена таблица материалов элементов. Новый материал добавляется в таблицу путем выбора необходимого типа материала в одном из раскрывающихся списков, расположенных в верхней части окна редактора. После этого в таблице материалов элементов появится новая запись, содержащая схематическое изображение, стандартное наименование, цвет и описание добавленного материала.

Заполнение таблицы происходит по следующему алгоритму:

1. **Имя** — выводится при выборе стандартного материала.
2. **Цвет** — выбирается щелчком мыши в поле ввода **Цвет** (рис. 2.350).
3. **Описание** — заполняется в правой части **Редактора материалов** в окне параметров материала.

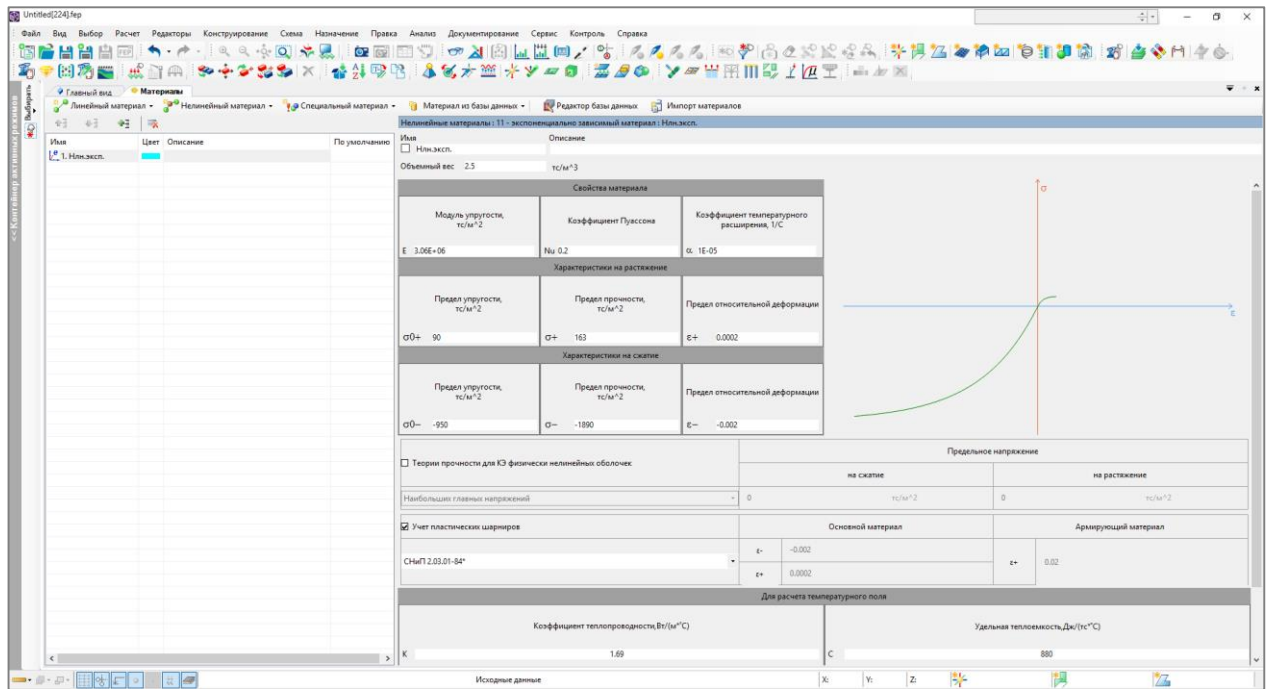


Рис. 2.349. Редактор материалов

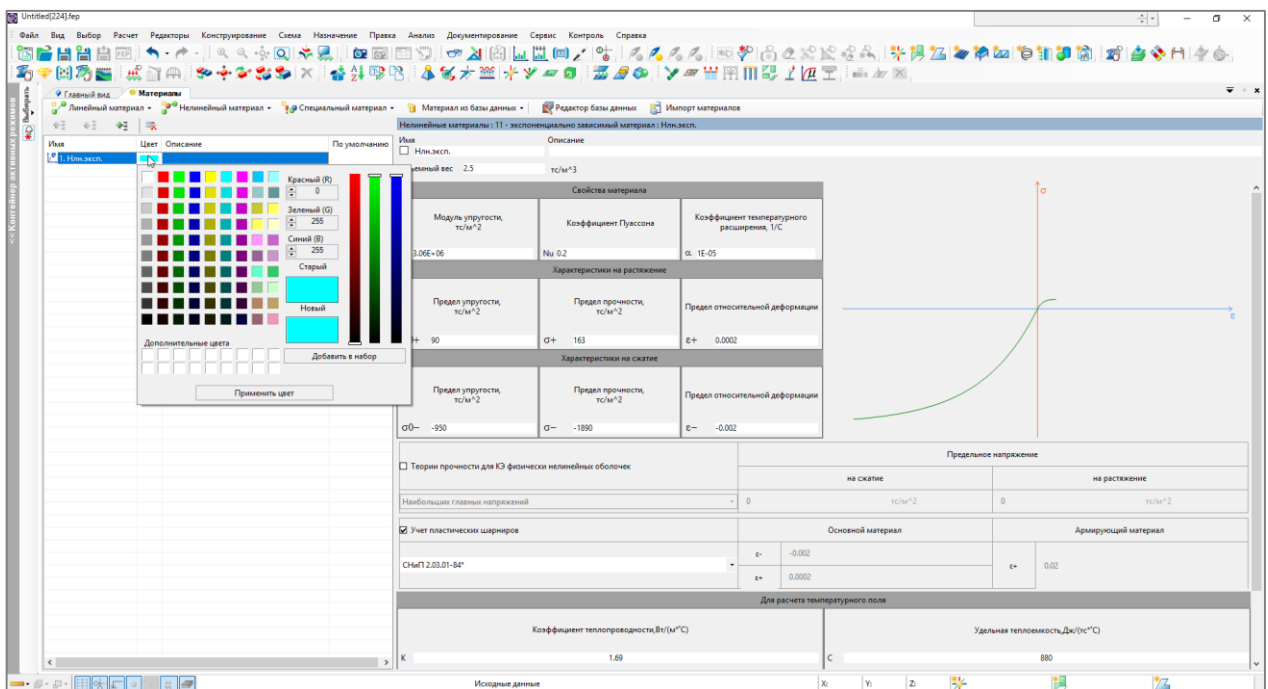






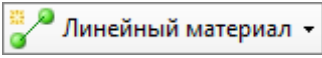
Рис. 2.350. Редактирование таблицы материалов элементов

В верхней части **Таблицы материалов элементов** расположена панель навигации:

- **Поднять на уровень выше** (кнопка ).
- **Опустить на уровень ниже** (кнопка ).
- **Копировать текущий материал** (кнопка ).
- **Удалить материал** (кнопка  в редакторе материалов) — служит для удаления созданных ранее материалов.

В правой части **Редактора материалов** расположено окно параметров материала, в котором в соответствующих полях ввода можно задавать и корректировать свойства материала, его характеристики на растяжение и сжатие, скорректировать поля **Имя** и **Описание**.

**Редактор материалов** содержит следующие раскрывающиеся списки для выбора/редактирования параметров материала:

- **Линейный материал** (кнопка ). В списке **Линейный материал** приведены стандартные типы линейных материалов (рис. 2.351). Переход к необходимому типу материала осуществляется щелчком мыши по выбранному элементу списка.

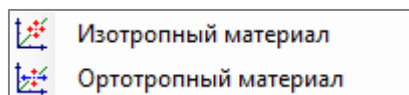
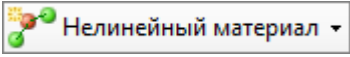


Рис. 2.351. Список линейных материалов

- **Нелинейный материал** (кнопка ). В списке **Нелинейный материал** приведены стандартные типы нелинейных материалов (рис. 2.352). Переход к необходимому типу материала осуществляется щелчком мыши по выбранному элементу списка.

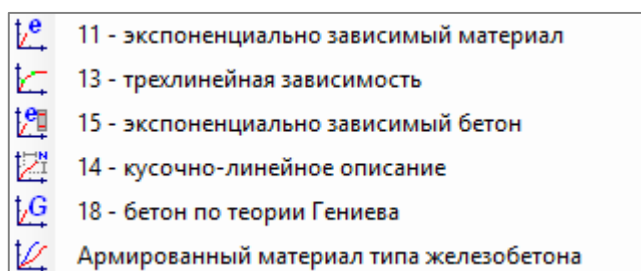

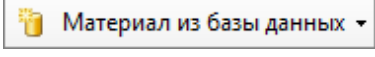
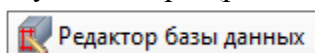


Рис. 2.352. Список нелинейных материалов

- **Специальный материал** (кнопка ). Специальные материалы представлены следующими типами: **Нелинейный грунт** (плоская деформация), **Нелинейный грунт** (объемная задача), а также материалами для моделирования поверхностного теплообмена в задаче **Теплопроводность**. Переход к необходимому типу осуществляется щелчком мыши по выбранному элементу списка (рис. 2.353).

- **Материал из базы данных** (кнопка ). В списке **Материал из базы данных** находятся такие типы материалов, как бетон, арматура и стальной прокат из базы данных. В соответствующих раскрывающихся подменю приведены списки доступных норм (рис. 2.354). Для вызова редактора базы данных материалов нажмите кнопку



в редакторе материалов.

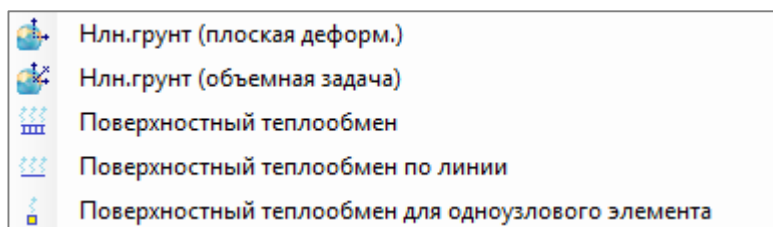


Рис. 2.353. Список специальных материалов

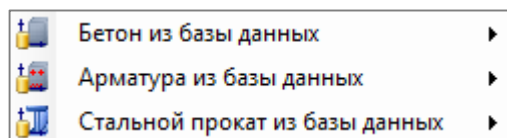




Рис. 2.354. Список материалов из базы данных


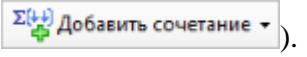
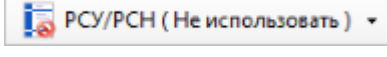
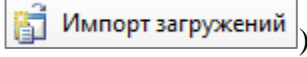
Для импорта материалов из файла воспользуйтесь горизонтальной кнопкой **Импорт материалов** (кнопка  в редакторе материалов). После нажатия на кнопку отобразится диалоговое окно, где необходимо указать путь к файлу проекта (\*.fer), из которого вы хотите импортировать материалы.

## 2.15 РЕДАКТОР ЗАГРУЖЕНИЙ

Редактор загрузений предназначен для выбора типов загрузений и присвоения их расчетной схеме.

Для перехода в редактор необходимо воспользоваться командой меню **Редакторы** ⇨ **Редактор загрузений** или кнопкой на панели инструментов .

Редактор загрузений содержит раскрывающиеся списки для выбора/редактирования загрузений:

- **Добавить загрузение** (кнопка ).
- **Добавить сочетание** (кнопка ).
- **Нормы проектирования** (кнопка ).
- **Импорт загрузений** (кнопка .

А также панель навигации:

- поднять на уровень выше;
- опустить на уровень ниже;
- копировать текущее загрузение;
- удалить.

При щелчке на кнопке **Добавить загрузение** становится доступным список возможных загрузений в зависимости от ранее заданного типа создаваемой задачи.

### Типы задач

*Линейная статическая задача, включая динамику с разложением по собственным формам колебаний*

Доступны типы загрузений:

- статическое загрузение;
- сопутствующее статическое загрузение;
- обобщенное загрузение;
- средняя составляющая ветрового воздействия (автоматически создается при создании пульсационной составляющей ветрового воздействия);
  - модальный анализ;
  - пульсационная составляющая ветрового воздействия;
  - импульсное воздействие;
  - ударное воздействие;
  - гармоническое воздействие;
  - сейсмическое воздействие.

*Нелинейная статическая задача*

В окне параметров проекта необходимо установить флажок **В задаче будут присутствовать нелинейные элементы**.

Доступны типы загрузений:

- история нелинейного загрузения;
- стадия нелинейного загрузения.

*Линейная монтажная задача (МОНТАЖ+)*

В окне параметров проекта необходимо установить флажок **В задаче будет использоваться система «МОНТАЖ»**.

Доступны типы загрузений:

- история возведения сооружения;
- стадия возведения сооружения;
- дополнительное статическое загрузение на стадии возведения;
- статическое загрузение на смонтированное сооружение;
- сопутствующее статическое загрузение на смонтированное сооружение;
- пульсационная составляющая ветрового воздействия на смонтированное сооружение;
- средняя составляющая ветрового воздействия (автоматически создается при создании пульсационной составляющей ветрового воздействия);

- импульсное воздействие на смонтированное сооружение;
- ударное воздействие на смонтированное сооружение;
- гармоническое воздействие на смонтированное сооружение;
- сейсмическое воздействие на смонтированное сооружение.

#### *Нелинейная монтажная задача*

В окне параметров проекта необходимо установить флажки: **В задаче будут присутствовать нелинейные элементы, В задаче будет использоваться система «МОНТАЖ».**

Доступны типы загружений:

- история возведения сооружения;
- стадия возведения сооружения;

#### *Линейная задача с динамикой во времени*

В окне параметров проекта необходимо установить флажок **В задаче будет использоваться система «ДИНАМИКА +».**

Доступны типы загружений:

- статическое нагружение;
- сопутствующее статическое нагружение;
- динамика во времени;
- динамическая нагрузка (узловые силы);
- демпфирование;
- динамическая нагрузка (правая часть).

#### *Нелинейная задача с динамикой во времени*

В окне параметров проекта необходимо установить флажки: **В задаче будут присутствовать нелинейные элементы, В задаче будет использоваться система «ДИНАМИКА +».**

Доступны типы загружений:

- нелинейное статическое нагружение;
- нелинейное сопутствующее статическое нагружение;
- динамика во времени;
- динамическая нагрузка (узловые силы);
- демпфирование;
- динамическая нагрузка (правая часть).

#### *Линейная монтажная задача с динамикой во времени на последней стадии монтажа*

В окне параметров проекта необходимо установить флажки: **В задаче будет использоваться система «МОНТАЖ», В задаче будет использоваться система «ДИНАМИКА +».**

Доступны типы загрузений:

- история возведения сооружения;
- стадия возведения сооружения;
- динамика во времени;
- динамическая нагрузка (узловые силы);
- демпфирование;
- динамическая нагрузка (правая часть).

*Нелинейная монтажная задача с динамикой во времени на последней стадии монтажа*

В окне параметров проекта необходимо установить флажки: **В задаче будут присутствовать нелинейные элементы, В задаче будет использоваться система «МОНТАЖ», В задаче будет использоваться система «ДИНАМИКА +».**

Доступны типы загрузений:

- история возведения сооружения;
- стадия возведения сооружения;
- динамика во времени;
- динамическая нагрузка (узловые силы);
- демпфирование;
- динамическая нагрузка (правая часть).

*Линейная задача с подвижными нагрузками*

В окне параметров проекта необходимо установить флажок **В задаче будет использоваться система «МОСТ».**

Доступны типы загрузений:

- подвижные нагрузки;
- нагрузка от пешеходов;
- нагрузка от автотранспортных средств АК;
- нагрузка от трамвайных поездов;
- нагрузка от подвижного состава метрополитена;
- нагрузка от негабаритных колесных средств НК;
- статическое нагружение.

*Нелинейная статическая задача по определению спектра несущей способности*

В окне параметров проекта необходимо установить флажки: **В задаче будут присутствовать нелинейные элементы, В задаче будет использоваться система «PUSHOVER».**

Доступны типы загрузений:

- история нелинейного нагружения;



- стадия нелинейного нагружения;
- спектр несущей способности;
- статическое нагружение;
- сеймика с разложением по собственным формам колебаний.

#### *Линейная задача расчета температурного поля*

В окне параметров проекта необходимо установить флажок **Задача расчета температурного поля (система «ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ»)**.

Доступны типы загружений:

- статическое нагружение;
- сопутствующее статическое нагружение;
- обобщенное нагружение;
- средняя составляющая ветрового воздействия (автоматически создается при создании пульсационной составляющей ветрового воздействия);
  - модальный анализ;
  - пульсационная составляющая ветрового воздействия;
  - импульсное воздействие;
  - ударное воздействие;
  - гармоническое воздействие;
  - сейсмическое воздействие;
  - вычисление температурного поля.

#### *Нелинейная задача с расчетом температурного поля*

В окне параметров проекта необходимо установить флажки: **В задаче будут присутствовать нелинейные элементы, Задача расчета температурного поля (система «ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ»)**.

Доступны типы загружений:

- история нелинейного нагружения;
- стадия нелинейного нагружения;
- стадия нелинейного нагружения с вычислением температурного поля.

#### *Линейная монтажная задача с вычислением температурного поля*

В окне параметров проекта необходимо установить флажки: **В задаче будет использоваться система «МОНТАЖ», Задача расчета температурного поля (система «ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ»)**.

Доступны типы загружений:

- история возведения сооружения;
- стадия возведения сооружения;

- стадия возведения сооружения с вычислением температурного поля;
- дополнительное статическое нагружение на стадии возведения;
- статическое нагружение на смонтированное сооружение;
- сопутствующее статическое нагружение на смонтированное сооружение;
- пульсационная составляющая ветрового воздействия на смонтированное сооружение;
- средняя составляющая ветрового воздействия (автоматически создается при создании пульсационной составляющей ветрового воздействия);
- импульсное воздействие на смонтированное сооружение;
- ударное воздействие на смонтированное сооружение;
- гармоническое воздействие на смонтированное сооружение;
- сейсмическое воздействие на смонтированное сооружение;
- вычисление температурного поля.

#### *Нелинейная монтажная задача с вычислением температурного поля*

В окне параметров проекта необходимо установить флажки: **В задаче будут присутствовать нелинейные элементы, В задаче будет использоваться система «МОНТАЖ», Задача расчета температурного поля (система «ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ»).**

Доступны типы нагружений:

- история возведения сооружения;
- стадия возведения сооружения;
- стадия возведения сооружения с вычислением температурного поля.

#### *Задача моделирования фильтрации в насыщенном влагой грунте*

В окне параметров проекта необходимо установить флажки: **Задача моделирования фильтрации в насыщенном влагой грунте (система «ФИЛЬТРАЦИЯ»).** При этом автоматически будет установлен флажок **В задаче будут присутствовать нелинейные элементы.**

Доступны типы нагружений:

- история нелинейного нагружения;
- стадия нелинейного нагружения;
- стадия нелинейного нагружения с расчетом фильтрации.

#### *Монтажная задача с моделированием фильтрации в насыщенном влагой грунте*

В окне параметров проекта необходимо установить флажки: **Задача моделирования фильтрации в насыщенном влагой грунте (система «ФИЛЬТРАЦИЯ»), В задаче будет использоваться система «МОНТАЖ».** При этом автоматически будет установлен флажок **В задаче будут присутствовать нелинейные элементы.**

Доступны типы загружений:

- история возведения сооружения;
- стадия возведения сооружения;
- стадия возведения сооружения с расчетом фильтрации.

*Задача моделирования фильтрации в насыщенном влагой грунте с расчетом температурного поля*

В окне параметров проекта необходимо установить флажки: **Задача моделирования фильтрации в насыщенном влагой грунте (система «ФИЛЬТРАЦИЯ»)**, **Задача расчета температурного поля (система «ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ»)**. При этом автоматически будет установлен флажок **В задаче будут присутствовать нелинейные элементы**.

Доступны типы загружений:

- история нелинейного нагружения;
- стадия нелинейного нагружения;
- стадия нелинейного нагружения с вычислением температурного поля;
- стадия нелинейного нагружения с расчетом фильтрации.

*Монтажная задача с моделированием фильтрации в насыщенном влагой грунте и с расчетом температурного поля*

В окне параметров проекта необходимо установить флажки: **Задача моделирования фильтрации в насыщенном влагой грунте (система «ФИЛЬТРАЦИЯ»)**, **Задача расчета температурного поля (система «ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ»)**, **В задаче будет использоваться система «МОНТАЖ»**. При этом автоматически будет установлен флажок **В задаче будут присутствовать нелинейные элементы**.

Доступны типы загружений:

- история возведения сооружения;
- стадия возведения сооружения;
- стадия возведения сооружения с вычислением температурного поля;
- стадия возведения сооружения с расчетом фильтрации.

В раскрывающемся списке **Добавить сочетание** редактора загружений щелчком мыши необходимо выбрать тип сочетания: **Пользовательское сочетание** или **Автоматическое сочетание**.

При выборе **Пользовательского сочетания** в **Библиотеке сочетаний** появится добавленное **Пользовательское сочетание** (рис. 2.355).

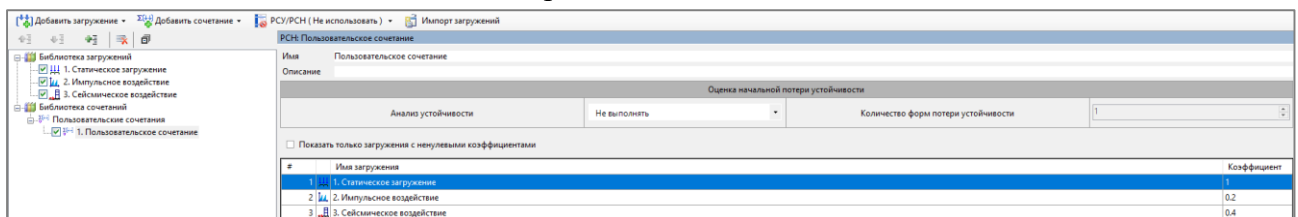


Рис. 2.355. Пользовательское сочетание загружений

Далее, при необходимости, задается оценка начальной потери устойчивости:

- анализ устойчивости;
- количество форм потери устойчивости.

В таблице ниже отображается перечень загружений с соответствующими коэффициентами.

Для удобства отображения больших перечней загружений существует опция **Показать только загрузки с ненулевыми коэффициентами**, которая активизируется путем установки флажка.

При выборе **Автоматического сочетания** в **Библиотеке сочетания** появится добавленное **Автоматическое сочетание** (рис. 2.356). Для генерации сочетаний необходимо указать нормы проектирования в списке **PCY/PCN**:

- Не использовать;
- СССР: СНиП 2.01.07-85\*;
- Украина: ДБН В.12-2:2006;
- Российская Федерация: СП 20.13330.2011;
- Российская Федерация: СП 20.13330.2016.

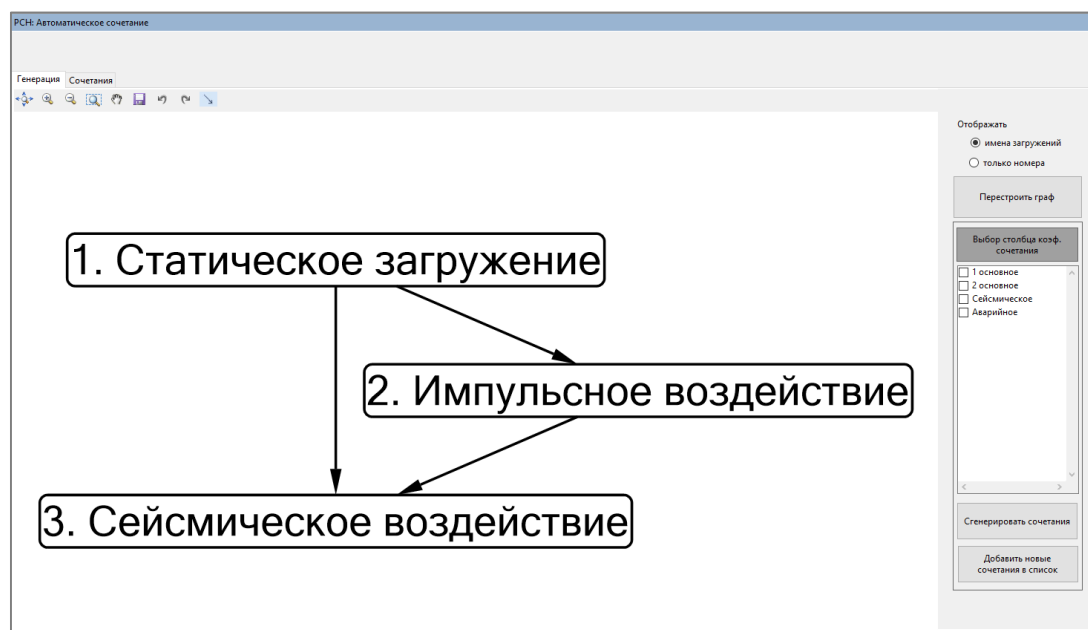


Рис. 2.356. Автоматическое сочетание загружений

На основании заданных исходных данных по индивидуальным загружениям будет построен граф сочетания, на базе которого будут сгенерированы автоматические сочетания с помощью кнопки **Сгенерировать сочетания**. В случае, если граф был скорректирован, можно добавить сочетания, которые получатся в результате коррекции графа, с помощью кнопки **Добавить новые сочетания в список**.

Отображение вершин графа подается в двух видах: полное имя загрузки или его порядковый номер в библиотеке. Выбрать вид отображения графа можно с помощью переключателей **имена загружений** / **только номера**.

В случае, если в библиотеке загружений были добавлены/удалены/отключены загрузки, нужно нажать на кнопку **Перестроить граф** для того, чтобы получить актуальный граф.

Список сгенерированных сочетаний загрузений находится во вкладке **Сочетания**. Выделив строку с сочетанием загрузений и вызвав контекстное меню, можно скопировать это сочетание в пользовательское сочетание загрузений.

В левой части панели **Загрузки** расположена **Библиотека загрузений**.


При определении РСУ учитываются логические связи между загрузениями, которые отражают физический смысл загрузений, и требования, регламентируемые различными нормативными документами. Выделяются типы загрузений:

- взаимоисключающие (ветер слева и ветер справа, сейсмические воздействия вдоль разных осей координат и т.п.);
- объединяемые загрузения;
- сопутствующие (тормозные при наличии крановых нагрузок и т.п.);
- знакопеременность (флажок означает, что в РСУ следует учесть вероятность изменения знака основного усилия сочетания).

Данные в таблицах **Библиотеки загрузений** задаются автоматически программой, при необходимости возможно внести изменения самостоятельно.

## 2.16 РЕДАКТОР ПАРАМЕТРОВ КОНСТРУИРОВАНИЯ

**Редактор параметров конструирования** предназначен для задания необходимых параметров конструирования сечения.

Для доступа к редактору параметров конструирования необходимо воспользоваться командой меню **Редакторы** ⇒ **Редактор конструирования** (кнопка  на панели инструментов). В главном окне программы раскроется вкладка **Конструирование** (рис. 2.357).

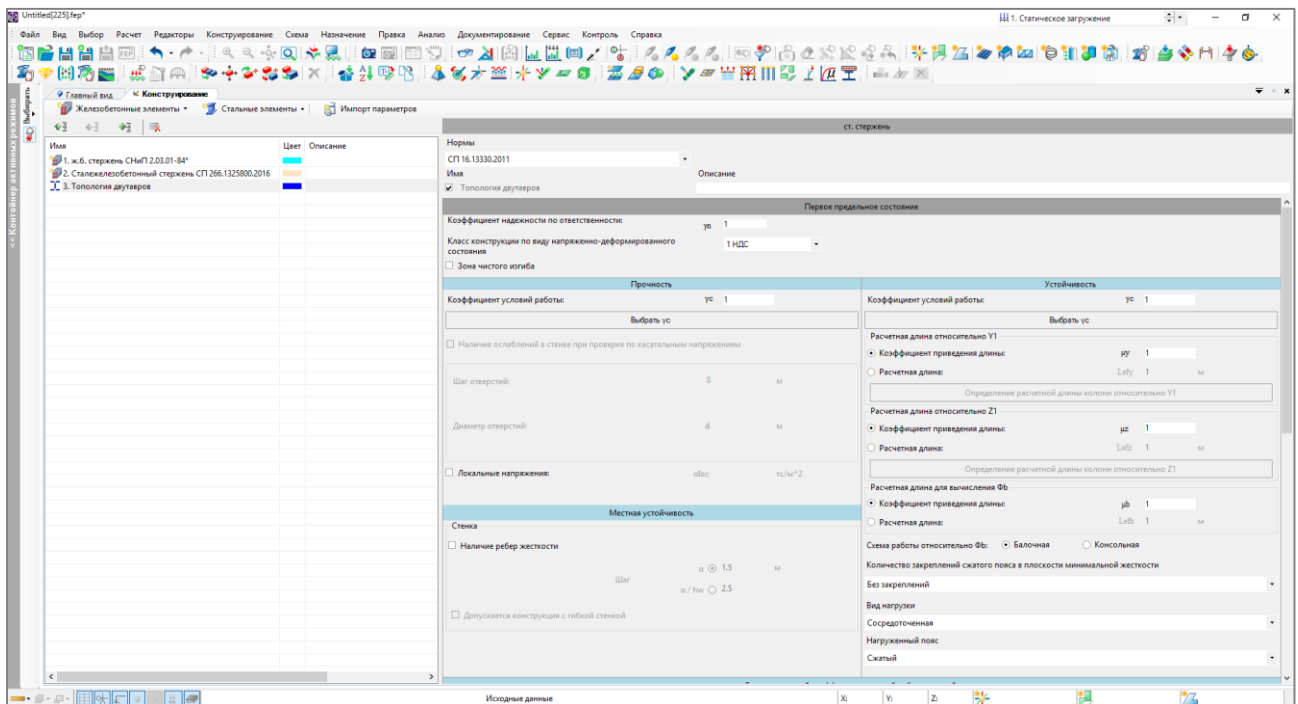


Рис. 2.357. Редактор параметров конструирования





В левой части **Редактора параметров конструирования** расположена таблица с перечнем созданных типов свойств параметров конструирующего расчета.

При щелчке мышью по выбранному элементу списка в левой части **Редактора параметров конструирования** в таблице с перечнем созданных типов свойств параметров конструирующего расчета появится новая запись, содержащая схематическое изображение, стандартное наименование, цвет и описание добавленного элемента.

Заполнение таблицы происходит по следующему алгоритму:


1. **Имя** — выводится при выборе топологии или типа железобетонного элемента.
2. **Цвет** — выбирается щелчком мыши в поле ввода **Цвет**.
3. **Описание** — заполняется в правой части **Редактора параметров конструирования** в окне параметров конструирования.

В верхней части таблицы с перечнем параметров конструирования расположена **Панель навигации**:

- **Поднять на уровень выше** (кнопка 
- **Опустить на уровень ниже** (кнопка 
- **Копировать** текущий элемент (кнопка 
- **Удалить** текущий элемент (кнопка 

В правой части **Редактора параметров конструирования** расположено окно параметров конструирования, в котором в соответствующих полях ввода можно задавать и корректировать параметры конструирования стальных стержней различных топологий, а также параметры конструирования железобетонных пластин и стержней, скорректировать поля **Имя** и **Описание**.

**Редактор параметров конструирования** содержит следующие раскрывающиеся списки для выбора/редактирования параметров конструирования сечений:

- **Железобетонные элементы** (кнопка  **Железобетонные элементы** ▾). В списке **Железобетонные элементы** приведены стандартные типы железобетонных сечений: железобетонный стержень, пластина и сталежелезобетонный стержень (рис. 2.358). Переход к необходимому типу сечения осуществляется щелчком мыши по выбранному элементу списка.

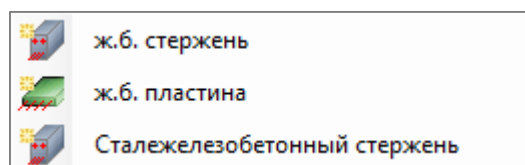



Рис. 2.358. Список железобетонных элементов

- **Стальные элементы** (кнопка  **Стальные элементы** ▾). Переход к необходимому типу стального элемента осуществляется щелчком мыши по выбранному элементу списка. В списке **Стальные элементы** приведены топологии: двутавров, швеллеров, уголков, коробок,

несимметричных двутавров/тавров, труб, канатов, полосы и сквозных двухветвевых сечений (рис. 2.359).

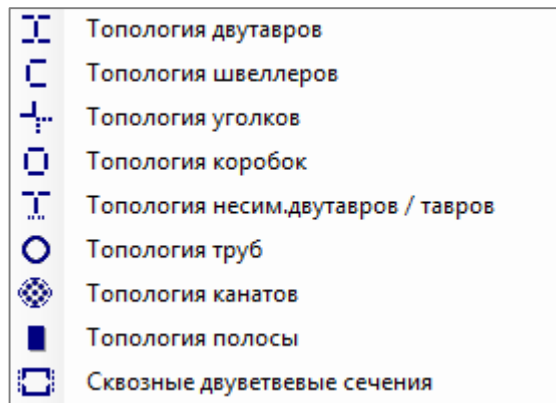


Рис. 2.359. Список стальных элементов

Для импорта параметров конструирования из файла воспользуйтесь горизонтальной кнопкой **Импорт параметров** (кнопка Импорт параметров в редакторе параметров конструирования). После нажатия на кнопку появится диалоговое окно, где необходимо указать путь к файлу проекта (\*.fer), из которого вы хотите импортировать параметры конструирования.

## 2.17 АНАЛИЗ И КОНТРОЛЬ ЗАДАНЫХ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

### Измерение геометрических размеров

Для вызова данного режима воспользуйтесь командой меню **Анализ** ⇨ **Измерение** или кнопкой на панели инструментов.

Этот режим состоит из двух вкладок. Вкладка **Измерение длин отрезков** служит для измерения расстояний между точками в пространстве (рис. 2.360). Для этого нужно щелкнуть мышью по этим двум узлам или точкам сети построения, после чего их параметры (номера и координаты) появятся в таблице **Выбранные точки**, а ниже в соответствующих полях будут показаны вычисленные значения длины **L**, а также длины проекции отрезка на оси координат: **L<sub>x</sub>**, **L<sub>y</sub>**, **L<sub>z</sub>**. Для управления списком отрезков предусмотрены кнопки **Удалить текущий отрезок из списка** и **Очистить список отрезков**.

Вычислить параметры контуров можно при помощи инструментов вкладки **Измерения контуров** (рис. 2.361). Для этого нужно щелкнуть мышью по трем узлам контура (вершинам требуемой плоской фигуры) в соответствующем порядке, после чего их параметры (номера и координаты узлов) появятся в таблице **Выбранные точки**, а ниже в соответствующих полях будут показаны вычисленные значения **L** (длина контура), **S** (площадь плоской фигуры), **α** (угол), **L<sub>x</sub>**, **L<sub>y</sub>**, **L<sub>z</sub>** (длина проекции контура на плоскости). Для управления списком контуров предусмотрены кнопки **Удалить текущий контур из списка** и **Очистить список контуров**.

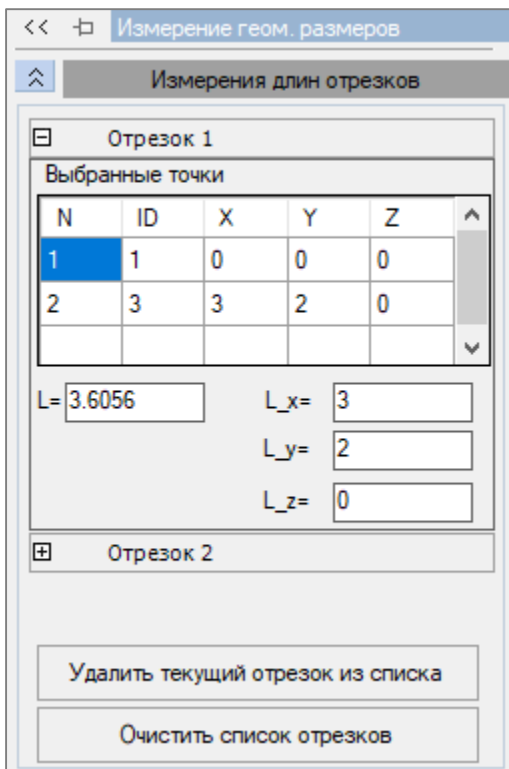


Рис. 2.360. Измерение длин отрезков

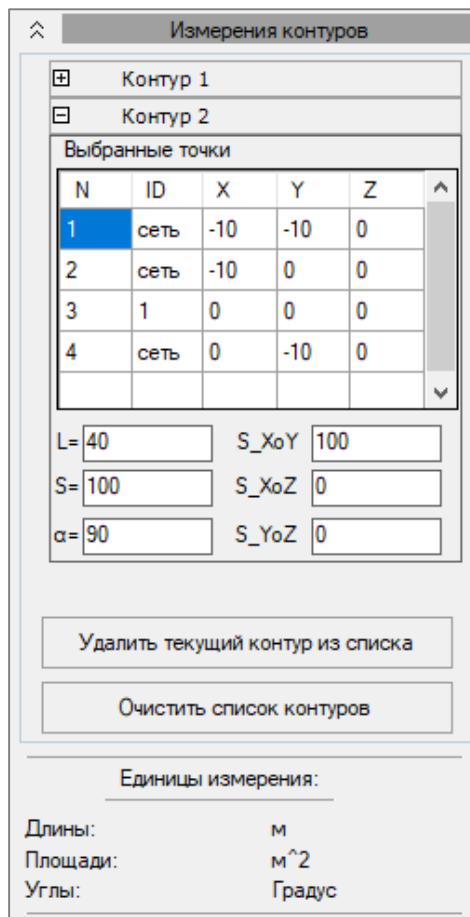



Рис. 2.361. Измерение контуров

### Анализ геометрии

Для вызова данного режима воспользуйтесь командой меню **Анализ** ⇨ **Анализ геометрии** или кнопкой  на панели инструментов.

Анализ геометрии отображается в виде гистограммы с координатами по одной из выбранных осей или характеристиками элементов. Установка флажка **Отображать значения на схеме** позволяет отобразить все эти значения на схеме.

Панель активного режима **Анализ геометрии** (рис. 2.362) содержит такие вкладки:

- **Координаты**
- **Элементы**

На вкладке **Координаты** нужно выбрать один из переключателей:

- **Координаты узлов**
- **Координаты центров элементов**

и одну из осей для построения гистограммы — ось X, ось Y, ось Z.

Вкладка **Элементы** содержит следующие характеристики элементов:


- Критерий геометрического качества (для пластин);
- Минимальный угол (для пластин);
- Отношение длин сторон min/max (для пластин);
- Площадь (для пластин);
- Длина (для стержней).

При необходимости учета жестких вставок в анализе необходимо установить флажок **Учитывать жесткие вставки**.



Также панель активного режима содержит таблицу с суммарными геометрическими характеристиками элементов расчетной схемы, где приводится информация о длине, площади и объеме как всех элементов схемы, так и выделенных элементов.

### Анализ нагрузок

Для вызова данного режима воспользуйтесь командой меню **Анализ** ⇒ **Анализ нагрузок** или кнопкой  на панели инструментов.

Панель активного режима **Анализ нагрузок** (рис. 2.363) состоит из трех вкладок:

- **Нагрузки;**
- **Суммирование нагрузок;**
- **Массы и жесткости по этажам** (доступно в **Результатах расчета**).

Для анализа нагрузок на узлы/элементы/схемы применяются гистограммы. Установка флажка **Отображать значения на схеме** позволяет отобразить все эти значения на схеме.

С помощью переключателей нужно выбрать, какой тип нагрузок будет показан на гистограмме:

- **На узлы**
- **На стержни**
- **На пластины**
- **На объемные КЭ**

Путем выбора соответствующих переключателей задаются направления, по которым будут отображены нагрузки на гистограмме:

- **$R_x$**  (сила в направлении оси X);
- **$R_y$**  (сила в направлении оси Y);
- **$R_z$**  (сила в направлении оси Z);
- **$M_x$**  (момент вокруг оси X);
- **$M_y$**  (момент вокруг оси Y);
- **$M_z$**  (момент вокруг оси Z).

Также, при отмеченном флажке **Локальная** (для узлов и стержней) или **Согласованная** (для пластин и объемников), будут использоваться данные оси для построения гистограммы, в отличие от глобальных осей по умолчанию.

Вкладка **Суммирование нагрузок** (рис. 2.364) позволяет получить информацию о суммарных нагрузках на расчетную схему, а также положение центров сил, масс и другую информацию о расчетной схеме. С помощью переключателей необходимо выбрать тип характеристики, которая будет суммироваться:

- **Нагрузки;**
- **Инерционные силы;**
- **Узловые реакции;**
- **Узловые массы;**
- **Плотность.**

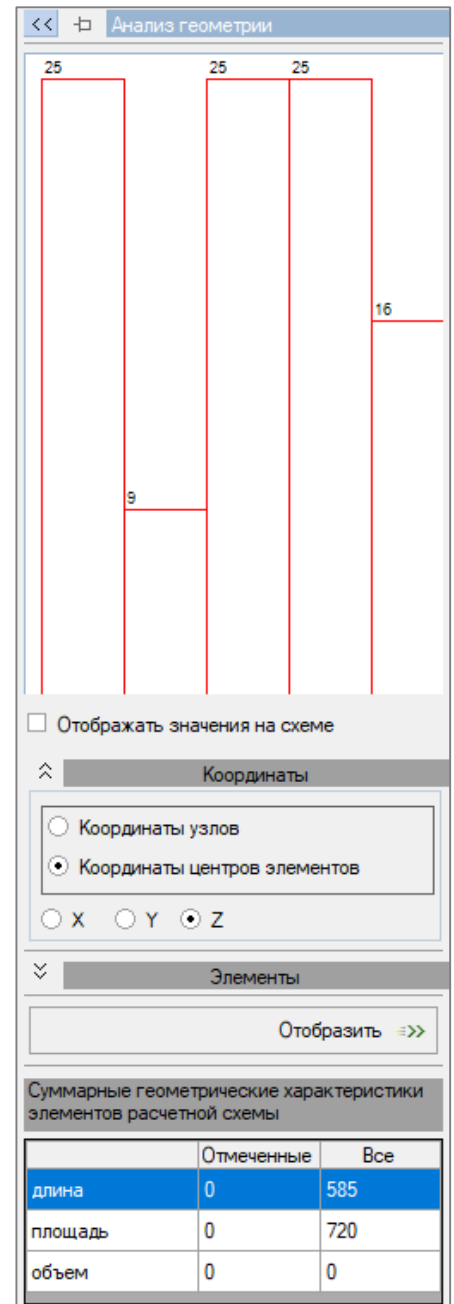


Рис. 2.362. Анализ геометрии

При этом переключатели **Нагрузки** и **Плотность** активны всегда, а оставшиеся параметры станут активными, при переходе в соответствующий режим. Например, переключатель **Инерционные силы** будет активен в режиме просмотра результатов по инерционным силам для динамического нагружения.


При выбранном переключателе **Все** в расчете будут участвовать все нагрузки данного нагружения, а при выбранном переключателе **Выбранные** — нагрузки на выделенные элементы.

Также с помощью флажков можно отобразить на схеме положение в пространстве центров сил и центра жесткости системы.

Дополнительно можно отмечать флажками элементы отдельных типов и проводить анализ только для отмеченных типов элементов.

Вкладка **Массы и жесткости по этажам** (рис. 2.365) доступна в режиме **Результаты расчета** при просмотре результатов по динамическим нагружениям. Для того чтобы получить анализ по этажам, необходимо предварительно задать этажи с помощью команды меню **Группы элементов**. В результате анализа будут выведены координаты центров тяжести и жесткости, а также эксцентриситет между центром тяжести и центром жесткости этажа.

### Анализ модели

Для вызова данного режима воспользуйтесь командой меню **Анализ** ⇨ **Анализ модели** или кнопкой  на панели инструментов.

Панель активного режима **Анализ нагрузок** (рис. 2.363) состоит из шести вкладок:

- **Упругое основание;**
- **Сечения;**
- **Материалы;**
- **Жесткость свай и пружин;**
- **Связность модели;**
- **Совпадающие узлы и элементы.**

Вкладка **Упругое основание** позволяет визуализировать как заданные характеристики упругого основания, так и характеристики, вычисленные в **Редакторе Грунта**. Среди них:

- Коэффициенты постели  $C1z$ ,  $C2z$ ,  $C1y$ ,  $C2y$ ;
- Ширина опирания  $Wz$  и  $Wy$ ;
- Нагрузка  $Pz$  для стержней, пластин и свай;
- Усредненный модуль деформации;
- Усредненный коэффициент Пуассона;
- Глубина сжимающей толщи;
- Осадка;
- Относительная разность осадок.

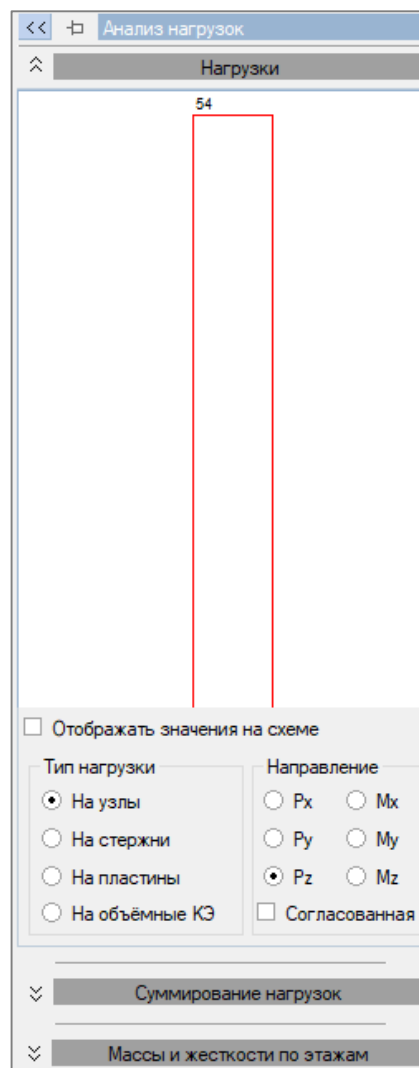


Рис. 2.363. Анализ нагрузок

Вкладка **Сечения** позволяет визуализировать следующие геометрические характеристики сечений:

- Толщина пластин  $H$ ;
- Площадь сечения  $A$ ;
- Момент инерции  $I_y$ ;
- Момент инерции  $I_z$ ;
- Момент инерции  $I_x$ .

Вкладка **Материалы** позволяет визуализировать следующие характеристики:

- Модуль упругости;
- Коэффициент Пуассона;
- Объемный вес;
- Коэффициент температурного расширения.

Вкладка **Жесткость свай и пружин** позволяет визуализировать как заданные характеристики свай/пружины в **Редакторе Сечений**, так и характеристики, вычисленные в **Редакторе Грунта**. Среди них:


- Жесткость свай и пружин  $R_x$ ,  $R_y$ ,  $R_z$ ,  $R_{ux}$ ,  $R_{uy}$  и  $R_{uz}$ ;
- Глубина  $h_d$ ;
- Несущая способность сваи  $F_d$  и  $F_{du}$ .

Также в режиме **Результаты расчета** несущую способность  $F_d$  и  $F_{du}$  можно визуализировать по загрузкам, РСН и НСН, выбрав соответствующий параметр из раскрывающегося списка.

Вкладка **Связность модели** позволяет контролировать целостность модели. На данной вкладке формируется список разрозненных фрагментов модели. С помощью кнопки **Посчитать количество разрозненных фрагментов** проверяется целостность модели. После чего на экран выводится сообщение о количестве разрозненных фрагментов. Проверку можно производить с учетом жестких тел и объединений перемещений. Для этого нужно установить соответствующие флажки.

Вкладка **Совпадающие узлы и элементы** позволяет производить поиск узлов и элементов с совпадающими координатами. Координаты узлов или координаты узлов элементов могут совпадать с погрешностью, которая задается в соответствующем поле ввода. Для поиска совпадающих узлов нужно нажать кнопку **Поиск совпадающих узлов**, после чего будет сформирован список совпадающих узлов, и они будут отмечены на схеме. Такая же процедура и для поиска совпадающих элементов. Для этого нужно нажать кнопку **Поиск совпадающих элементов**.

### Контроль расчетной схемы модели

Для вызова данного режима воспользуйтесь командой меню **Анализ** ⇒ **Контроль схемы** или кнопкой  на панели инструментов.

Суммирование нагрузок

Все       Нагрузки  
 Выбранные       Инерционные силы  
 Узловые реакции  
 Узловые массы  
 Плотность

Вычислить

Суммарные значения нагрузок

	P	M
X	0	0
Y	40	0
Z	594	0

Узлы       Пластины  
 Стержни       Объемные

Координаты центров сил

	Cx	Cy	Cz
Px	0	0	0
Py	6	6	12.5
Pz	6	6	14.621

Опрокидывающие моменты

	Координаты	Моменты
X	0	3064
Y	0	-3564
Z	0	240

Моменты инерции масс

Использовать массы вдоль оси

X       Y       Z

В глобальных центральных осях

	Ixx	Iyy	Izz
	Ixy	Ixz	Iyz






В главных осях

	Ix1	Iy1	Iz1
	θ	ψ	φ

Координата центра пространственной жесткости

x	y	z	F1
6	6	14.621	0

Отображение на схеме

 точка центра сил по X  
  точка центра сил по Y  
  точка центра сил по Z  
  вспомогательная точка  
  точка центра жесткости

Координаты: м  
 Силы: тс  
 Моменты: тс\*м

Рис. 2.364. Суммирование нагрузок

Панель активного режима **Контроль схемы** предназначена для выполнения контроля расчетной схемы в процессе создания расчетной модели. Операция контроля доступна как в режиме подготовки исходных данных, так и в режиме результатов расчета. Использование панели в режиме исходных данных позволит найти и исправить формальные ошибки до того, как они будут обнаружены системой контроля процессора.

С каждым заданным элементом связана система проверки правильности данных.

Панель активного режима **Контроль расчетной схемы** (рис. 2.367) состоит из 3 раскрывающихся списков:

- **Геометрия;**
- **Нагрузки и массы;**
- **Свойства.**

Вкладка **Геометрия** позволяет анализировать маркеры с наименованием проверяемых характеристик геометрии:

- **Наличие узлов и элементов** — общее количество узлов/элементов/архитектурных элементов в схеме.
- **Соответствие координат признаку схемы** — соответствие координат **Типу создаваемой задачи.**
- **Корректность геометрии элементов** — для стержневых/плитных/объемных/архитектурных элементов идет проверка корректности их геометрии.
- **Направление оси Z1 для плит** — для элементов плит проверяется направление оси Z1 (правильным считается направление в верхнее полупространство).
- **Висячие узлы** — наличие висячих узлов.
- **Совпадающие узлы** — наличие совпадающих узлов.
- **Совпадающие элементы** — наличие совпадающих элементов.

Вкладка **Нагрузки и массы** позволяет активизировать маркеры с наименованием проверяемых приложенных нагрузок и масс:

- **Наличие нагрузок** — наличие загружений/нагрузок в модели.
- **Соответствие нагрузок признаку схемы** — соответствие нагрузок **Типу создаваемой задачи.**
- **Соответствие нагрузок загрузениям** — соответствие нагрузок заданным загрузениям.
- **Корректность нагрузок на элементы** — корректность численного задания нагрузок на элементы.
- **Соответствие нагрузок типу элемента** — соответствие нагрузок применяемым в схеме типам конечных элементов.
- **Наличие масс в динамическом загрузении** — проверяется наличие масс в динамических загрузениях.
- **Корректность загрузений** — проверяется корректность задания исходной информации по загрузениям.

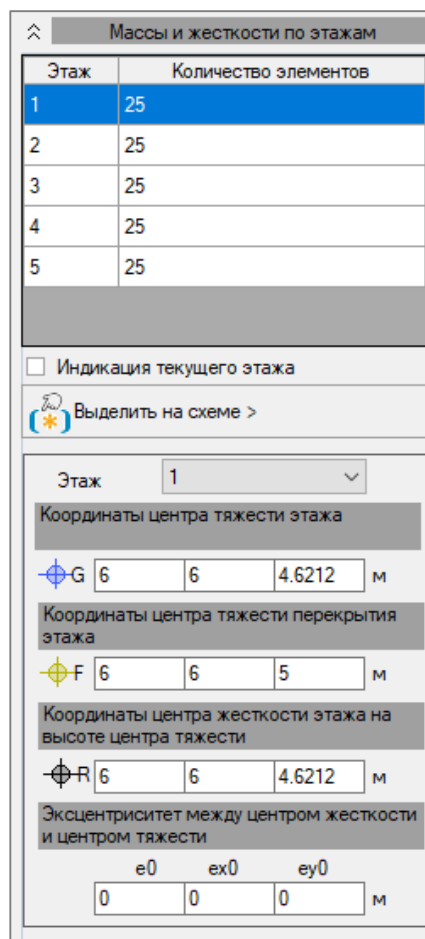


Рис. 2.365. Массы и жесткости по этажам

- **Наличие совпадающих нагрузок в узлах** — проверяется наличие идентичных нагрузок в одном и том же узле.
- **Наличие совпадающих нагрузок в элементах** — проверяется наличие идентичных нагрузок, приложенных к одному и тому же элементу.
- **Наличие совпадающих нагрузок на модель** — проверяется наличие идентичных нагрузок, приложенных к модели.

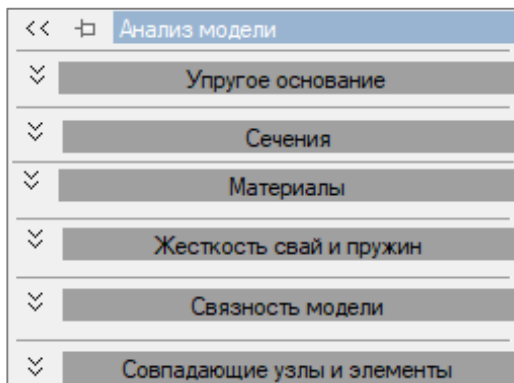


Рис. 2.366. Анализ модели

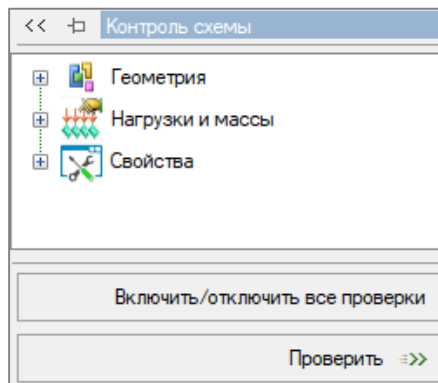


Рис. 2.367. Контроль схемы

Вкладка **Свойства** позволяет активизировать маркеры с наименованием проверяемых свойств:

- **Соответствие типа элемента типу задачи** — соответствие заданного элемента **Типу создаваемой задачи**.
- **Соответствие сечения типу элемента** — соответствие **Сечения** элемента типу конечного элемента.
- **Соответствие материала типу элемента** — соответствие **Материала** элемента типу конечного элемента.
- **Соответствие материала сечению** — соответствие **Материала** элемента его **Сечению**.
- **Соответствие конструирования материалу и сечению** — соответствие **Параметров конструирования** элемента его **Материалу** и **Сечению**.
- **Корректность объединений перемещений** — **Объединение перемещений** задано некорректно, если обнаружены пустые (без узлов) группы либо в одной или нескольких группах не заданы направления связи.
- **Корректность жестких тел** — **Абсолютно твердое тело** задано некорректно, если в узлах (кроме ведущего) заданы связи, перемещения/повороты, объединение перемещений, локальные оси.
- **Корректность конструктивных элементов** — проверяется наличие пустых групп, элементы, входящие в группу конструктивных элементов, должны быть описаны одной строкой в параметрах: **Материалы**, **Сечения**, **Конструирование**, должны иметь один тип КЭ, совпадение локальных осей.
- **Корректность конденсаторных масс** — проверяется задание элементов, а также задание в одном элементе повторных масс.
- **Корректность групп продавливания** — проверяется наличие сечений, несовпадение **Материалов/Сечений/Конструирования**, наличия упругого основания, несовпадения количества **Расчетных сечений**, граничных условий в задании **Конструктивных элементов**, совпадение местных осей стержневых элементов, входящих в группу продавливания.
- **Корректность групп унификации** — то же.
- **Корректность сечений** — корректность численного описания.
- **Корректность материалов** — то же.

- **Корректность параметров конструирования** — то же.
- **Совпадающие сечения** — повторное задание строк в **Сечениях**.
- **Совпадающие материалы** — повторное задание строк в **Материалах**.
- **Совпадающие параметры конструирования** — повторное задание строк в **Конструировании**.
- **Жесткость элемента** — корректность численного задания.

Для удобства существует кнопка **Включить/отключить все проверки**, которая позволяет автоматически выбрать все доступные маркеры проверки.


После нажатия кнопки **Проверить** выполняется контроль выбранных характеристик.

По результатам контроля на экран выводится **ПРОТОКОЛ проверки расчетной схемы**.



В случае обнаружения некорректных данных в протоколе проверки расчетной схемы приводится список обнаруженных ошибок и предупреждений:

- ✘ — строка/строки сообщений об ошибках;
- ! — строка/строки сообщений о предупреждениях.

### Строительные оси и отметки

Для вызова данного режима воспользуйтесь командой меню **Анализ** ⇒ **Строительные оси и отметки** или кнопкой  на панели инструментов. Появится панель активного режима, содержащая две вкладки: **Оси** и **Отметки**.

Вкладка **Оси** имеет вид, представленный на рис. 2.368 и дает возможность построения прямоугольной или полярной сети. В полях ввода области **Привязка** можно вручную задавать значения координат по осям X и Y, но также можно воспользоваться контекстным меню, выбрав узел и нажав правую кнопку мыши. В поле **Угол** можно задавать угол поворота осей (по часовой стрелке). В поле **Продление осей** задаются значения длины осей. В области **Маркировка и интервалы** задаются возможные варианты буквенных и численных маркировок и интервалы между осями.

С помощью кнопок  и  можно добавлять и удалять несколько сеток осей.

Задав числовое значение в поле **Плоскость отображения осей**, можно поднять координатную сеть по оси Z. Или можно задать уровень сети при помощи мыши — выделить узел, нажать правую кнопку мыши и выбрать в контекстном меню команду **Установить координату Z плоскости отображения осей**.

При выборе полярных осей становится доступным поле ввода **Внутренний радиус**, где задается значение для построения осей по кривой.

На вкладке **Отметки** (рис. 2.369) задаются значения отметок с выбором выноса их влево или вправо.

В полях **Ось отображения отметок** можно производить корректировку положения отметок относительно схемы. Установка отметок допускается только на проекциях XoZ и YoZ.

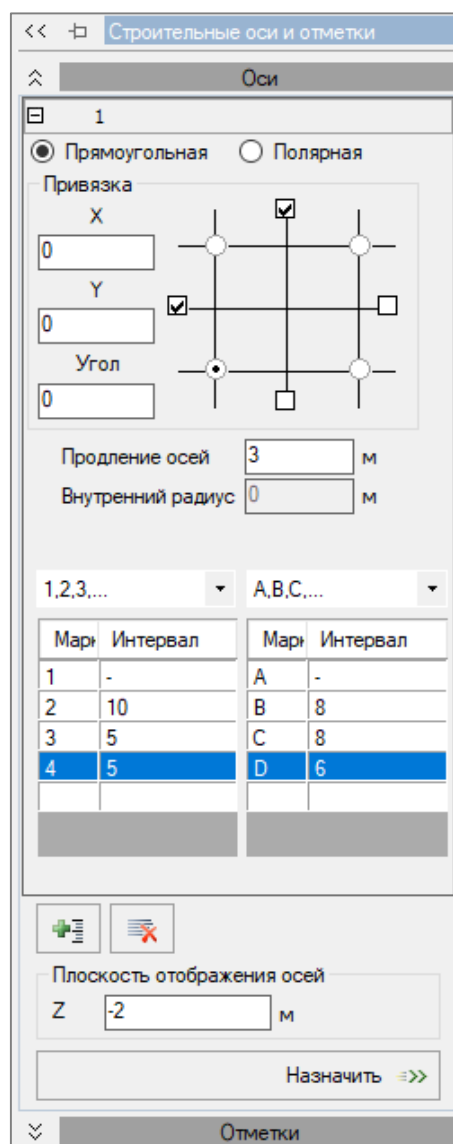


Рис. 2.368. Строительные оси

<< - Строительные оси и отметки

Оси

Отметки

#	Строительные метки
1	0
2	1
3	2
4	8

Выноска вправо

Выноска влево

Ось отображения отметок

X  м

Y  м

Назначить =>>

Рис. 2.369. Отметки