

**Руководство пользователя
ПК ЛИРА 10.8 - Быстрый старт**



Оглавление

Введение	3
1. Типы решаемых задач	7
2. Основные элементы пользовательского интерфейса	11
3. Пример. Расчет пространственного каркаса	15
3.1 Постановка задачи	15
3.2 Создание задачи.....	16
3.3 Создание геометрической схемы.....	17
3.4 Задание сечений.....	36
3.5 Задание материала	38
3.6 Назначение сечений и материалов элементам расчетной схемы	38
3.7 Задание параметров упругого основания	40
3.8 Задание граничных условий	40
3.9 Формирование загружений	41
3.10 Назначение нагрузок	43
3.11 Статический расчет	47
3.12 Просмотр и анализ результатов расчета	48
3.12 Подбор арматуры, подбор сечений элементов металлопроката	51
3.14 Формирование отчета	59
Литература	60

Введение

«Программный комплекс **«ЛИРА 10.8»** для компьютеров на базе архитектур x86 и x64 состоит из системы функциональных программных модулей, связанных между собой единой информационной средой:

1. Расчетно-графическая среда, включает:
 - графическая среда пользователя,
 - расчетный процессор линейный (статический и динамический анализы),
 - вычисление расчетных сочетаний усилий,
 - вычисление расчетных сочетаний нагрузений,
 - вычисление нагрузок на фрагмент конструкции,
 - вычисление главных и эквивалентных напряжений,
 - конструктор пользовательских сечений;
2. Устойчивость (определение коэффициентов запаса и форм потери устойчивости);
3. Конструирующая система железобетонных конструкций;
4. Конструирующая система стальных конструкций;
5. Физическая нелинейность;
6. Геометрическая нелинейность;
7. Модуль «Монтаж» (моделирование работы сооружения в процессе возведения при многократном изменении расчетной схемы);
8. Модуль «Динамика +» (реализация метода прямого интегрирования уравнений движения по времени, для решения линейных и нелинейных задач на динамические воздействия);
9. Модуль «Грунт»;
10. Модуль «Мост»;
11. Модуль «Pushover Analysis»;
12. Расчет на продавливание;
13. Модуль определения упруго-геометрических характеристик поперечных сечений стержней;
14. Задача расчета температурного поля.
15. Задача моделирования фильтрации в насыщенном влагой грунте.

Препроцессор (задание и корректировка исходных данных)

Реализованный в препроцессоре подход сбора расчетной схемы из фрагментов, позволяет довольно быстро создать расчетную схему, даже сложной конструкции, при этом в качестве фрагментов могут выступать ранее созданные и сохраненные в файл расчетные схемы. Использование сеток, строительных осей, точек «захвата» и огромный набор средств редактирования: копирование, перемещение, вращение, масштабирование, вставка фрагментов из различных прототипов конструкций и из довольно обширного списка форматов, дробление, пересечение – все это упрощает создание расчетной модели.

Препроцессор подготовки исходных данных включает семь редакторов:

- редактор начальной загрузки;
- редактор расчетной схемы;
- редактор сечений;
- редактор материалов;

- редактор загрузений;
- редактор параметров конструирования;
- редактор грунта;
- редактор видов.

Расчетный процессор (решение задач механики сплошной среды методом конечных элементов)

Реализованные в процессоре методы оптимизации позволяют существенно сократить время решения задач большой размерности. Процессор имеет развитую систему контроля входной информации и диагностики ошибок. Предусмотренные режимы расчета дают возможность решения задачи в целом, выполнения повторного расчета с измененными входными данными. Кроме того, достоинствами процессора являются высокая скорость расчета больших задач и практически полное отсутствие ограничений на их размерность.

Расчетный процессор обладает следующими возможностями:

- Решение линейных задач;
- Вычисление коэффициента запаса и форм потери устойчивости;
- Решение геометрически нелинейных задач;
- Решение физически нелинейных задач;
- Учет постадийности возведения/демонтажа расчетной схемы;
- Решение динамических задач методом прямого интегрирования уравнений движения по времени (для линейных, физически нелинейных и геометрически нелинейных задач).

Конструирующие системы (проектирование железобетонных и металлических конструкций)

Конструирующие системы позволяют проектировать металлические и железобетонные конструкции. Конструирующие системы могут работать как в режиме проверки заданных сечений, так и в режиме подбора минимально необходимого сечения для стальных элементов и минимально необходимой площади армирования для железобетонных элементов.

Результаты подбора конструирующих систем отображаются в виде таблиц, мозаик, изополей и эпюр. В нестандартных случаях для конкретного элемента можно получить протокол расчета в символьном и с подставленными значениями видах, что дает пользователям возможность проверять полученные результаты.

Постпроцессор (анализ результатов расчета и результатов подбора конструирующих систем)

Графический постпроцессор позволяет осуществить полный анализ результатов расчета, в том числе: отображения деформированных схем, мозаик, изолиний и изополей перемещений и напряжений, эпюр внутренних усилий, форм собственных колебаний, а также форм потери устойчивости, как для всей схемы, так и для любого ее фрагмента. Любое изображение или таблицу можно сохранить в графический файл, передать на принтер или в отчет. Результаты представляются одновременно в виде таблиц, графиков и картинок на экране.

Система документирования (документирование исходных данных, результатов расчета и результатов работы конструирующих систем)

Расчетная схема представляет собой идеализированную модель конструкции. Модель разбивается на конечные элементы. В результате такой разбивки появляются узлы. Элементы и узлы схемы нумеруются. В опорные узлы следует ввести соответствующие связи – запретить перемещения по каким-либо степеням свободы, либо ограничить перемещения узла конечными элементами, моделирующими работу связи. Нумерация узлов и элементов определяет последовательность задания исходной информации на входном языке и формирование файлов результатов счёта.

Одинаковые параметры материалов и их законов деформирования, а также параметры сечений элементов, жестких вставок, коэффициентов постели и т.п. объединяются в соответствующие типы по принципу неповторяемости.

В ПК ЛИРА 10.8 на уровне задания, обработки и анализа принимаются три системы координат:

- глобальная (или общая),
- местная,
- локальная.

Глобальная система координат XYZ – всегда правая декартова – служит для описания координат узлов всей схемы, для определения направления степеней свободы, идентификации перемещений узлов. Расчетная схема располагается всегда в этой системе координат.

Местная система координат X1 Y1 Z1 – всегда правая декартова – является атрибутом каждого конечного элемента. Общее правило ориентации местной системы координат для элементов с двумя и более узлами: ось X1 направлена от первого узла ко второму. Направление осей Y1 и Z1 определяется для стержней углом чистого вращения, а для плоскостных элементов – плоскостью элемента. Местная система координат служит для задания местной нагрузки, идентификации усилий и напряжений в элементе и ориентации арматуры. У одноузловых элементов местная система координат совпадает с глобальной.

Локальная система координат X2 Y2 Z2 – всегда правая декартова – является атрибутом каждого узла схемы. В общем случае локальная система координат совпадает с глобальной. Однако локальная система координат оказывается удобной при работе с цилиндрическими, сферическими схемами или при наложении связей и расчете на заданные перемещения по направлениям, не совпадающим с глобальной системой координат. При расчете цилиндрических или сферических конструкций удобно оперировать цифровыми значениями радиальных, меридиональных и широтных перемещений. При расчете на заданные перемещения или при наличии связей, не совпадающих с направлением глобальной системы координат, можно также применять локальную систему координат.

Местная система координат X1 Y1 Z1 служит для фиксации положения конечного элемента в схеме, а также для ориентации местной нагрузки, главных осей инерции в сечении стержня, усилий и напряжений, возникающих в элементе.

Для стержневых КЭ местная система координат имеет следующую ориентацию: ось X1 направлена от начала стержня (первый узел) к концу (второй узел). Оси Y1 и Z1 – это главные центральные оси инерции поперечного сечения стержня и вместе с осью X1 образуют правую тройку. При этом ось Z1 направлена всегда в верхнее полупространство, а ось Y1 параллельна плоскости XOY. Однако в общем случае этого недостаточно. Если одна из осей сечения стержня в реальной конструкции не параллельна плоскости XOY, то необходимо задавать угол чистого вращения – угол поворота главных осей инерции относительно положения, принятого по умолчанию (см. п. 18.4).

Для всех плоскостных КЭ ось X1 направлена от первого узла ко второму. Для прямоугольных элементов плиты и оболочки ось Y1 направлена от первого узла к

третьему. Для плосконапряженных элементов от первого узла к третьему направлена ось Z1. Для треугольных элементов плиты и оболочки ось Y1 ортогональна оси X1 и расположена в плоскости элемента. Для плосконапряженных треугольных элементов ось Z1 ортогональна оси X1 и расположена в плоскости элемента.

Для объёмных конечных элементов ось X1 направлена от первого узла ко второму, ось Y1 располагается в плоскости нижней грани и ортогональна оси X1. Оси X1 Y1 Z1 образуют правую тройку.

В общем случае каждый узел схемы имеет 6 степеней свободы: три линейных перемещения вдоль осей X или X2; Y или Y2; Z или Z2 и три поворота вокруг X или X2, Y или Y2, Z или Z2.

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 10.8 задействованы пять признаков схемы:

- **Признак 1** – схемы, располагаемые в плоскости XOZ; каждый узел имеет 2 степени свободы – линейные перемещения вдоль осей X, Z или X2, Z2. В этом признаке схемы рассчитываются плоские фермы и балки–стенки.
- **Признак 2** – схемы, располагаемые в плоскости XOZ; каждый узел имеет 3 степени свободы – линейные перемещения вдоль осей X, Z или X2, Z2 и поворот вокруг оси Y или Y2. В этом признаке схемы рассчитываются плоские рамы и допускается включение элементов ферм и балок–стенок.
- **Признак 3** – схемы, располагаемые в плоскости XOY; каждый узел имеет 3 степени свободы – линейное перемещение вдоль оси Z или Z2 и повороты вокруг осей X, Y или X2, Y2. В этом признаке рассчитываются балочные ростверки и плиты, допускается учет упругого основания.
- **Признак 4** – пространственные схемы, каждый узел которых имеет 3 степени свободы – линейные перемещения вдоль осей X, Y, Z или X2, Y2, Z2. В этом признаке рассчитываются пространственные фермы и объёмные тела.
- **Признак 5** – пространственные схемы общего вида с 6 степенями свободы в узле. В этом признаке схемы рассчитываются пространственные каркасы, оболочки и допускается включение объёмных тел, учет упругого основания и т.п.
- **Признак 7** – пространственные схемы общего вида с 7 степенями свободы в узле. В этом признаке схемы рассчитываются пространственные каркасы с использованием тонкостенного стержня (7), оболочки и допускается включение объёмных тел, учет упругого основания и т.п.

Граничные условия в расчетной схеме могут быть заданы непосредственно на узел, а также смоделированы при помощи связей конечной жесткости, которые позволяют определить реакции в опорных узлах. Чтобы избежать влияния жесткости связей на результат решения задачи, рекомендуется, чтобы величина жесткости вводимых связей была на порядок–два больше максимальной погонной жесткости присутствующей в схеме. Но в каждом отдельном случае нужна индивидуальная оценка.

Статистические воздействия задаются в виде сосредоточенных сил и моментов как в узлы схемы (узловая нагрузка) по направлениям осей глобальной и локальной систем координат, так и на элементы (местная нагрузка) по направлениям местной или глобальной систем координат. Допускается произвольная кусочно-линейная нагрузка между узлами расчетной схемы, а также нагрузка–штамп по произвольному плоскому контуру, соединяющему узлы расчетной схемы.



- Силовые нагрузки считаются положительными, если они действуют против соответствующих осей.
- Моментные нагрузки считаются положительными, когда они действуют по часовой стрелке, если смотреть с конца соответствующей оси.
- Заданные смещения считаются положительными, если они направлены вдоль соответствующих осей.
- Заданные повороты считаются положительными, когда они действуют против часовой стрелки, если смотреть с конца соответствующей оси.

Динамические воздействия задаются как узловые нагрузки, действующие вдоль осей глобальной или локальной системы координат. Веса масс сооружения задаются как собственный вес конструкций, оборудования и т. п. При этом допускается использование как местных, так и узловых нагрузок.

Действие одной нагрузки или группы нагрузок может быть объявлено как отдельное загрузение – статическое или динамическое. При наличии нескольких загрузений может быть произведен выбор наиболее опасных их сочетаний, которые формируют так называемые расчетные сочетания усилий (PCY), необходимые при конструировании элементов схемы.

Реализована возможность формирования весов масс для динамического воздействия непосредственно из какого-либо статического загрузения.

При создании расчетной схемы могут быть задействованы различные системы единиц измерения. Основными единицами являются единицы длины (L), силы (F), размеров сечений (s), температуры (t).

Единицы измерения прочих величин являются производными от основных.

Система документирования – помогает пользователю выполнить сквозное документирование всех этапов расчета. Система документирования создана как для анализа результатов расчета (для просмотра – таблицы с возможностью отметки и индикации на схеме, гистограммы и картинки фрагментов конструкции в высоком разрешении), так и для генерирования отчета, существующего вначале в виде содержания формируемого пользователем, а затем заполняемого табличными данными, картинками и текстом.

1. Типы решаемых задач

При запуске ПК ЛИРА 10.8 в редакторе начальной загрузки в параметрах проекта можно создать 13 типов задач:

- Линейная статическая задача с динамикой в виде разложения по собственным формам колебаний;
- Нелинейная статическая задача;
- Линейная монтажная задача;
- Нелинейная монтажная задача;
- Линейная задача с динамикой во времени;
- Нелинейная задача с динамикой во времени;
- Линейная монтажная задача с динамикой во времени;
- Нелинейная монтажная задача с динамикой во времени;

- Линейная задача с использованием системы «МОСТ»;
- Нелинейная задача с использованием системы «PUSHOVER»;
- Определение упруго-геометрических характеристик поперечных сечений стержней;
- Задача расчёта температурного поля;
- Задача моделирования фильтрации в насыщенном влагой грунте.

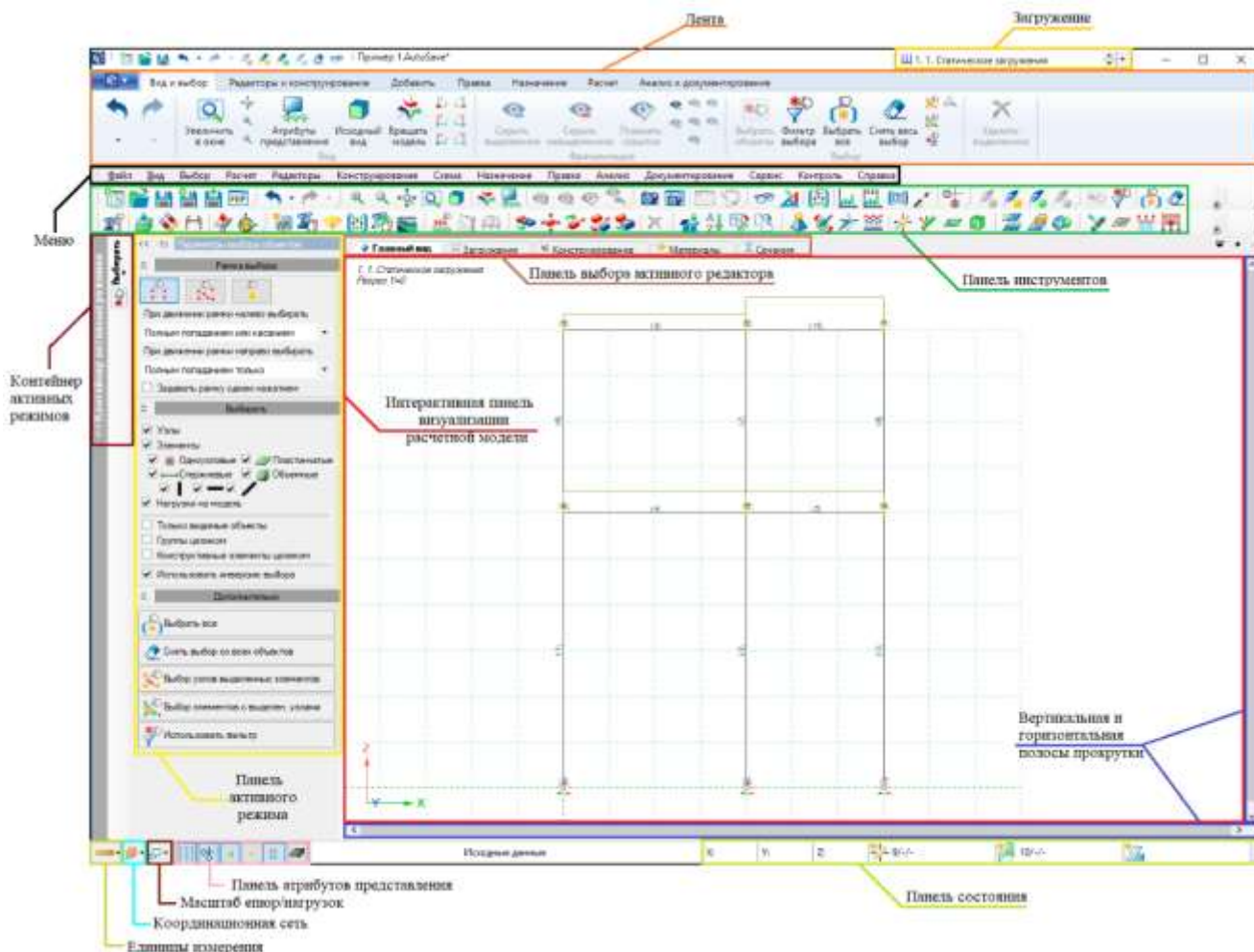
Следующая таблица дает представление о том, как получить тот или иной тип задачи.


Тип создаваемой задачи	Положения флажков
Линейная статическая задача с динамикой в виде разложения по собственным формам колебаний	<input type="checkbox"/> В задаче будут присутствовать нелинейные элементы <input type="checkbox"/> В задаче будет использоваться система « МОНТАЖ » <input type="checkbox"/> В задаче будет использоваться система « ДИНАМИКА + » <input type="checkbox"/> В задаче будет использоваться система « МОСТ » <input type="checkbox"/> В задаче будет использоваться система « PUSHOVER » <input type="checkbox"/> Определение упруго-геометрических характеристик композитного поперечного сечения стержня (система « СЕЧЕНИЕ ») <input type="checkbox"/> Задача расчета температурного поля (система « ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ ») <input type="checkbox"/> Задача моделирования фильтрации в насыщенном влагой грунте (система « ФИЛЬТРАЦИЯ »)
Нелинейная статическая задача	<input checked="" type="checkbox"/> В задаче будут присутствовать нелинейные элементы <input type="checkbox"/> В задаче будет использоваться система « МОНТАЖ » <input type="checkbox"/> В задаче будет использоваться система « ДИНАМИКА + » <input type="checkbox"/> В задаче будет использоваться система « МОСТ » <input type="checkbox"/> В задаче будет использоваться система « PUSHOVER » <input type="checkbox"/> Определение упруго-геометрических характеристик композитного поперечного сечения стержня (система « СЕЧЕНИЕ ») <input type="checkbox"/> Задача расчета температурного поля (система « ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ ») <input type="checkbox"/> Задача моделирования фильтрации в насыщенном влагой грунте (система « ФИЛЬТРАЦИЯ »)
Линейная монтажная задача	<input type="checkbox"/> В задаче будут присутствовать нелинейные элементы <input checked="" type="checkbox"/> В задаче будет использоваться система « МОНТАЖ » <input type="checkbox"/> В задаче будет использоваться система « ДИНАМИКА + » <input type="checkbox"/> В задаче будет использоваться система « МОСТ » <input type="checkbox"/> В задаче будет использоваться система « PUSHOVER » <input type="checkbox"/> Определение упруго-геометрических характеристик композитного поперечного сечения стержня (система « СЕЧЕНИЕ ») <input type="checkbox"/> Задача расчета температурного поля (система « ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ ») <input type="checkbox"/> Задача моделирования фильтрации в насыщенном влагой грунте (система « ФИЛЬТРАЦИЯ »)
Нелинейная монтажная задача	<input checked="" type="checkbox"/> В задаче будут присутствовать нелинейные элементы <input checked="" type="checkbox"/> В задаче будет использоваться система « МОНТАЖ » <input type="checkbox"/> В задаче будет использоваться система « ДИНАМИКА + » <input type="checkbox"/> В задаче будет использоваться система « МОСТ » <input type="checkbox"/> В задаче будет использоваться система « PUSHOVER » <input type="checkbox"/> Определение упруго-геометрических характеристик композитного поперечного сечения стержня (система « СЕЧЕНИЕ ») <input type="checkbox"/> Задача расчета температурного поля (система « ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ ») <input type="checkbox"/> Задача моделирования фильтрации в насыщенном влагой грунте (система « ФИЛЬТРАЦИЯ »)
Линейная задача с динамикой во времени	<input type="checkbox"/> В задаче будут присутствовать нелинейные элементы <input type="checkbox"/> В задаче будет использоваться система « МОНТАЖ » <input checked="" type="checkbox"/> В задаче будет использоваться система « ДИНАМИКА + » <input type="checkbox"/> В задаче будет использоваться система « МОСТ » <input type="checkbox"/> В задаче будет использоваться система « PUSHOVER » <input type="checkbox"/> Определение упруго-геометрических характеристик композитного поперечного сечения стержня (система « СЕЧЕНИЕ ») <input type="checkbox"/> Задача расчета температурного поля (система « ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ ») <input type="checkbox"/> Задача моделирования фильтрации в насыщенном влагой грунте (система « ФИЛЬТРАЦИЯ »)

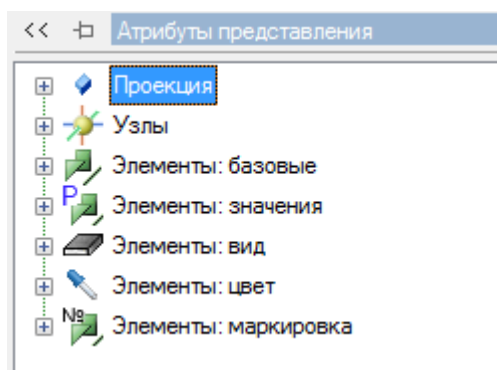
<p>Задача расчёта температурного поля</p>	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> В задаче будут присутствовать нелинейные элементы <input type="checkbox"/> В задаче будет использоваться система « МОНТАЖ » <input type="checkbox"/> В задаче будет использоваться система « ДИНАМИКА + » <input type="checkbox"/> В задаче будет использоваться система « МОСТ » <input type="checkbox"/> В задаче будет использоваться система « PUSHOVER » <input type="checkbox"/> Определение упруго-геометрических характеристик композитного поперечного сечения стержня (система « СЕЧЕНИЕ ») <input checked="" type="checkbox"/> Задача расчета температурного поля (система « ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ ») <input type="checkbox"/> Задача моделирования фильтрации в насыщенном влагой грунте (система « ФИЛЬТРАЦИЯ »)
<p>Задача моделирования фильтрации в насыщенном влагой грунте</p>	<ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> В задаче будут присутствовать нелинейные элементы <input type="checkbox"/> В задаче будет использоваться система « МОНТАЖ » <input type="checkbox"/> В задаче будет использоваться система « ДИНАМИКА + » <input type="checkbox"/> В задаче будет использоваться система « МОСТ » <input type="checkbox"/> В задаче будет использоваться система « PUSHOVER » <input type="checkbox"/> Определение упруго-геометрических характеристик композитного поперечного сечения стержня (система « СЕЧЕНИЕ ») <input type="checkbox"/> Задача расчета температурного поля (система « ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ ») <input checked="" type="checkbox"/> Задача моделирования фильтрации в насыщенном влагой грунте (система « ФИЛЬТРАЦИЯ »)

2. Основные элементы пользовательского интерфейса

Главное окно ПК ЛИРА 10.8 с основными элементами пользовательского интерфейса:

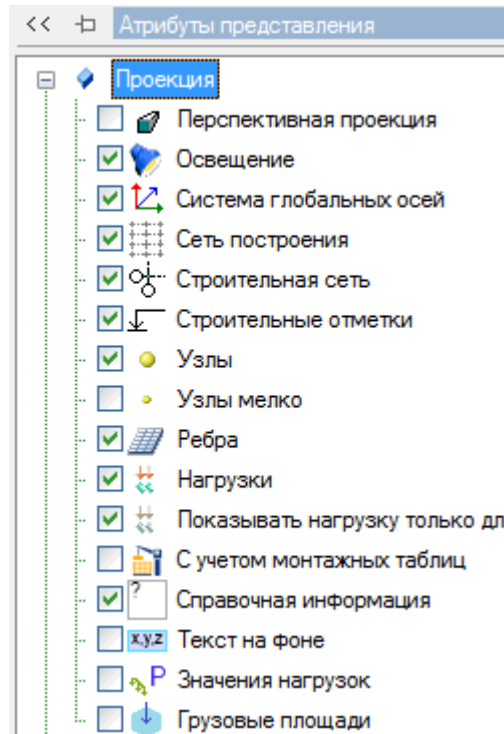


Атрибуты представления модели настраиваются по нажатию соответствующей кнопки  на панели инструментов (установка флагов детализации отображения схемы):

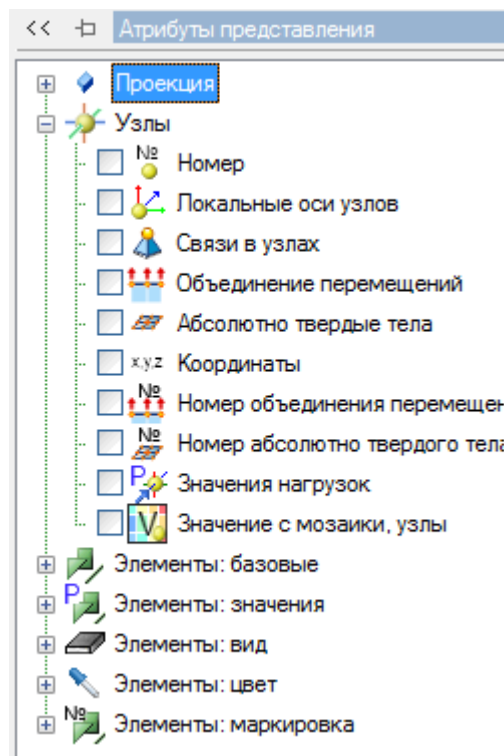


Все флаги отображения сгруппированы по их фактическому назначению в семь групп:

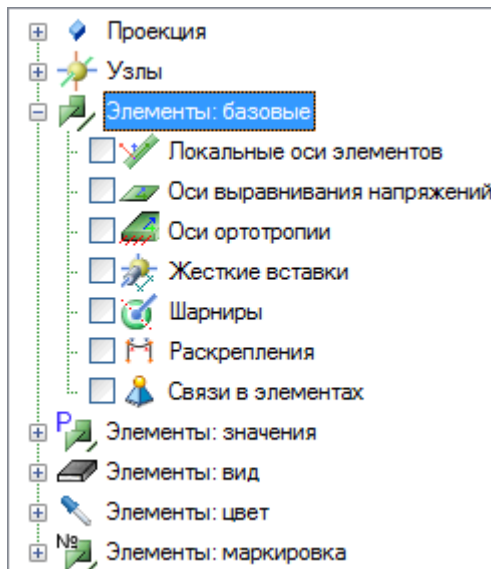
- Проекция (общие флаги отображения схемы):



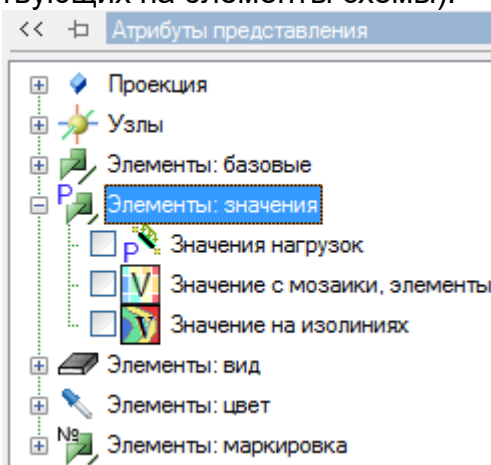
- Узлы (флаги действуют на отображение узлов схемы):



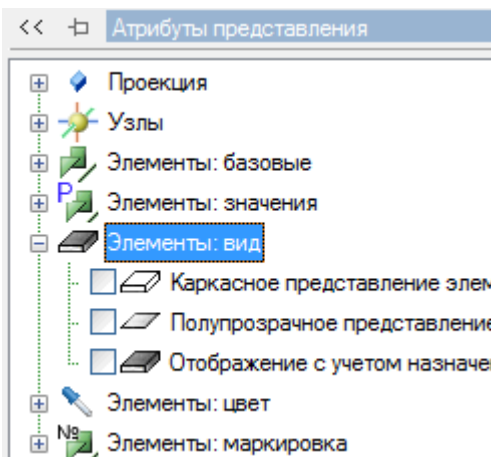
- Элементы: базовые (флаги действуют на отображение осей и граничных условий элементов схемы):



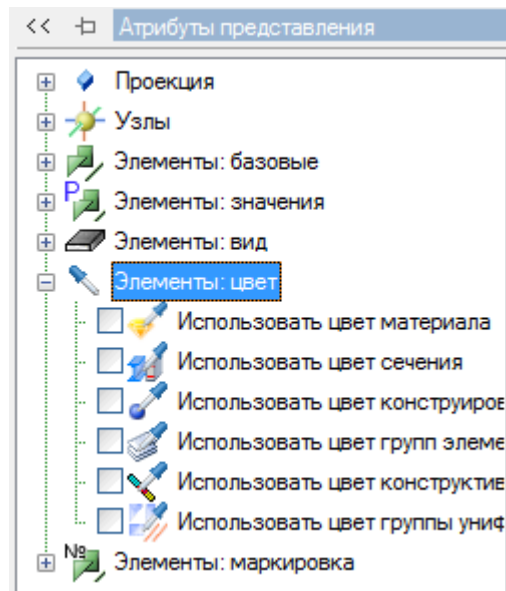
- Элементы: значения (флаги действуют на отображение значений эпюр внутренних усилий и нагрузок , действующих на элементы схемы):



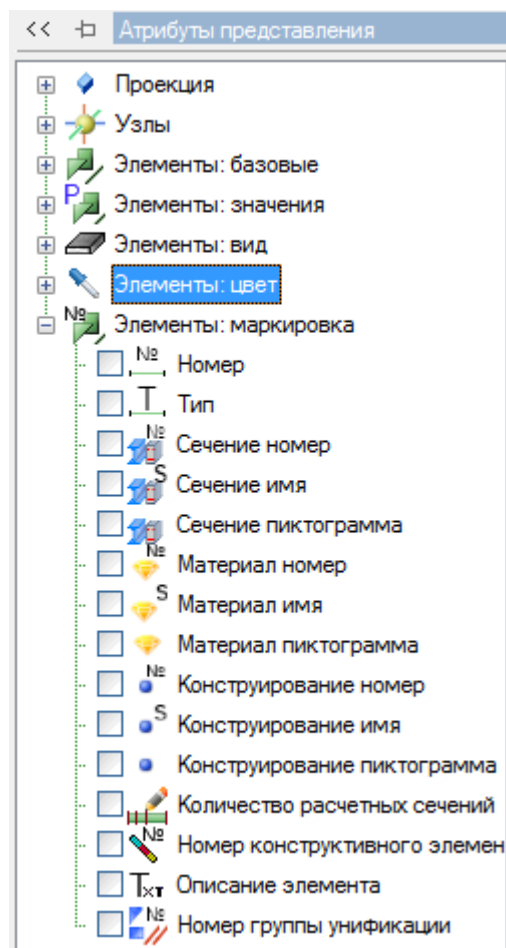
- Элементы: вид (флаги действуют на отображение различного представления элементов схемы):



- Элементы: цвет (флаги действуют на отображение цвета элементов схемы):



- Элементы: маркировка (флаги действуют на отображение маркировки элементов схемы):



3. Пример. Расчет пространственного каркаса

3.1 Постановка задачи

Цели и задачи:

- продемонстрировать принципы построения расчетной схемы;
- продемонстрировать процедуру задания упругого основания;
- показать технику задания нагрузок и сейсмического воздействия.

Исходные данные:

- Схема каркаса показана на рис. 4.1.
- Пространственный каркас с плитой фундаментной на упругом основании с коэффициентом постели $C1 = 1000$ тс/м².
- Материал рамы – сталь С245, материал плит и диафрагм - железобетон В30.
- Расчет производится для сетки 12 x 18.

Нагрузки:

- загрузка 1 – собственный вес железобетона;
- загрузка 2 – собственный вес металла;
- загрузка 3 – вес стационарного оборудования $g3=0,5$ тс/м;
- загрузка 4 – вес покрытия $g4 = 0.4$ тс/м на средние прогоны и $g4 = 0.2$ тс/м на крайние прогоны;
- загрузка 5 – снеговая нагрузка $g5 = 0.15$ тс/м на средние прогоны и $g5 = 0.075$ тс/м на крайние прогоны.

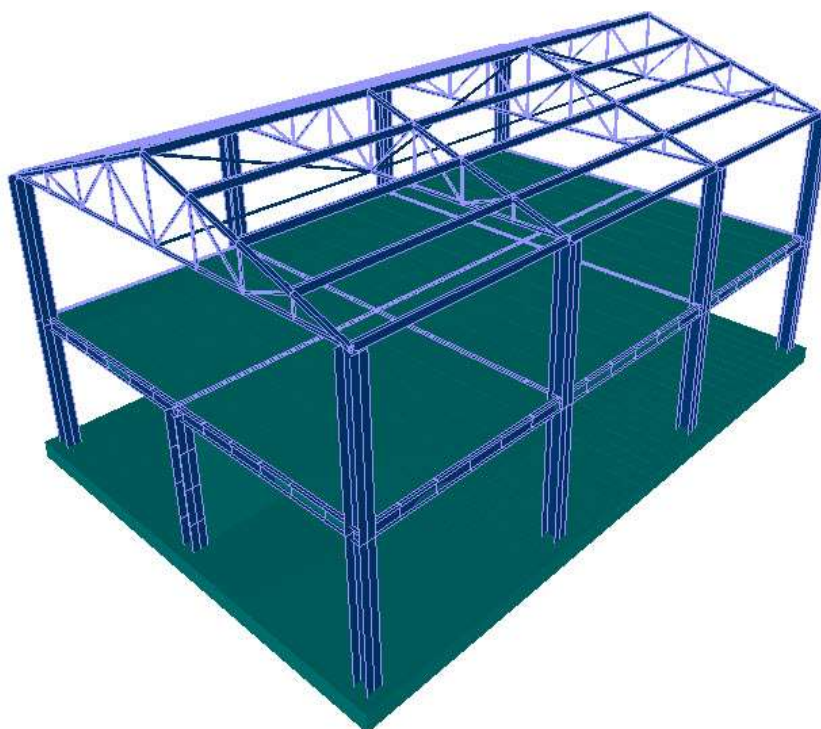


Рис. 3.1 Модель каркаса здания

Колонны – двутавр 40К1; балки – двутавр 30Б1; перекрытие – 200 мм;
Фундаментная плита – 500 мм; Диафрагма – 300 мм; нижний пояс фермы – коробка

100x100x7; верхний пояс фермы – коробка 70x70x5; Решетка фермы – коробка 40x40x4; прогон – швеллер 20П; связи – труба 76x5

Сечения элементов рамы:

- колонны – двутавр с параллельными гранями полок типа К (колонный), профиль 40К1;
- балки – двутавр с параллельными гранями полок типа Б (балочный), профиль 30Б1;
- плиты перекрытия – пластина, толщиной 200 мм;
- диафрагма – пластина, толщиной 300 мм;
- основание – пластина, толщиной 500 мм.

3.2 Создание задачи

После запуска ПК ЛИРА 10.8 открывается редактор начальной загрузки, который позволяет:

- Создать новый проект;
- Открыть недавно использовавшиеся проекты;
- Открыть или импортировать проекты, хранящиеся на компьютере;
- Выполнить пакетный расчет.

Для создания новой задачи:

- Активируйте закладку **«Создать новый проект»** в режиме начальной загрузки или выполните пункт меню **«Файл → Новый»** (кнопка на панели инструментов).
- Задайте следующие **«Параметры проекта»** (Рис. 3.2):
 - имя создаваемой задачи – **«Пример 1»**;
 - описание задачи – **«Расчет пространственного каркаса здания с фундаментной плитой на упругом основании»**;
 - признак схемы – **«Пространственная конструкция (X, Y, Z, UX, UY, UZ)»**;
- После этого щелкните по кнопке **«Создать»**.

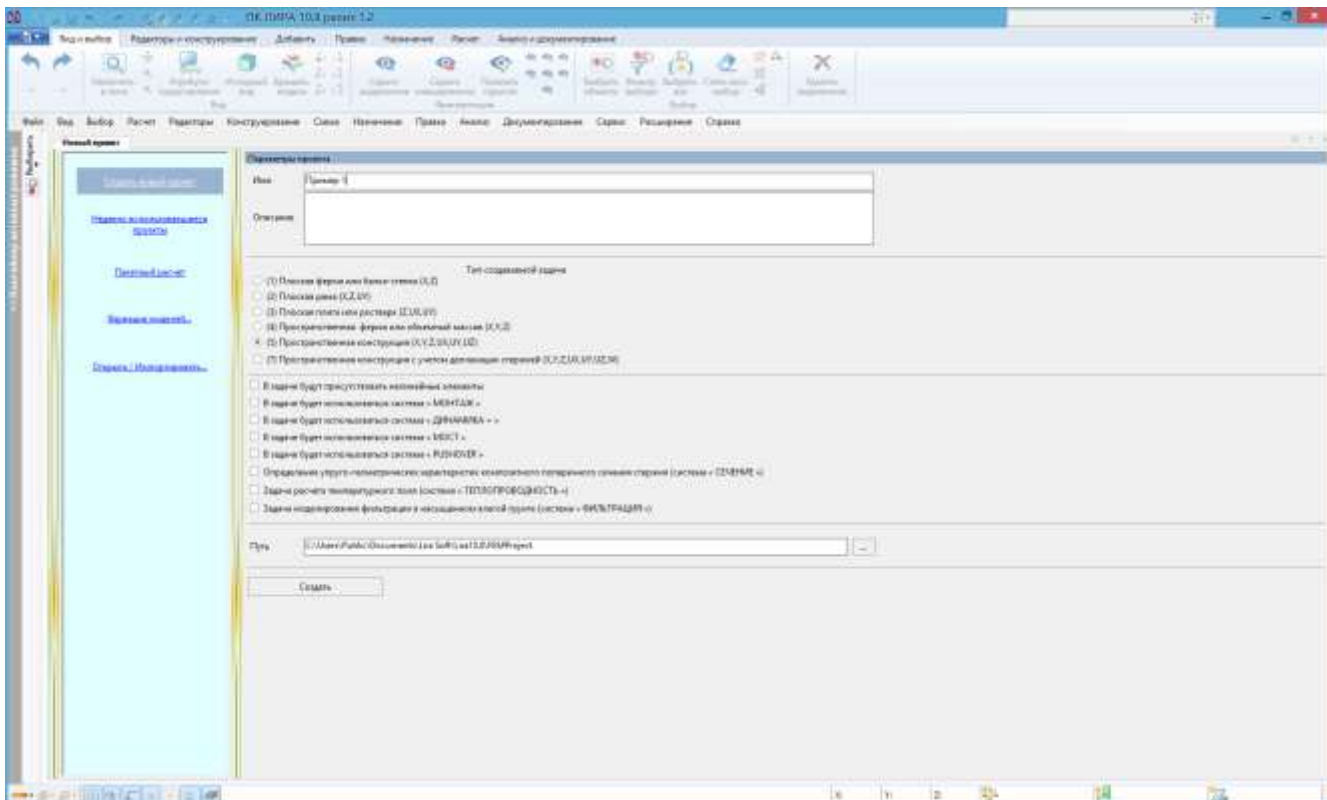




Рис. 3.2 Редактор начальной загрузки

 **Примечание:** путь к папке, в которую будет сохранена задача (по умолчанию папка FEMProject) выбирается из «Сервис □ Настройки среды □ Расположение □ Каталоги □ Рабочий».

3.3 Создание геометрической схемы

Создание рамы

- Войдите в режим «Добавить пространственную раму» с помощью меню «Схема ⇒ Добавить пространственную раму» (кнопка  на панели инструментов);
- В этом режиме задайте «Параметры шаблона» (Рис. 3.3);

Параметры по оси X:			Параметры по оси Y:			Параметры по оси Z:		
Шаг (м)	Повторов	N	Шаг (м)	Повторов	N	Шаг (м)	Повторов	N
12	1	12	6	3	6	4	1	1

- Установите флаг в строке «Генерировать плиты перекрытия» и измените при необходимости «Способ разбивки»;
- После этого щелкните по кнопке «Использовать фрагмент».

Добавить раму

Параметры шаблона

Параметры по оси X

#	Шаг, м	Повторов	N
▶ 1	12	1	12
* 2			

Параметры по оси Y

#	Шаг, м	Повторов	N
▶ 1	6	3	6
* 2			

Параметры по оси Z

#	Шаг, м	Повторов	N
... 1	4	1	1
* 2			1

Генерировать плиты перекрытия

Способ разбивки

Использовать архитектурные элементы

Использовать фрагмент

Привязка и расположение фрагмента


Параметры операции

Рис. 3.3 Параметры пространственной рамы

- Позиционируем фрагмент рамы одним из способов:

1) В окне «**Главного вида**».

После нажатия кнопки «**Использовать фрагмент**», в окне «**Главного вида**» наведите курсор к пересечению точечных линий на сети построений, на точку системы координат, к которой будет осуществлена привязка первого узла фрагмента рамы. После прорисовки фрагмента полупрозрачными линиями (рис. 4.4) и возникновении

значка , закрепите в этой точке фрагмент щелчком левой кнопки мыши.

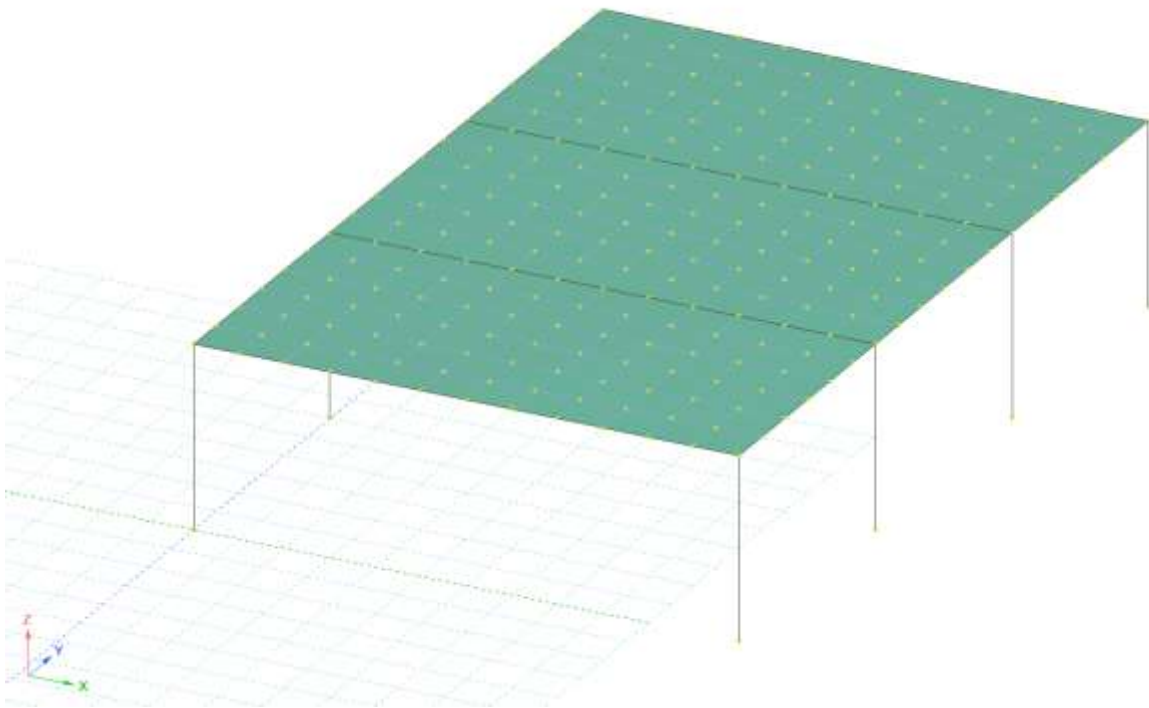


Рис. 3.4 Positionирование фрагмента рамы в окне «Главного вида»

2) В поле ввода «Привязка и расположение фрагмента» (Рис. 3.5).

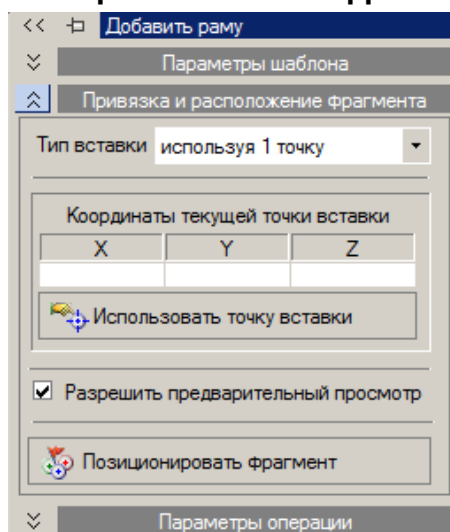
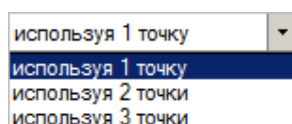


Рис. 3.5 Параметры привязки и расположение пространственной рамы


- Выберите «**Тип вставки**»:




- Задайте «**Координаты Текущей точки вставки**», например:

X	Y	Z
0	0	0

- Нажмите на кнопку «**Использовать точку вставки**».

- Если видна не вся расчетная схема выполните пункт меню «Вид \Rightarrow Вписать в окно» (кнопка  на панели инструментов).

Создание диафрагмы

- Войдите в режим «Добавить фрагмент плоской плиты» с помощью меню «Схема \Rightarrow Добавить фрагмент плоской плиты» (кнопка  на панели инструментов).
- Выберите «Плоскость построения» - «YoZ» и «Способ разбивки».
- Раскройте вкладку «Прямоугольный фрагмент» и задайте следующие параметры (Рис. 3.6):

Параметры по оси Z:			Параметры по оси Y:		
Шаг (м)	Повторов	N	Шаг (м)	Повторов	N
0.5	8	1	0.5	36	1

- После этого щелкните по кнопке «Использовать фрагмент»;

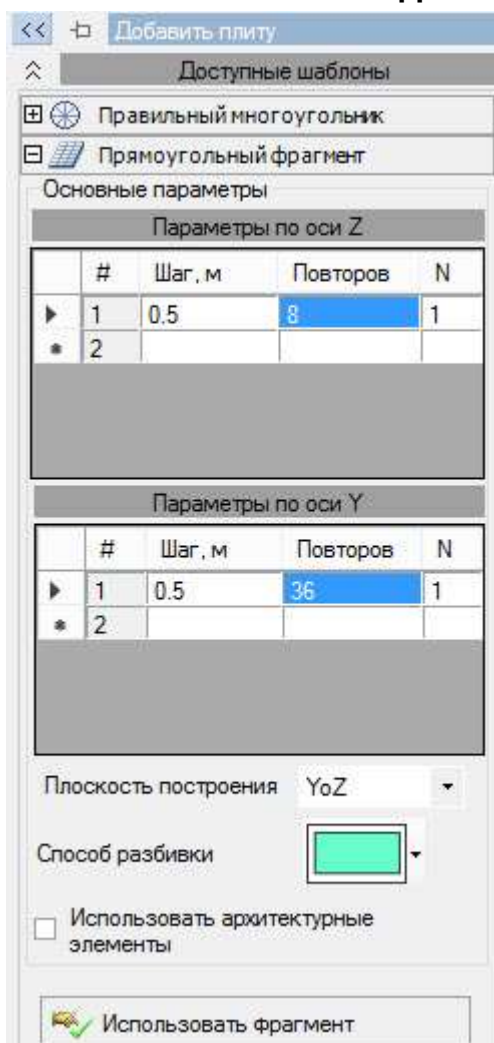


Рис. 3.6 Параметры плиты

- Позиционируйте фрагмент в окне «Главного вида» (Рис. 3.7);

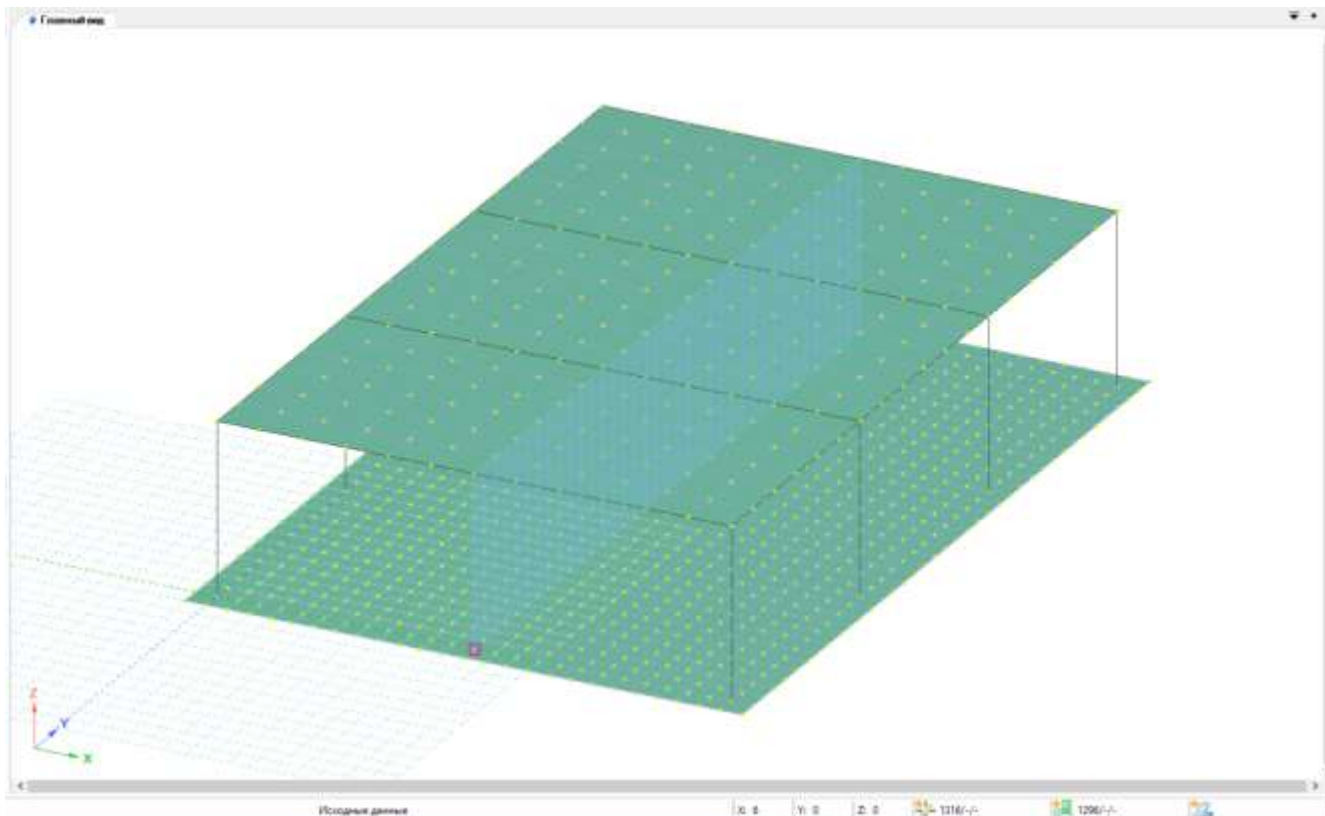


Рис. 3.7 Positionирование диафрагмы в окне «Главного вида»

- Нажмите правую кнопку мыши на панели визуализации расчетной схемы и выполните команду «**Проекция на ХоУ**» (Рис. 3.8);

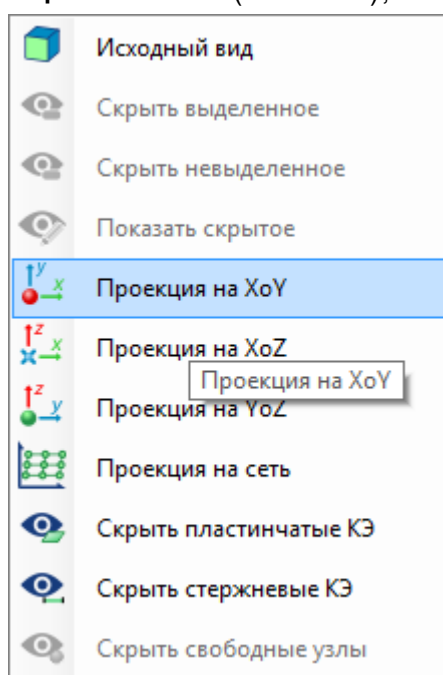



Рис. 3.8 Контекстное меню

- После выполнения пункта меню «**Выбор** \Rightarrow **Фильтр выбора**» (кнопка  на панели инструментов), перейдите на четвертую закладку «**Фильтр по геометрии КЭ**», включите флаг **по ориентации** и радио-кнопку «**||Z**» (Рис. 3.9);

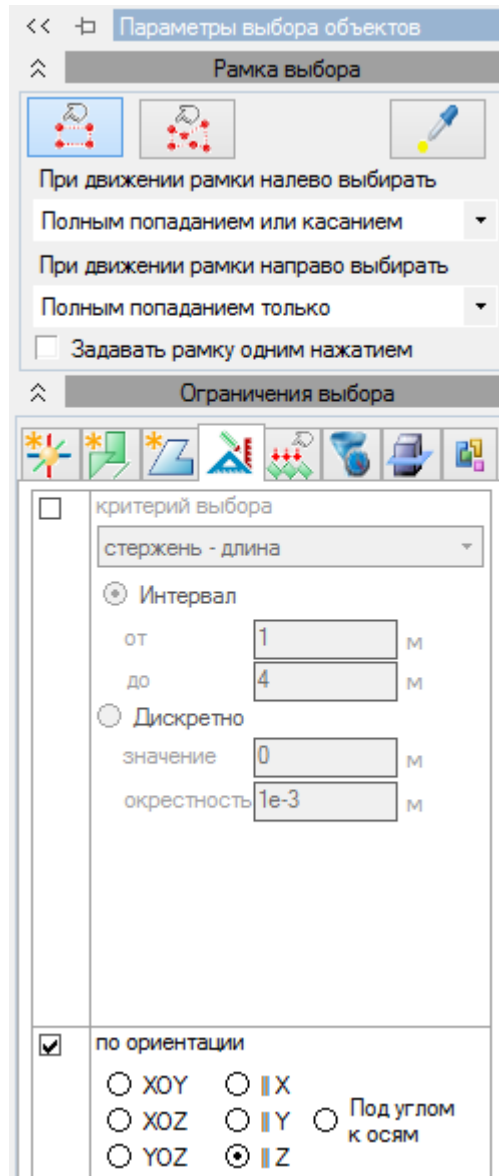


Рис. 3.9 Параметры выбора объекта

- С помощью курсора выберите колонны в месте расположения диафрагмы (Рис. 3.10);

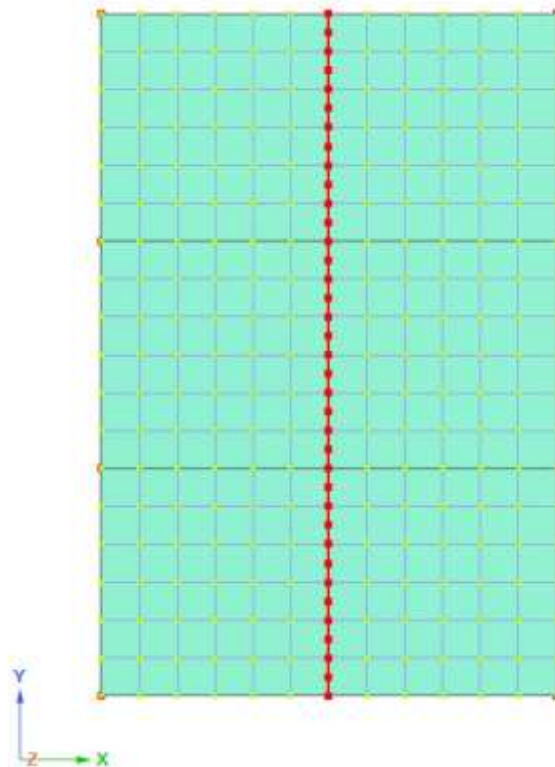




Рис. 3.10 Выбор среднего ряда колонн

- Войдите в режим «**Дробление элементов**» с помощью меню «Правка ⇒ **Дробление элементов**» (кнопка  на панели инструментов).
- В этом режиме перейдите на закладку «**Дробление стержней**», включите радиокнопку «**На равные части**» и задайте «**N=4**».
- Нажмите кнопку «**Дробить**».
- Перейдите в изометрическую проекцию представления расчетной схемы с помощью меню «Вид ⇒ **Исходный вид**».

Создание фундаментной плиты

- Выберите «**Плоскость построения**» - «**XoY**» и «**Способ разбивки**».
- Войдите в режим «**Добавить фрагмент плоской плиты**» с помощью меню «Схема ⇒ **Добавить фрагмент плоской плиты**» (кнопка  на панели инструментов);
- Вызовите параметры «**Сети построения**» (кнопка  в строке состояния), измените шаг сетки координат на **0.5 м**, количество – **15** (Рис. 3.11);
- Раскройте вкладку «**Прямоугольный фрагмент**» и задайте следующие параметры (Рис. 3.12);

Параметры по оси X:			Параметры по оси Y:		
Шаг (м)	Повторов	N	Шаг (м)	Повторов	N
0.5	26	1	0.5	38	1

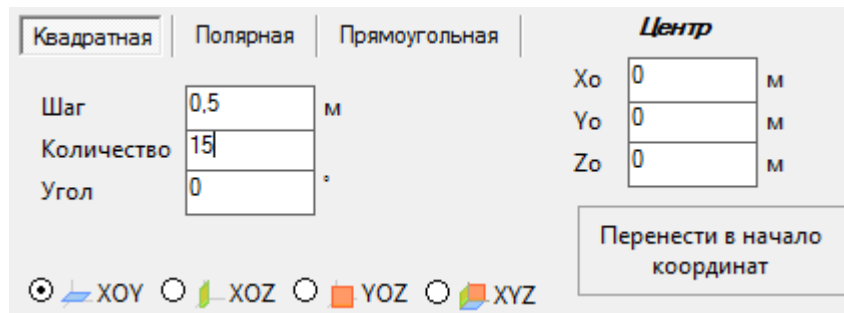


Рис. 3.11 Параметры «Сети построения»

- После этого щелкните по кнопке «**Использовать фрагмент**»;

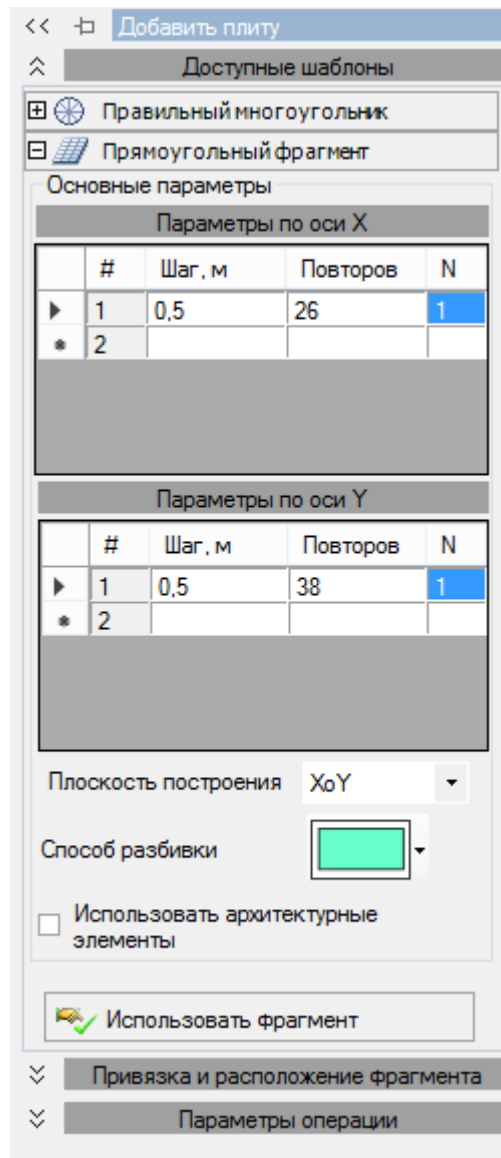


Рис. 3.12 Параметры плиты

- В окне «**Главного вида**» позиционируйте фрагмент (Рис. 3.13).

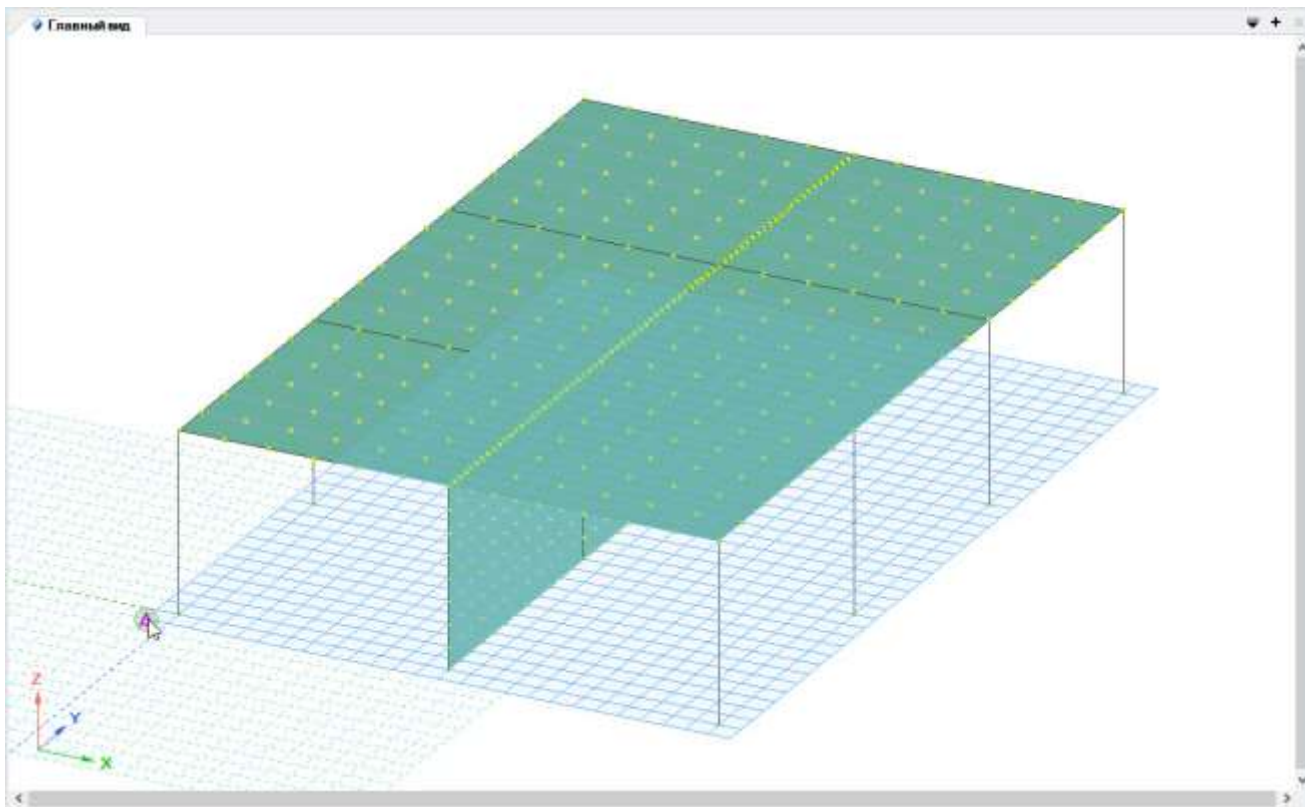



Рис. 3.13 Позиционирование фундаментной плиты в окне «Главного вида»

- С помощью меню «Правка \Rightarrow Упаковать модель» (кнопка  на панели инструментов) вызовите меню «Упаковка модели».

Копирование колонн

- С помощью меню «Контекстного меню» (пр. кн. в рабочей зоне экрана) проецируем модель на плоскость XoZ

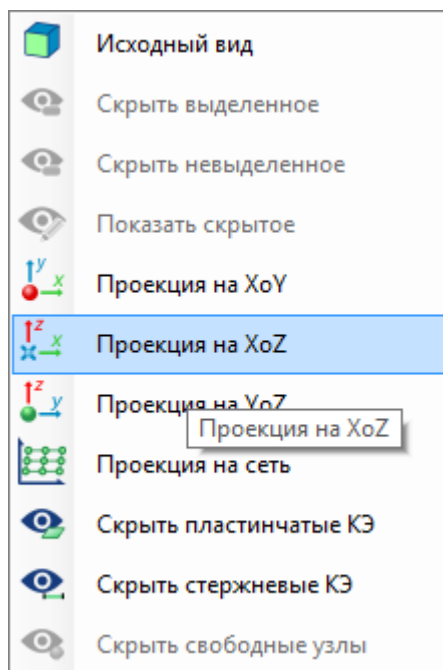



Рис. 3.14 Контекстное меню

- После выполнения пункта меню «**Выбор** \Rightarrow **Фильтр выбора**» (кнопка  на панели инструментов), перейдите на третью закладку «**Фильтр по геометрии КЭ**», включите флаг «**по ориентации**» и радио-кнопку «**||Z**» (Рис. 3.9);
- С помощью курсора выберите крайние колонны 2-го этажа (Рис. 3.15);

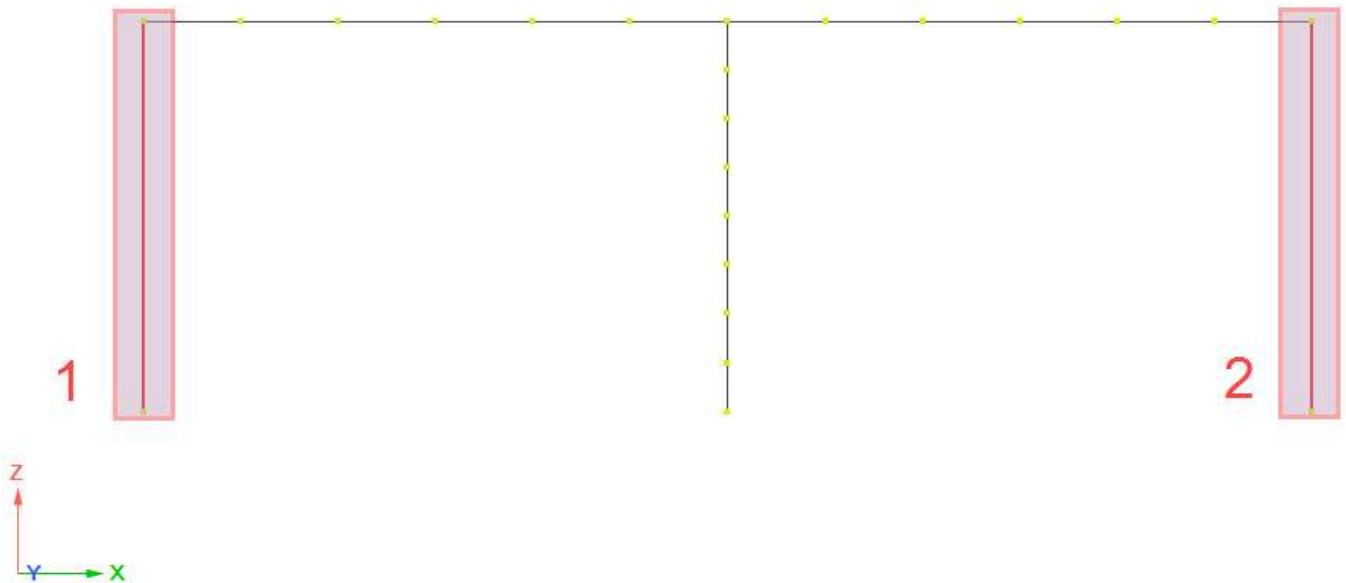


Рис. 3.15 Выбор крайних колонн

- Вернуться из режима проекции в исходный вид можно с помощью сочетания клавиш Ctrl+E (лат.) или с помощью активации команды «**Исходный вид**» в контекстном меню;

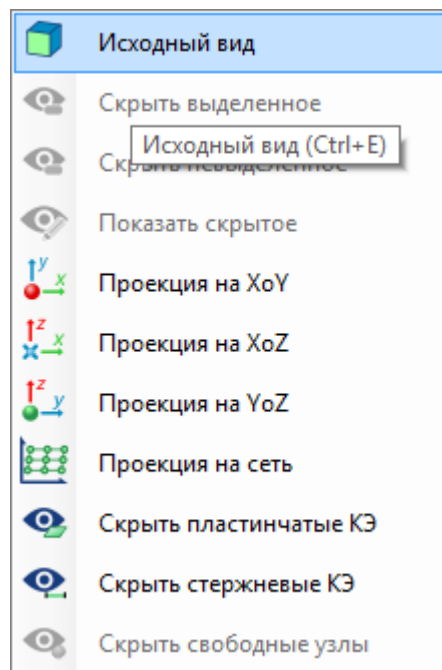



Рис. 3.16 Контекстное меню

- С помощью меню «**Правка** \rightarrow **Копировать**» (кнопка  на панели инструментов) вызовите меню «**Копирования модели**». Активируем вкладку использовать точку вставки \rightarrow использовать 1 точку (Рис. 3.17);

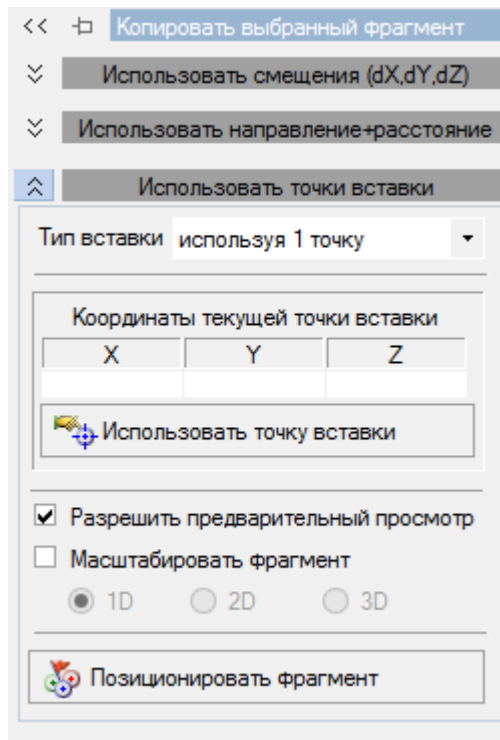


Рис. 3.17 Параметры копирования

- В качестве базовой точки для копирования выберем точку одной из крайних колонн на уровне 1-го этажа (правой кнопкой мыши на нужной точке → команда «Установить точку 1»);

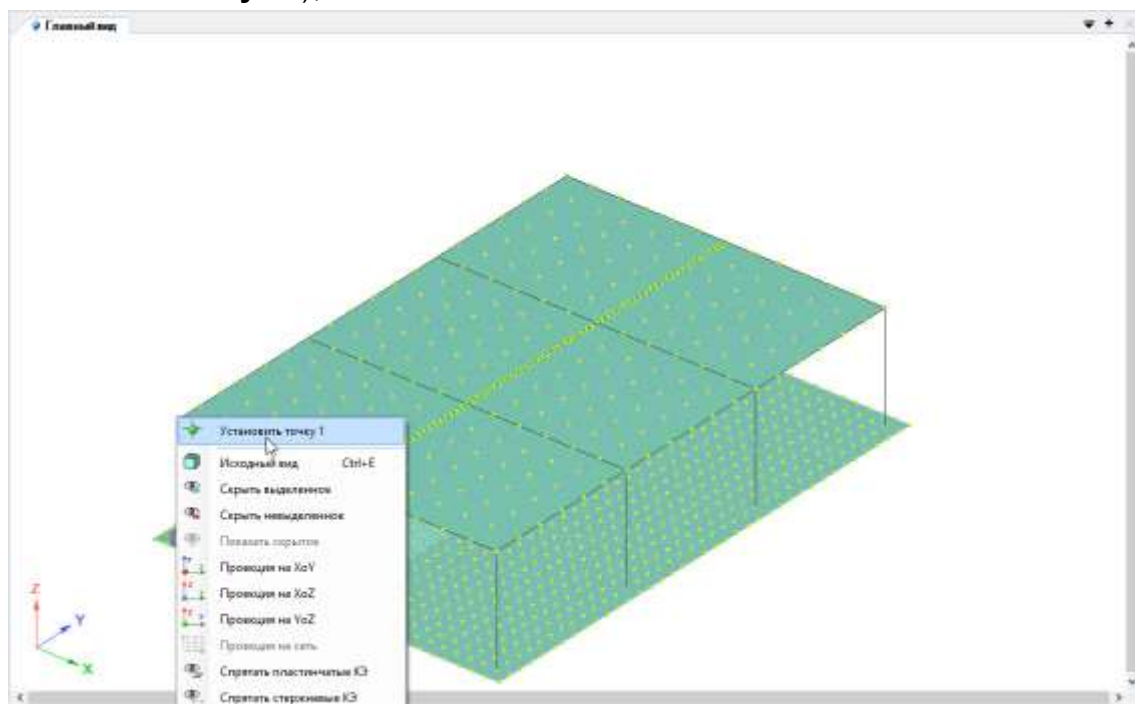


Рис. 3.18 Базовая точка для копирования

- Укажем точку копирования элементов – точка крайней колонны на уровне 2-го этажа.

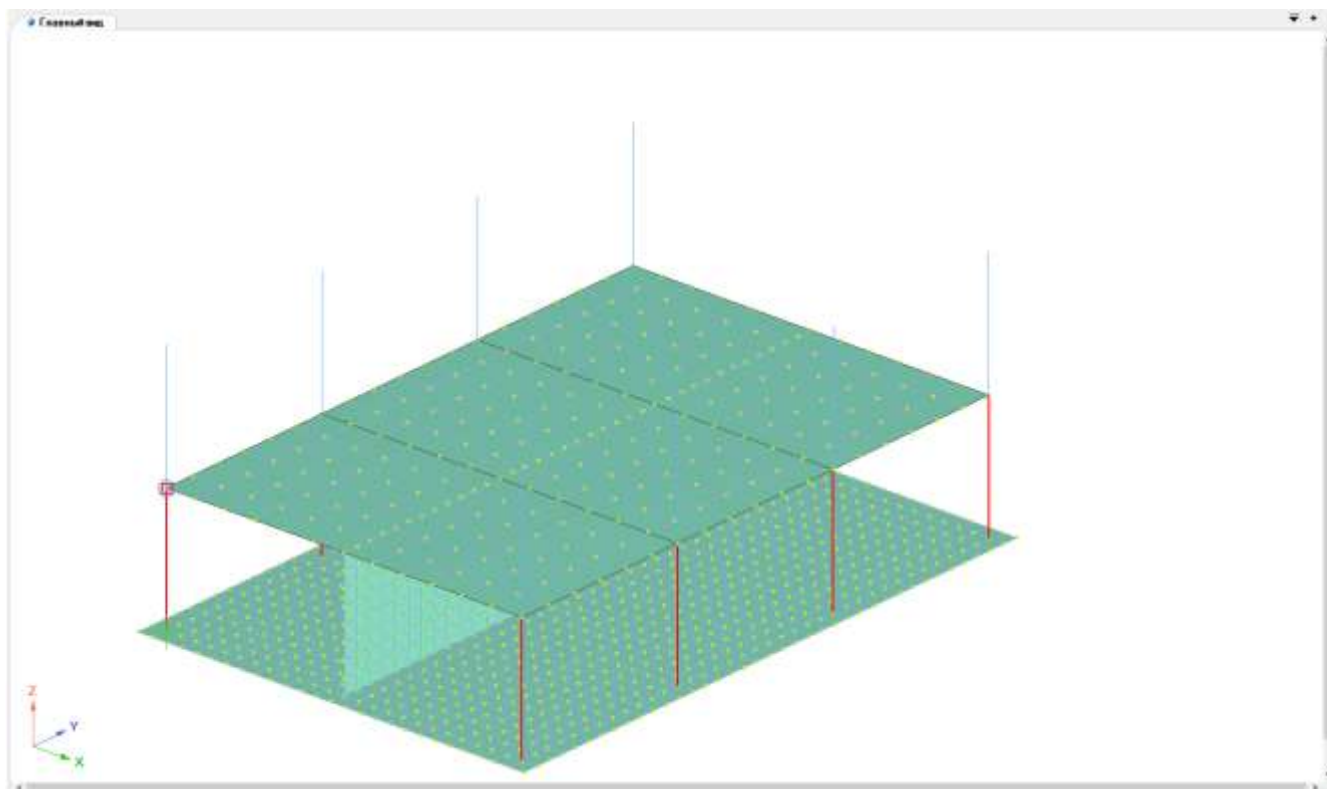



Рис. 3.19 Точка копирования элементов

Создание ферм

- С помощью команды «Добавить ферму» в меню схема (или кн.  на панели инструментов) активируем режим создания фермы. Из предложенных шаблонов выберем пункт «Треугольная»:

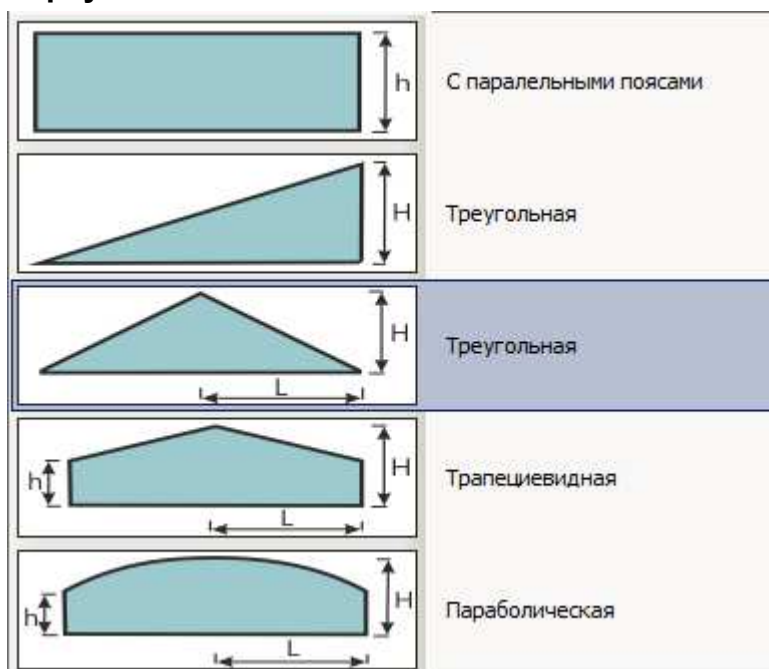


Рис. 3.20 Шаблоны ферм

- Введем необходимые параметры для фермы (Рис. 3.21)

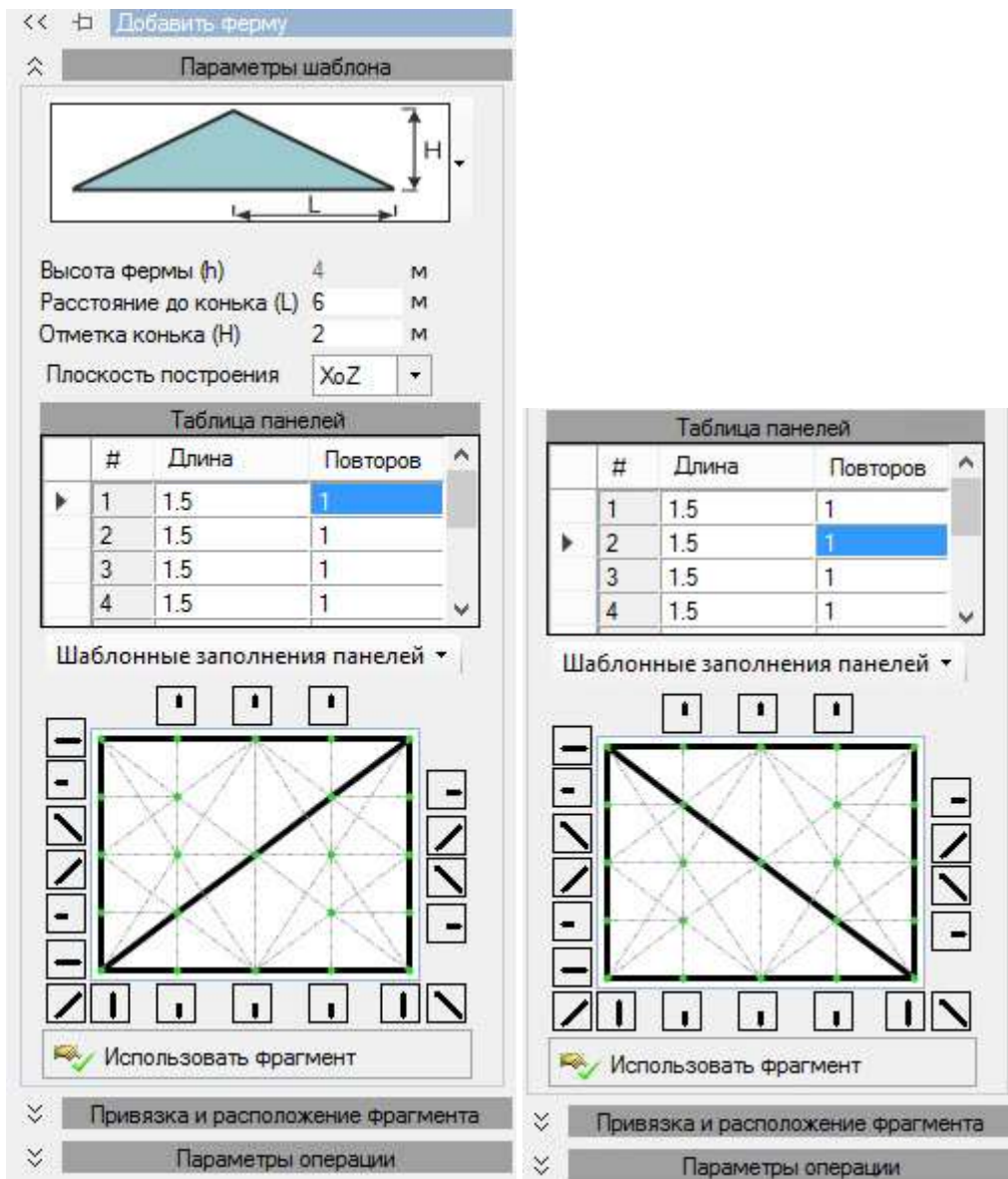


Рис. 3.21 Параметры фермы

- После активации команды «**Использовать фрагмент**» устанавливаем фермы по верхним точкам колонн 2-го этажа.

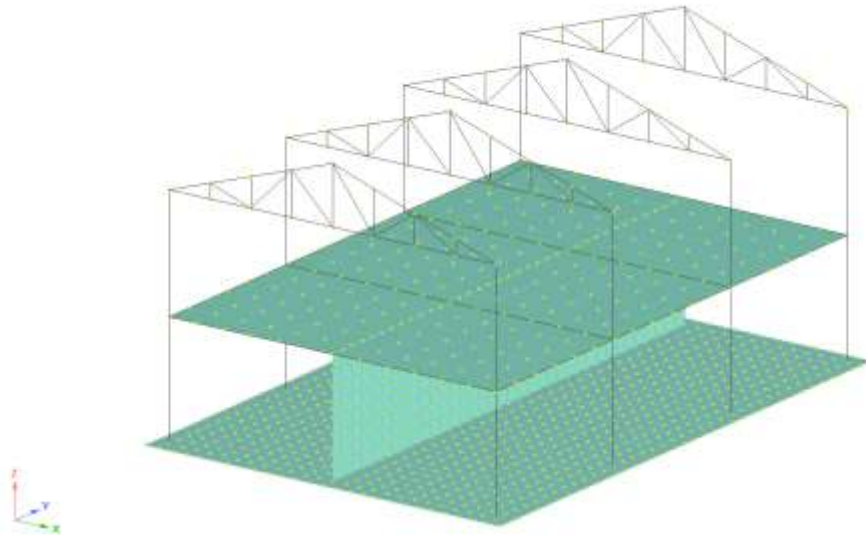


Рис. 3.22 Установка ферм

Установка прогонов и связей между фермами

- Для удобства работы фрагментируем схемы, оставив на главном виде только элементы ферм, для этого выделим все элементы фермы (удобнее это сделать заранее, спроецировав модель на плоскость XoZ через контекстное меню как показано на Рис. 3.14).

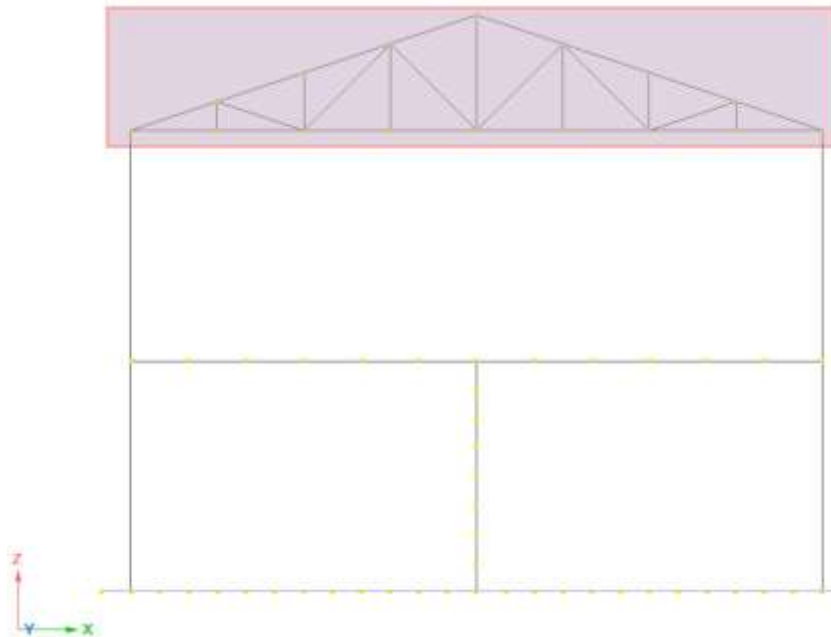


Рис. 3.23 Выделение ферм

Фрагментация производится путём нажатия правой кнопки по любой пустой рабочей области окна, (как это сделано на рис. Рис. 3.24) «Скрыть

невыведенное»:  Скрыть невыделенное

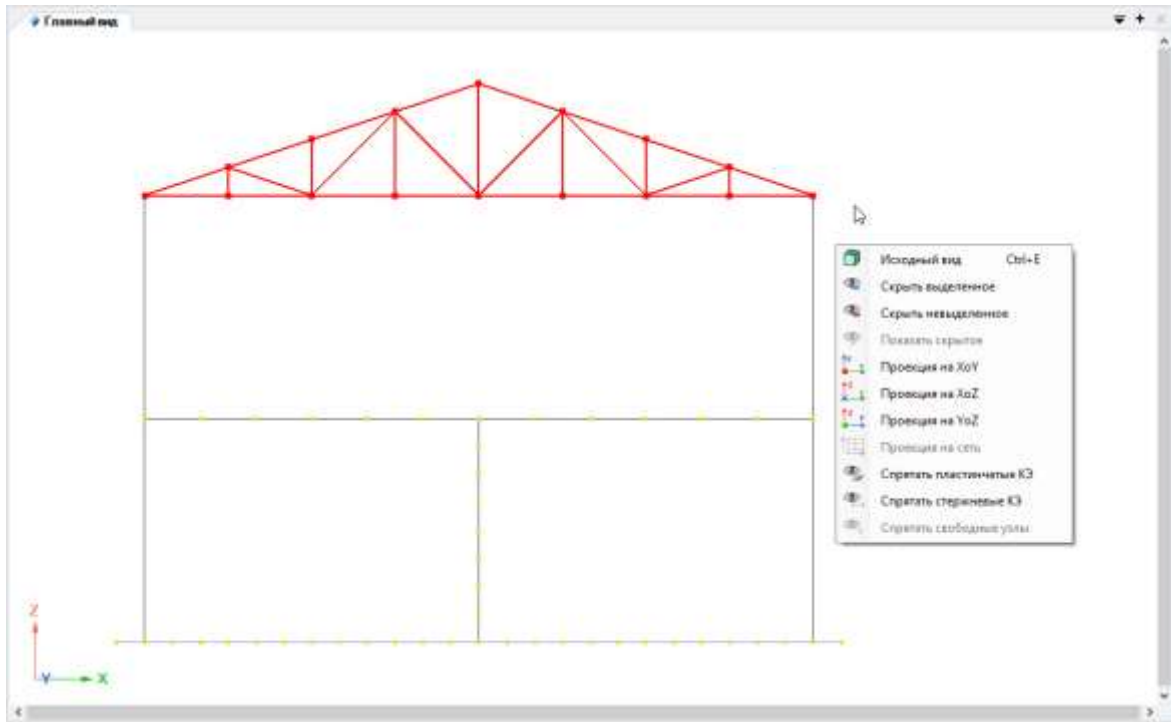


Рис. 3.24 Контекстное меню «Скрыть невыделенное»

- После фрагментации в рабочей зоне остаются только элементы ферм

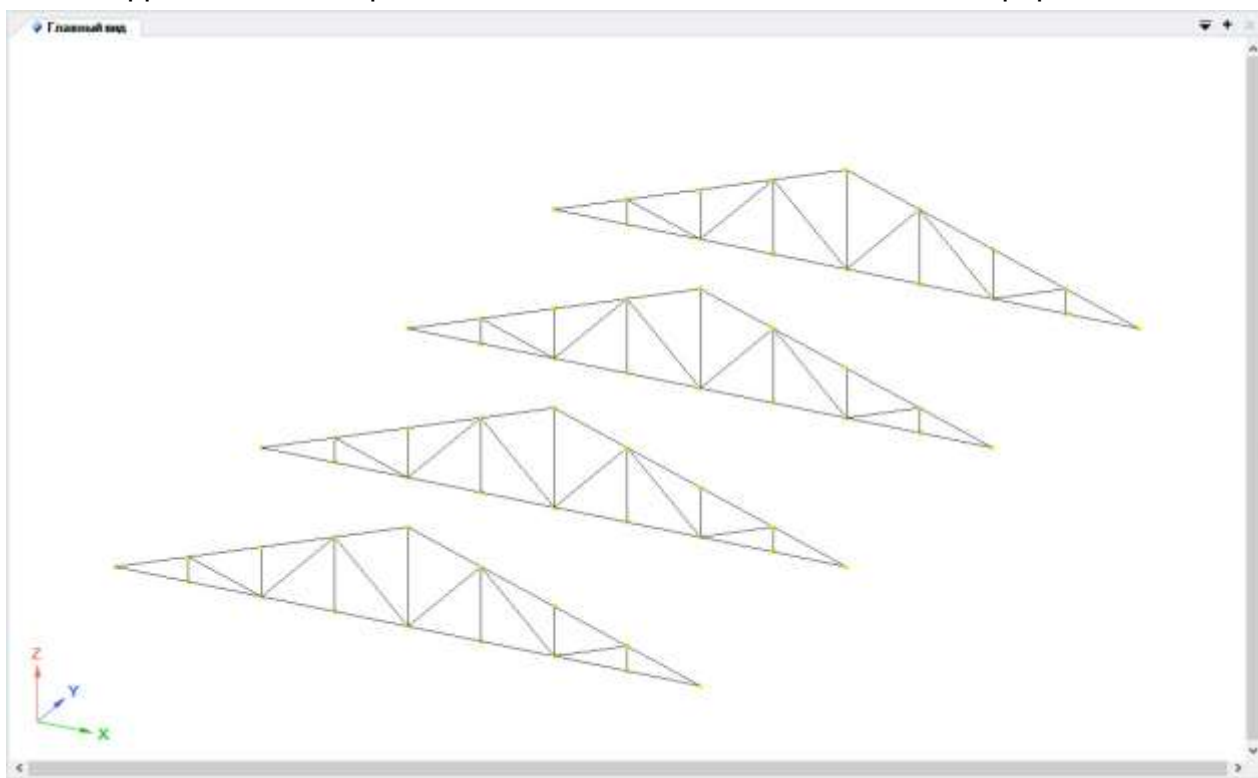


Рис. 3.25 Выделенные фермы

- С помощью команды **«Добавить конечные элементы»**, расположенной в меню **«Схема»** активируем режим добавления элементов:

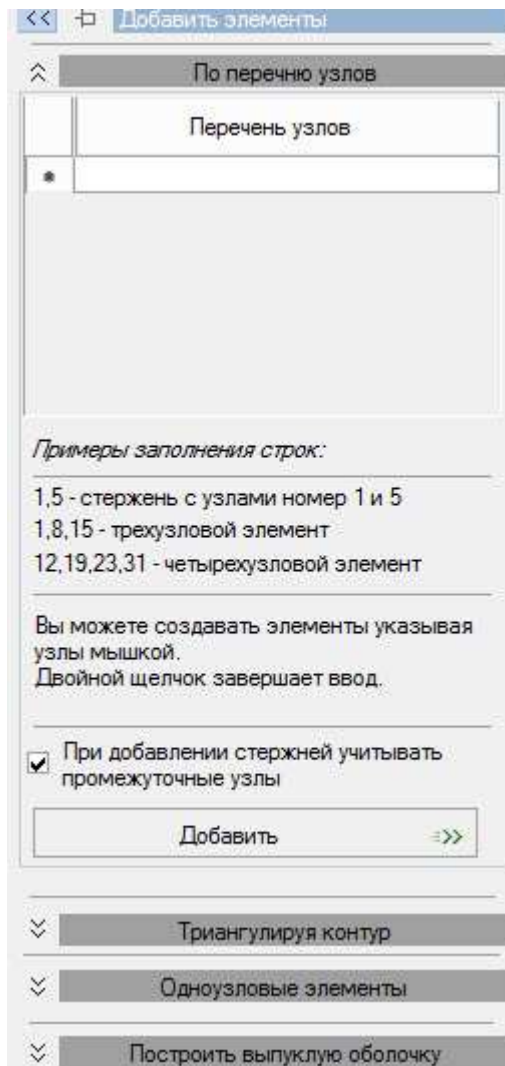


Рис. 3.26 Режим добавления КЭ

- Алгоритм добавления стержневых конечных элементов: одним щелчком левой кн. мыши по узлу указываем начало стержня, затем двойным быстрым щелчком по другому узлу указываем конец стержня. Активная команда **«При добавлении стержней учитывать промежуточные узлы»** все узлы, лежащие между начальной точкой стержня и конечной, разобьют его на отдельные стержни автоматически. При добавлении стержней можно пользоваться колесом мыши для масштабирования модели, а также поворотом модели (поворот осуществляется левой кнопкой мыши при зажатой клавиши «Ctrl»)

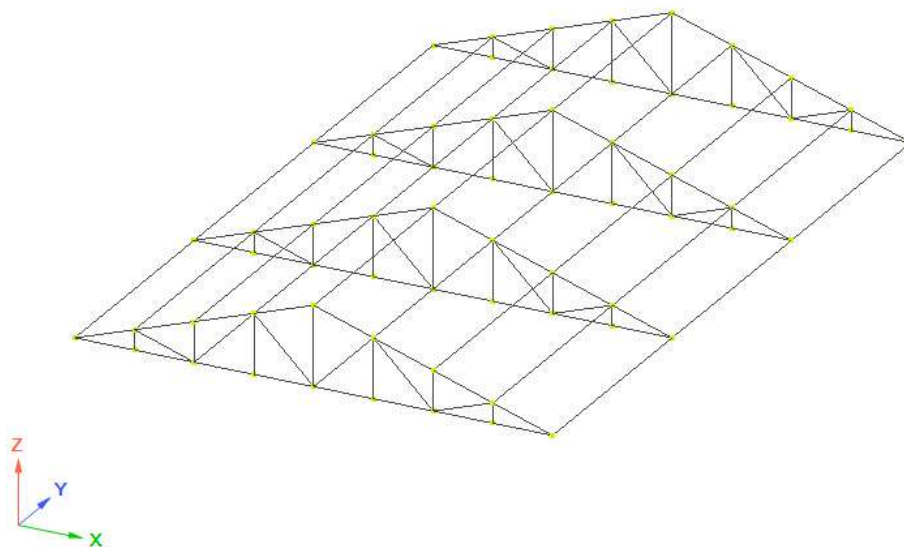


Рис. 3.27 Установка прогонов

- После установки прогонов устанавливаем связи по нижнему поясу ферм, а также диагональные связи по указанному выше алгоритму добавления стержней.

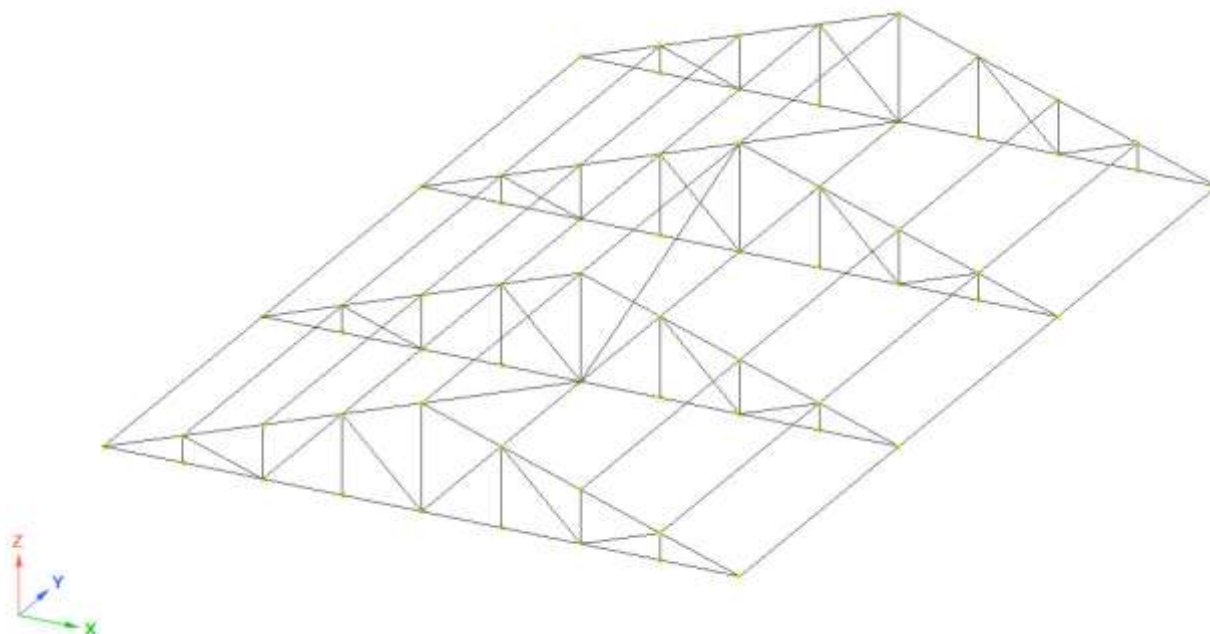


Рис. 3.28 Установка связевых элементов каркаса

Установка шарниров

- Выделим все элементы прогонов и связей (удобнее это сделать заранее, проецируя схему на плоскость YoZ). Выделить элементы можно с помощью зажатых клавиш **Shift+Ctrl** так как показано на Рис. 3.29 (рамку тянем справа налево).

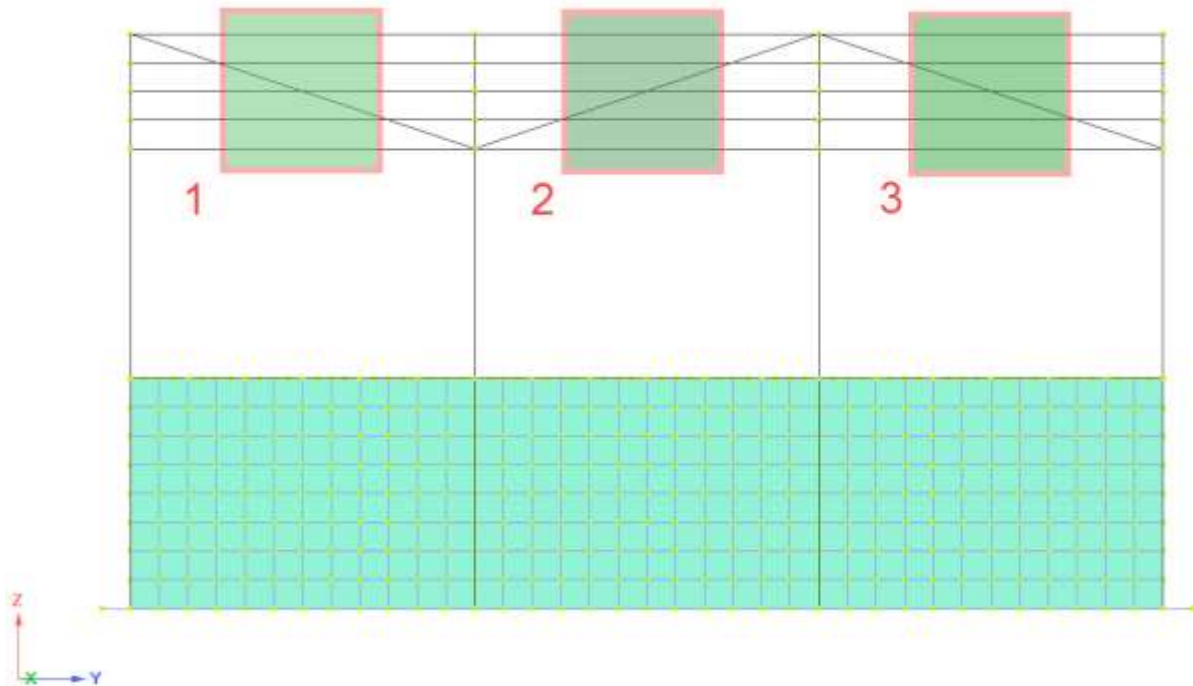


Рис. 3.29 Выделение связевых элементов каркаса

- С помощью команды в меню «**Схема** \Rightarrow **Назначить шарниры**» устанавливаем параметры направления шарнира, в нашем случае – поворот относительно оси Y, по умолчанию шарниры назначаются в обоих узлах стержня, этот параметр меняется во вкладке «**Политика назначения**».

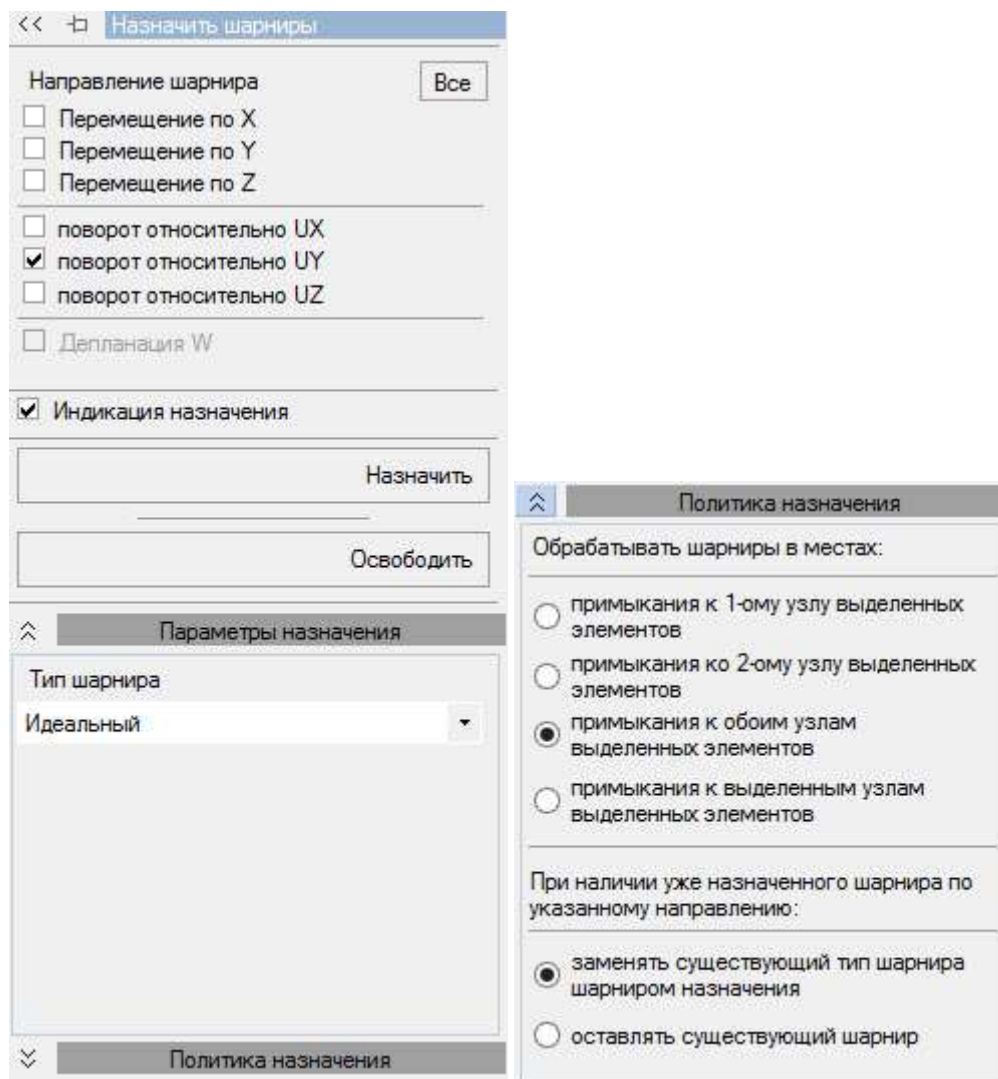


Рис. 3.30 Назначение шарниров

Упаковка схемы

- С помощью меню «**Правка** → **Упаковать модель**» (кнопка на панели инструментов) вызовите меню «**Упаковка модели**».
- В этом окне щелкните по кнопке «**Упаковать**».
- На Рис. 3.31 показана полученная расчетная схема.

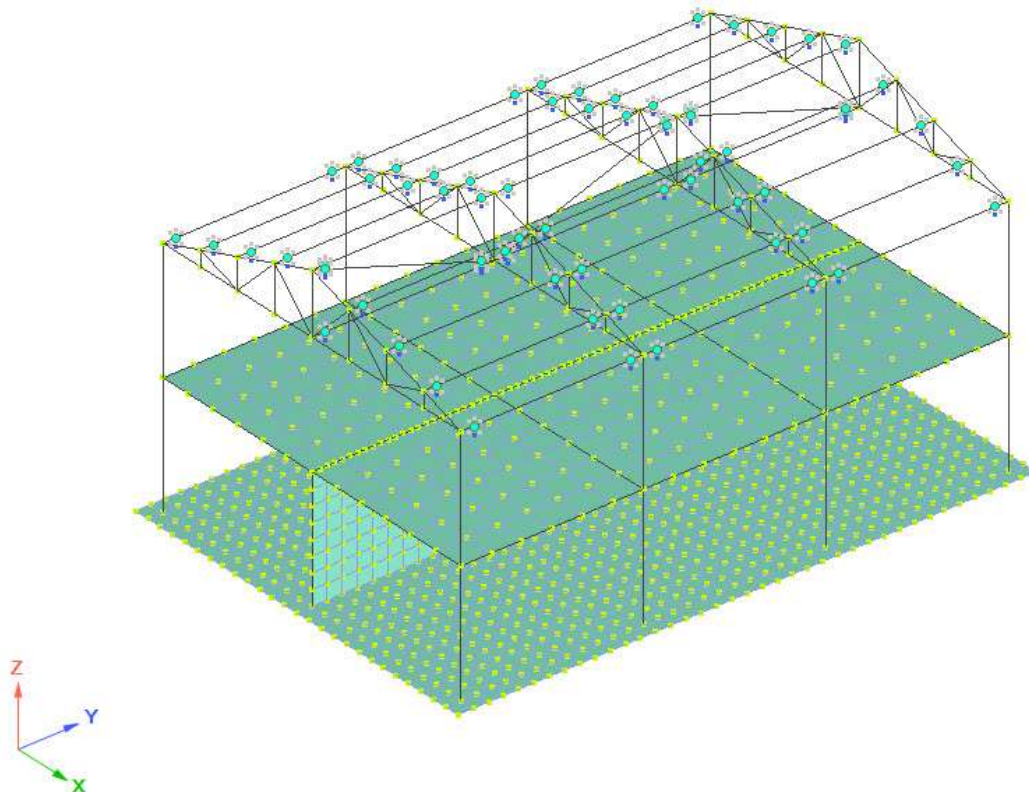





Рис. 3.31 Расчетная схема каркаса

Сохранение информации о расчетной схеме

- Для сохранения информации о расчетной схеме выполните пункт меню «Файл ⇒ Сохранить» (кнопка  на панели инструментов).

3.4 Задание сечений

- С помощью меню «Редакторы ⇒ Редактор сечений/жесткостей» (кнопка  на панели инструментов) вызовите редактор сечений;
- В этом окне выберите кнопку  «Стальные сечения» и в списке сечений выберите «Двутавр»;
- На панели параметров «Стальных сечений» (Рис. 3.32) задайте параметры сечения «Двутавр» (для балок):
 - в раскрывающемся списке – «Таблица сортамента» выберите позицию – «ГОСТ 26020 – 83 Двутавр с параллельными гранями полок типа Б»;
 - в списке «Профиль – 30Б1».

Стальные сечения стержней : Двутавр прок. : 30Б1

Имя: Двутавр прок. 30Б1, Описание: Балка, Регион: RUS, Таблица сортамента: ГОСТ 26020 - 83 Двутавр с параллельными гранями полок ти, Профиль: 30Б1, Поворот: I

Схема профиля

Учитывать при расчете влияние сдвига

Геометрические характеристики сечения							
A, см ²	h, см	bf, см	tw, см	tf, см	R, см	г, см	п, тс/м
41.92	29.6	14	0.58	0.85	1.5	0	0.0329

Расчетные характеристики сечения											
Моменты инерции, см ⁴			Ядровые расстояния, см				Срезные площади, см ²		Wy, см ³	Ω1, см ²	Iω, см ⁶
Iy1	Iz1	Ix1	Y1+	Y1-	Z1+	Z1-	Fy	Fz			
6330	390	10.662	1.3291	1.3291	10.203	10.203	22.089	16.839	240	100.63	79281

Учёт коррозии

Равномерный: в миллиметрах (0 мм), в процентах от площади сечения (0 %)

Неравномерный в миллиметрах: полка (0 мм), стенка (0 мм)


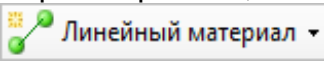
Рис. 3.32 Параметры сечения «Двутавр»

- Еще раз выберите тип сечения «Двутавр» из списка «Прокатные сечения».
- На панели параметров «Стальных сечений» задайте параметры сечения «Двутавр» (для колонн):
 - в раскрывающемся списке – «Таблица сортамента» выберите позицию – «ГОСТ 26020 – 83 Двутавр с параллельными гранями полок типа К»;
 - в списке «Профиль – 40К1».
- Таким же методом задаем сечения для верхнего пояса ферм (Ø100x100x5), нижнего (Ø70x70x5), раскосов и стоек (40x40x4), прогонов (20П) связей (Ø76x5);
- Аналогично задайте сечения для плит перекрытия (толщина 20см), диафрагмы (толщина 30см) и фундаментной плиты (толщина 50см), используя кнопку «Сечения плит ⇒ Пластина».

Имя	Цвет	Описание
I 1. Двутавр прок. 30...	■	Балка
I 2. Двутавр прок. 40...	■	Колонна
○ 3. Коробка прок. 10...	■	Верхний пояс
○ 4. Коробка прок. 70 ...	■	Нижний пояс
○ 5. Коробка прок. 40 ...	■	Решетка
┌ 6. Швеллер прок. 20П	■	Прогоны
○ 7. Труба прок. 76 x 5	■	Связи
▬ 8. Пластина (20)	■	Плита перекрытия
▬ 9. Пластина (30)	■	Диафрагма жесткости
▬ 10. Пластина (50)	■	Фундаментная плита

Рис. 3.33 Таблица заданных сечений

3.5 Задание материала

- С помощью меню «Редакторы \Rightarrow Редактор материалов» (кнопка  на панели инструментов) вызовите редактор материалов;
- В этом окне выберите кнопку  и в списке материалов выберите «Изотропный материал»;
- В диалоговом окне «Линейный материал» (Рис. 3.34) задайте свойства материала:
 - объемный вес – 2.75 тс/м^3 ;
 - модуль упругости – $E = 3.06\text{E}+06 \text{ тс/м}^2$ (при английской раскладке клавиатуры);
 - коэффициент Пуассона – $\nu = 0.2$;
 - коэффициент температурного расширения, $\alpha = 1\text{E}-05 \text{ 1/}^\circ\text{C}$
 - коэффициент теплопроводности, $K = 1.69 \text{ тс/(с}^\circ\text{C)}$;
 - удельная теплоемкость, $C = 880 \text{ м}^2/(\text{с}^2 \cdot ^\circ\text{C})$.

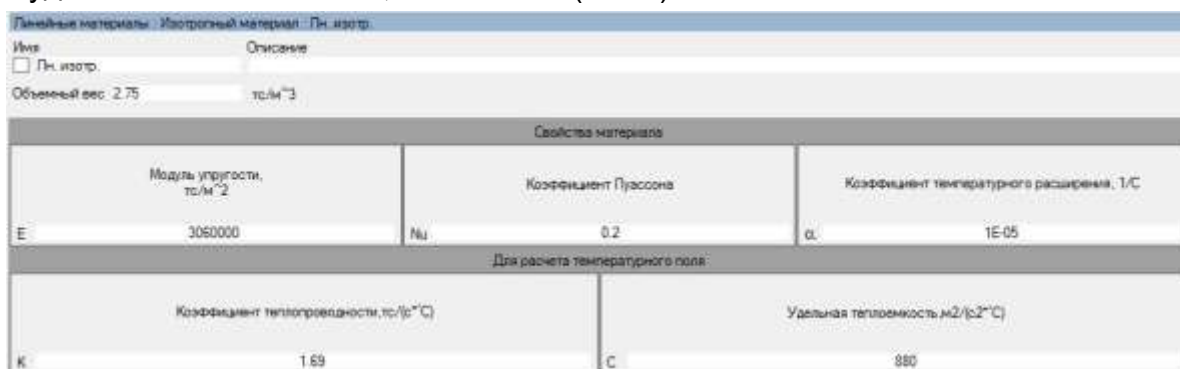
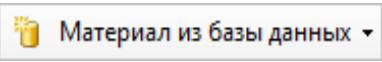


Рис. 3.34 Линейный материал

- Выберите кнопку  и в списке материалов выберите «Стальной прокат из базы данных»;
- В этом диалогом окне (Рис. 3.35) задайте свойства материала:
 - Нормы – «СП 16.13330.2011»;
 - Тип проката – «Фасонный»;
 - Марка стали – «С245».

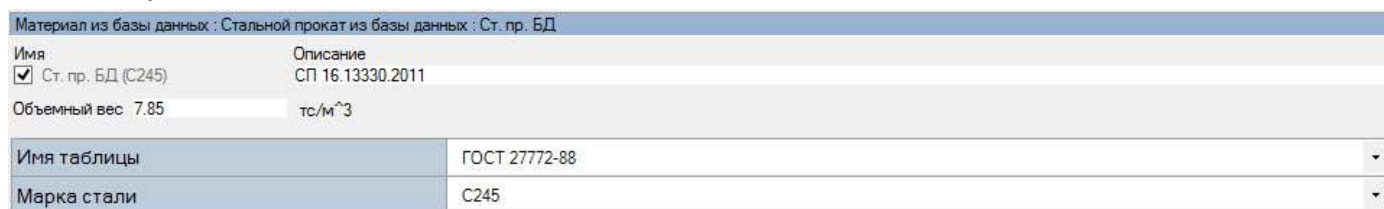
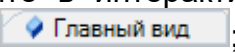




Рис. 3.35 Материал из базы данных

3.6 Назначение сечений и материалов элементам расчетной схемы

- Перейдите в интерактивную панель визуализации расчетной модели, нажав на вкладку ;

- Войдите в режим «Назначить жесткости» (Рис. 3.36) с помощью меню «Конструирование ⇒ Назначить сечение, материал и параметры конструирования» (кнопка  на панели инструментов);
- После выполнения пункта меню «Выбор ⇒ Фильтр выбора» (кнопка  на панели инструментов), перейдите на четвертую закладку «Фильтр по геометрии КЭ», включите флаг «по ориентации» и радио-кнопку «||X» и нажмите на кнопку «Выбрать»;
- В режиме «Назначить жесткости» в списке сечений выберите «1. Двутавр прок. 30Б1», в списке материалов – «2. Ст. пр. БД (С245)» и нажмите кнопку «Назначить» (с элементов снимается выделение – это свидетельство того, что выделенным элементам присвоена текущая жесткость).

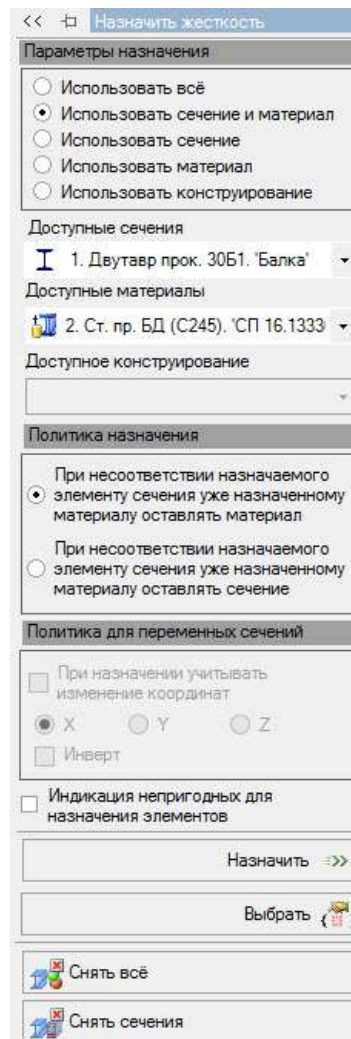





Рис. 3.36 Назначение жесткости

- В окне «Фильтр по геометрии КЭ», включите флаг «По ориентации» и радио-кнопку «||Z» и нажмите на кнопку «Выбрать»;
- В режиме «Назначить жесткости» в списке сечений выберите «2. Двутавр 40К1», в списке материалов – «2. Ст. пр. БД (С245)» и нажмите кнопку «Назначить».
- Выполните пункт меню «Выбор ⇒ Фильтр выбора» (кнопка  на панели инструментов), перейдите на седьмую закладку «Сечение и отсечение», включите радио-кнопку «Сечение плоскостью», секущая плоскость – «ХОУ, Z1» = 4 м и нажмите кнопку «Выбрать»;
- В режиме «Назначить жесткости» в списке сечений выберите «3. Пластина (20)», в списке материалов – «1. Лн. Изотр.» и нажмите кнопку «Назначить»;

- Снимите выбор с узлов через меню «**Выбор** \Rightarrow **Снять выбор со всех узлов и элементов**» (кнопка  на панели инструментов).
- Аналогичным способом назначаем сечение и материал для диафрагмы и фундаментной плиты.
- Сечение элементам фермы, прогонов, связей назначаем с помощью горячих клавиш: «**Shift+Ctrl**» – выделение, «**Ctrl + ЛКМ** (левая клавиша мыши)» – вращение модели, «**Scroll**» – масштабирование.

3.7 Задание параметров упругого основания

- Выполните пункт меню «**Схема** \Rightarrow **Задать упругое основание**» (кнопка  на панели инструментов);
- Выберите тип элементов «**Пластины**» и введите значения коэффициентов постели (Рис. 3.37);

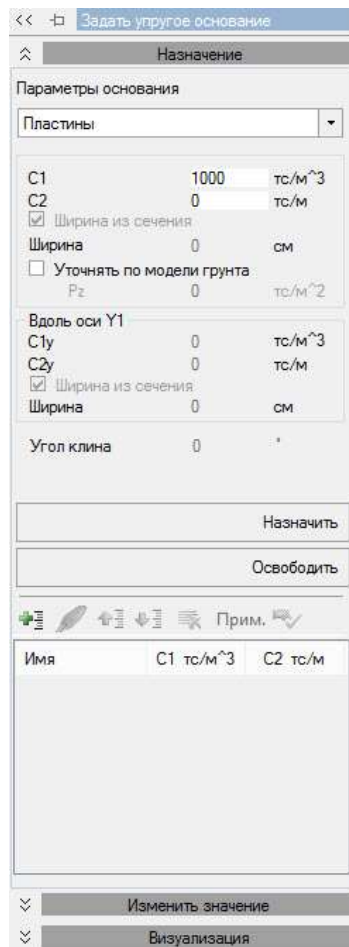




Рис. 3.37 Упругое основание




- Выделите все элементы фундаментной плиты и нажмите кнопку «**Назначить**».

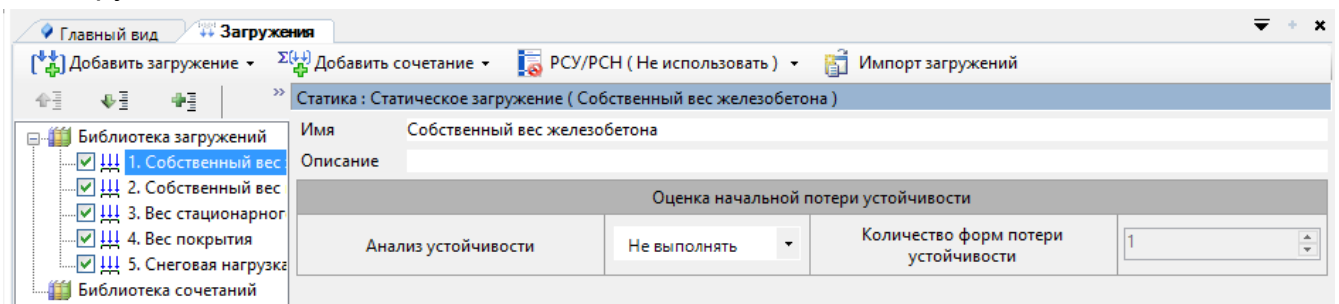
3.8 Задание граничных условий

 Примечание: во избежание геометрической изменяемости в плоскости XOY, на фундаментную плиту накладываем дополнительные граничные условия.

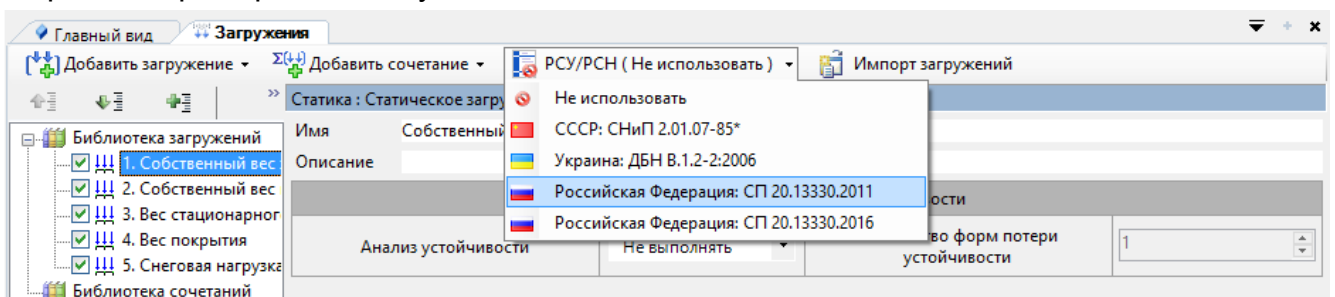
- Выберите узлы, в которых фундаментная плита соединяется с диафрагмой;
- Выполните пункт меню «**Схема** \rightarrow **Назначить связи**» (кнопка  на панели инструментов), включите флажок «**Перемещение вдоль X**», установите радио-кнопку напротив «**Закрепить**» и нажмите кнопку «**Применить**»;
- Выберите узел, в котором фундаментная плита соединяется со средним колоннами (для этого перейдите в режим «**Выбрать объекты**», после выделения вернитесь в режим «**Назначить связи**»), в панели назначения связей включите флажок «**Перемещение вдоль Y**», установите радио-кнопку напротив «**Закрепить**» и нажмите кнопку «**Применить**».

3.9 Формирование загрузений

- С помощью меню «**Редакторы** \rightarrow **Редактор загрузений**» (кнопка  на панели инструментов) вызовите редактор загрузений;
- В этом окне выберите выпадающее меню «**Добавить загрузение**» (кнопка  Добавить загрузение) в списке доступных загрузений выберите  Статическое загрузение на панели активного загрузения появятся параметры первого статического загрузения;
- Аналогично добавьте еще 4 статических загрузения;
- Для упрощения дальнейшей работы в поле «**Имя**» введите название каждого загрузения



- Для ввода данных по расчетным сочетаниям откроем соответствующую вкладку, в рамках примера используем СП 20.1330.2011



- В появившемся диалоговом окне необходимо установить параметр «**Вид загрузения**» и «**Коэффициент приведения**». Нагрузки будем задавать нормативные, соответственно коэффициенты для перехода к расчетным нагрузкам устанавливаем повышающие.

Статика : Статическое нагружение (Собственный вес железобетона)

Имя : Собственный вес железобетона

Описание :

Оценка начальной потери устойчивости

Анализ устойчивости : Не выполнять * Количество форм потери устойчивости : 1

Сочетания нагрузок

Вид нагружения : Постоянное * Эпикоррелированность По умолчанию

Коэффициент приведения

К нормативным нагрузкам : 1

К расчетным нагрузкам : 1,1

Доля длительности : 1

Коэффициенты для РСУ

1 основное	2 основное	Сейсмическое	Особое	5 сочетание	6 сочетание	7 сочетание	8 сочетание	9 сочетание
1	1	0,9	1	0	0	0	0	0

Статика : Статическое нагружение (Собственный вес металла)

Имя : Собственный вес металла

Описание :

Оценка начальной потери устойчивости

Анализ устойчивости : Не выполнять * Количество форм потери устойчивости : 1

Сочетания нагрузок

Вид нагружения : Постоянное * Эпикоррелированность По умолчанию

Коэффициент приведения

К нормативным нагрузкам : 1

К расчетным нагрузкам : 1,05

Доля длительности : 1

Коэффициенты для РСУ

1 основное	2 основное	Сейсмическое	Особое	5 сочетание	6 сочетание	7 сочетание	8 сочетание	9 сочетание
1	1	0,9	1	0	0	0	0	0

Статика : Статическое нагружение (Вес стационарного оборудования)

Имя : Вес стационарного оборудования

Описание :

Оценка начальной потери устойчивости

Анализ устойчивости : Не выполнять * Количество форм потери устойчивости : 1

Сочетания нагрузок

Вид нагружения : Длительное * Эпикоррелированность По умолчанию

Коэффициент приведения

К нормативным нагрузкам : 1

К расчетным нагрузкам : 1,05

Доля длительности : 1

Коэффициенты для РСУ

1 основное	2 основное	Сейсмическое	Особое	5 сочетание	6 сочетание	7 сочетание	8 сочетание	9 сочетание
1	1	0,8	1	0	0	0	0	0

Статика : Статическое нагружение (Вес покрытия)

Имя : Вес покрытия

Описание :

Оценка начальной потери устойчивости

Анализ устойчивости : Не выполнять * Количество форм потери устойчивости : 1

Сочетания нагрузок

Вид нагружения : Постоянное * Эпикоррелированность По умолчанию

Коэффициент приведения

К нормативным нагрузкам : 1

К расчетным нагрузкам : 1,3

Доля длительности : 1

Коэффициенты для РСУ

1 основное	2 основное	Сейсмическое	Особое	5 сочетание	6 сочетание	7 сочетание	8 сочетание	9 сочетание
1	1	0,9	1	0	0	0	0	0

Статика : Статическое нагружение (Снеговая нагрузка)

Имя : Снеговая нагрузка

Описание :

Оценка начальной потери устойчивости

Анализ устойчивости : Не выполнять * Количество форм потери устойчивости : 1

Сочетания нагрузок

Вид нагружения : Кратковременное * Эпикоррелированность По умолчанию

Коэффициент приведения

К нормативным нагрузкам : 1

К расчетным нагрузкам : 1,4

Доля длительности : 0,35

Коэффициенты для РСУ

1 основное	2 основное	Сейсмическое	Особое	5 сочетание	6 сочетание	7 сочетание	8 сочетание	9 сочетание
1	1	0,5	0,8	0	0	0	0	0

Рис. 3.38 Параметры вида нагружений

- Для создания сочетаний нагрузок необходимо воспользоваться командой «Добавить сочетание \Rightarrow Пользовательское сочетание»;

$\Sigma(\pm)$ Добавить сочетание $\left[\begin{smallmatrix} + \\ - \end{smallmatrix} \right]$ Удалить
 $\Sigma(\pm)$ Пользовательское сочетание

- В появившемся окне укажите **коэффициенты пересчета** нагрузок в сочетании (во всех ячейках выставим значение **1**).

РСН: Пользовательское сочетание

Имя: Пользовательское сочетание

Описание:

Данная начальная потеря устойчивости

Анализ устойчивости: Количество форм потери устойчивости: 1

Показать только загрузки с ненулевыми коэффициентами

#	Имя загрузки	Коэффициент
1	1. Собственный вес железобетона	1
2	2. Собственный вес металла	1
3	3. Вес стационарного оборудования	1
4	4. Вес покрытия	1
5	5. Снеговая нагрузка	1

Рис. 3.39 Данные по РСН

3.10 Назначение нагрузок

- Перейдите в интерактивную панель визуализации расчетной модели, нажав на вкладку **Главный вид**;
- Выделите все пластинчатые элементы расчетной схемы (зажмите клавиши **Shift+Ctrl**, снимите галочку напротив пункта **«Стержневые»** и выделите прямоугольником, не отпуская кнопки, всю схему).

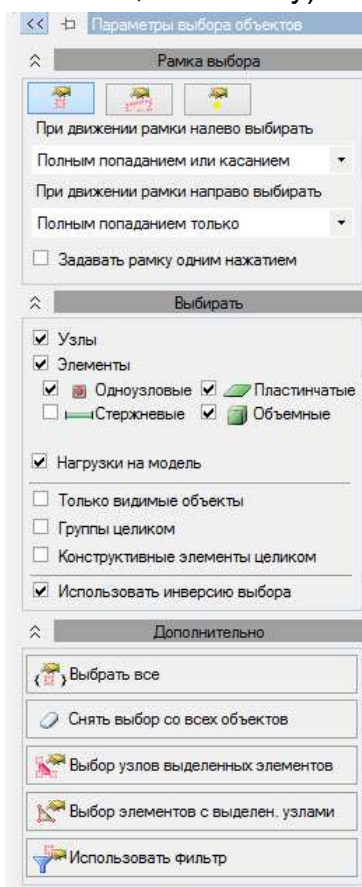



Рис. 3.40 Панель активного режима выбора объектов

- Выполните пункт меню «**Назначение** ⇒ **Нагрузки**» (кнопка  на панели инструментов);
- В выпадающем списке «**Библиотека нагрузок**» выберите «**Интерактивные нагрузки** ⇒ **Собственный вес**» (Рис. 3.41) и нажмите кнопку «**Назначить**». Мы задаем сейчас нагрузку нормативную, соответственно коэффициент оставляем равным 1.

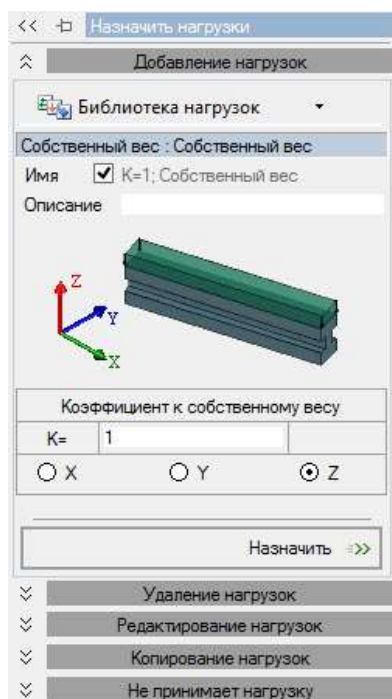


Рис. 3.41 Панель активного режима назначения нагрузки

- После назначения собственного веса в первом загрузении активируйте второе загрузение, используя выпадающую панель загрузений на панели инструментов (Рис. 3.42).

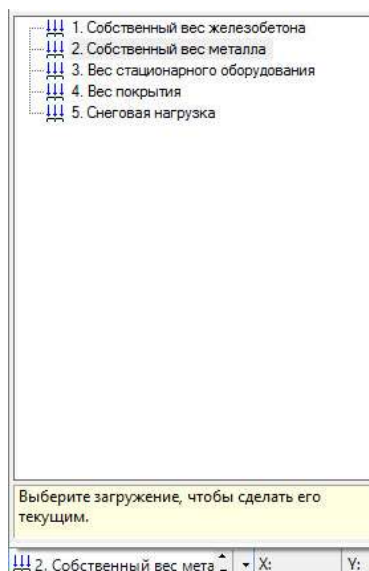


Рис. 3.42 Панель выбора активного загрузения

- Выделите все стержневые элементы расчетной схемы (зажмите клавиши **Shift+Ctrl**, снимите галочку напротив пункта «**Пластинчатые**» и выделите прямоугольником, не отпуская кнопки, всю схему).

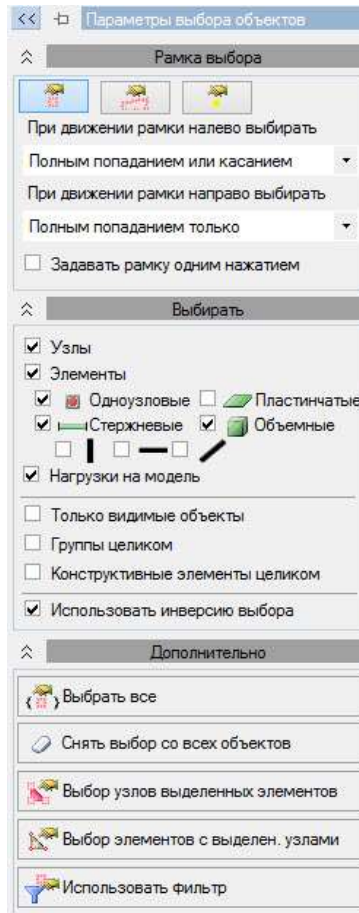
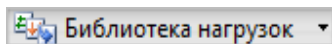


Рис. 3.43 Параметры выбора объектов

- В выпадающем списке «**Библиотека нагрузок**» выберите «**Собственный вес**» (Рис. 3.41) и нажмите кнопку «**Назначить**». Мы задаем сейчас нагрузку нормативную, соответственной коэффициент оставляем равной 1.
- После назначения собственного веса во втором загрузении, активируйте третье загрузение, используя выпадающую панель загрузений на панели инструментов (Рис. 3.42).
- Выделите фундаментную плиту, а также плиту перекрытия 2-го этажа с помощью операций выделения (описание см. выше).
- В выпадающем списке «**Библиотека нагрузок**» выберите «**Нагрузки на пластину**» → **Равномерно распределенная сила**» (рис. 4.43).



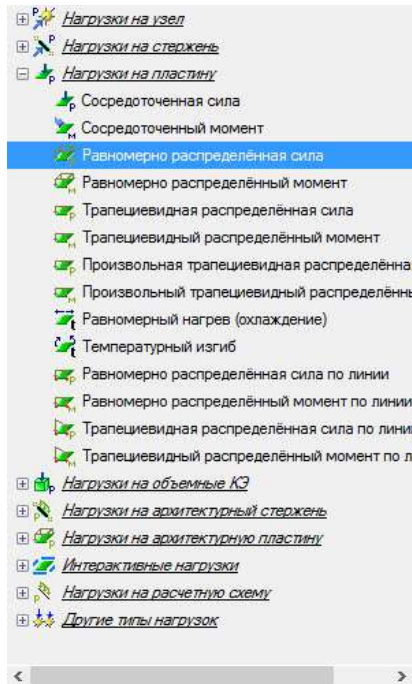


Рис. 3.44 Выбор равномерно распределенной нагрузки на пластину

- Задайте величину интенсивности **0.7 т/м²**, направление **Z** в глобальной системе координат (Рис. 3.45) и нажмите кнопку «Назначить».

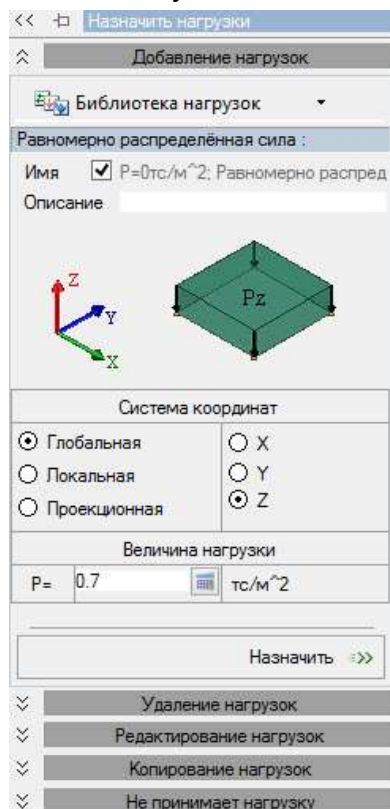

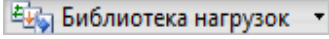



Рис. 3.45 Назначение равномерно распределённой силы

- После назначения веса стационарного оборудования в третьем загрузении активируйте четвертое загрузение, используя выпадающую панель загрузений на панели инструментов (Рис. 3.42);
- Выделите средние прогоны;
- В выпадающем списке «Библиотека нагрузок»  Библиотека нагрузок выберите «Нагрузки на стержень → Равномерно распределенная сила».

- Задайте величину интенсивности **0.4** т/м, направление **Z** в глобальной системе координат и нажмите кнопку **«Назначить»**.
- Аналогично задаем равномерно распределенную нагрузку на крайние прогоны интенсивностью **0.2** т/м.
- После назначения веса покрытия в четвертом загрузении активируйте пятое загрузение, используя выпадающую панель загрузений на панели инструментов;
- Выделите средние прогоны;
- В выпадающем списке **«Библиотека нагрузок»**  выберите **«Нагрузки на стержень → Равномерно распределенная сила»**;
- Задайте величину интенсивности **0.15** т/м, направление **Z** в глобальной системе координат и нажмите кнопку **«Назначить»**.
- Аналогично задаем равномерно распределенную нагрузку на крайние прогоны интенсивностью **0.075** т/м.

3.11 Статический расчет

- Запустите задачу на расчет с помощью меню **«Расчет → Выполнить расчет»** (кнопка  на панели инструментов);
- **«Параметры расчета»** (Рис. 3.46) оставляем по умолчанию и нажимаем на кнопку

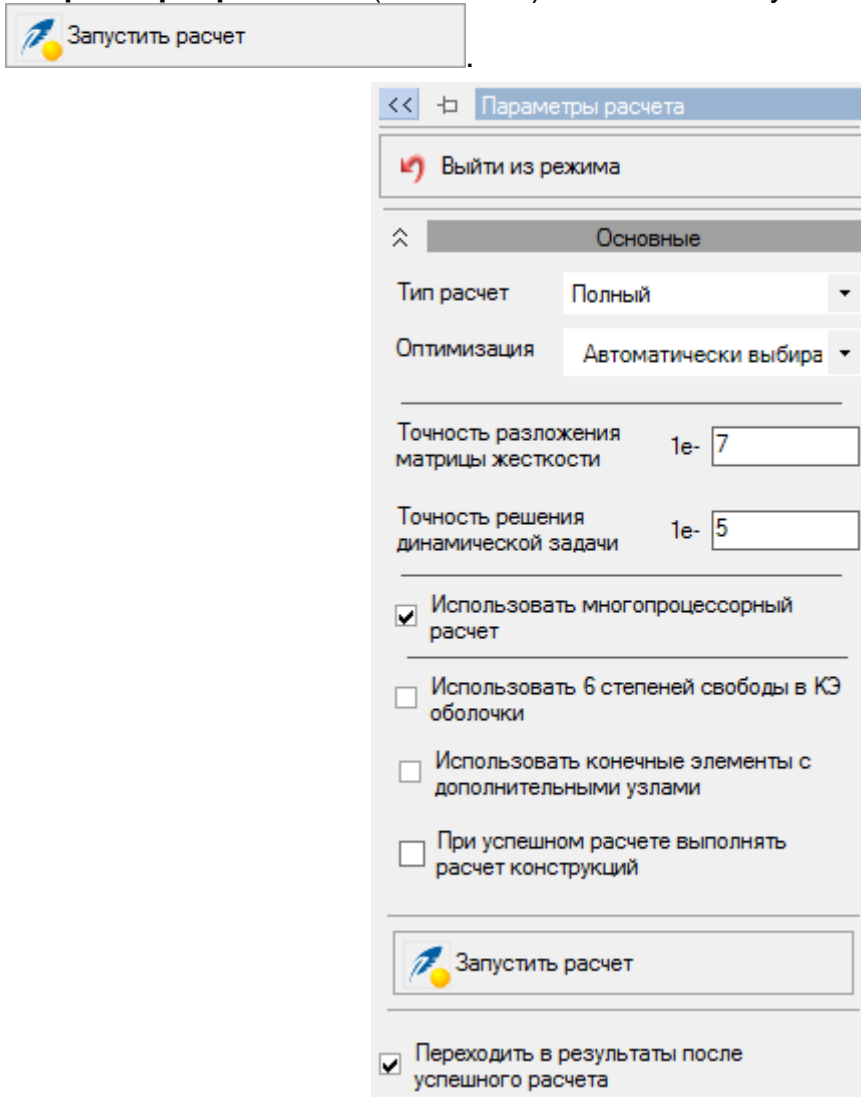





Рис. 3.46 Панель активного режима выполнения расчета



Примечание: если включена галочка «Переходить в результаты после успешного расчета», переход в режим результатов расчета осуществляется автоматически.

3.12 Просмотр и анализ результатов расчета

Отключение отображения нагрузок на расчетной схеме

- Выполните пункт меню «Выбор \Rightarrow Выбрать все узлы и элементы»;
- В диалоговом окне «Атрибуты представления» (кнопка  на панели инструментов) в списке «Проекция» снимите галочку «Нагрузки» и нажмите кнопку «Назначить»;
- Выполните пункт «Снять выбор со всех узлов и элементов» ;
- Для просмотра расчетной схемы с учетом перемещений узлов (Рис. 3.47) выполните пункт «Результаты \Rightarrow Деформированная схема» (кнопка  на панели инструментов).

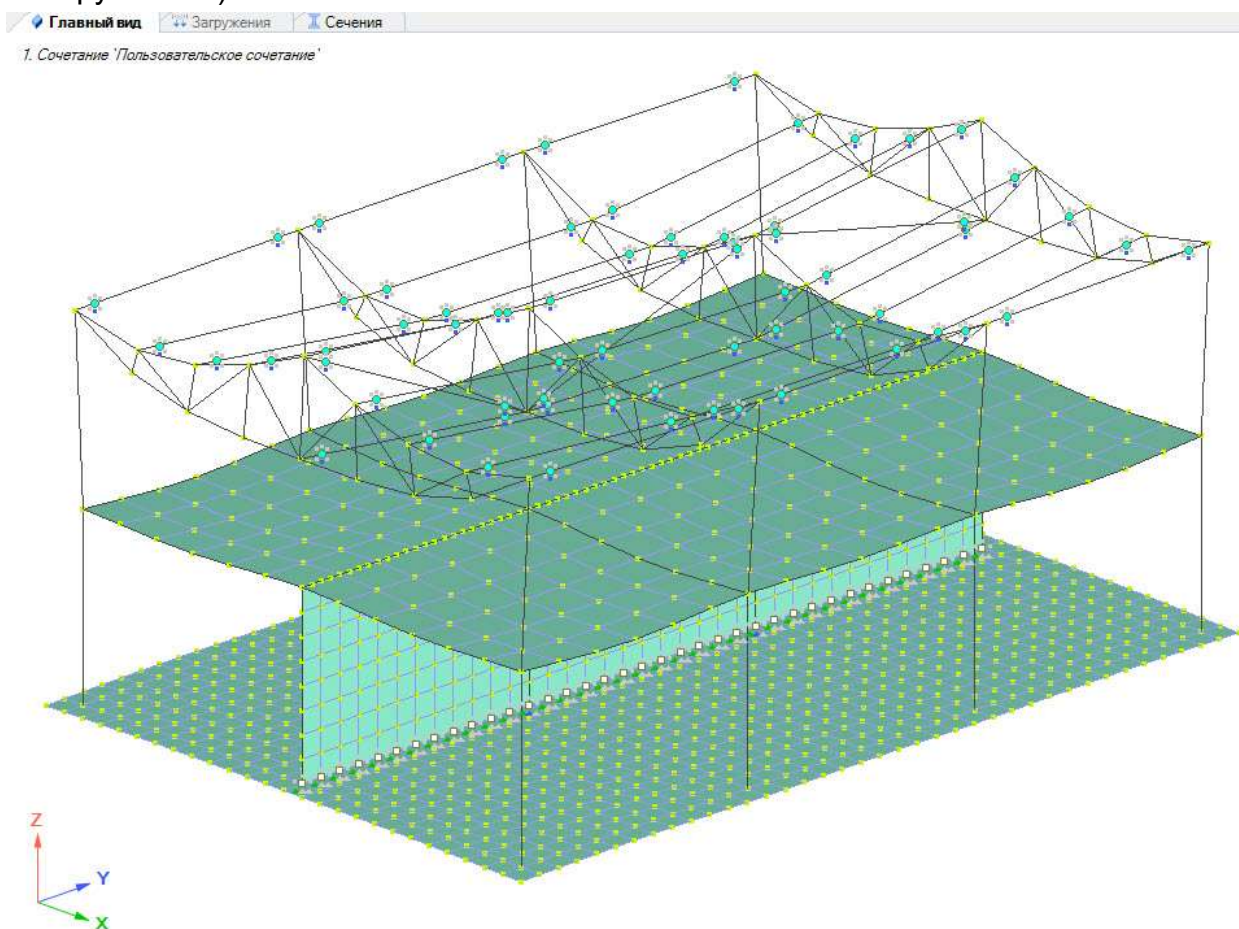

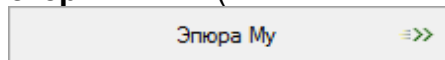


Рис. 3.47 Деформированная расчетная схема (*Сочетание 1*)



Вывод на экран эпюр внутренних усилий

- Выведите на экран эпюру M_y с помощью меню «Результаты \Rightarrow Результаты по стержням» (кнопка  на панели инструментов) и нажмите на кнопку



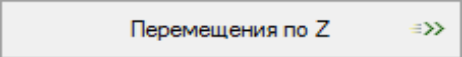


- Аналогично выведите на экран эпюры Q_z и N .

Смена номера текущего нагружения

- На панели инструментов **Загрузки**  смените номер загрузки на «**2. Постоянная нагрузка**»;
- Для восстановления расчетной схемы в первоначальном виде, выполните пункт меню «**Расчет** \Rightarrow **Исходные данные**», кнопка  на панели инструментов.

Вывод на экран изополей перемещений

- Для переключения режима просмотра для отображения результатов расчёта, выполните пункт меню «**Расчет** \Rightarrow **Результаты расчёта**», кнопка  на панели инструментов;
- Выведите на экран изополя перемещений по направлению **Z** с помощью меню «**Результаты** \Rightarrow **Результаты по узлам**» (кнопка  на панели инструментов) и нажмите кнопку ;
- Нажмите правую кнопку мыши на панели визуализации расчетной схемы и выполните команду «**Визуальное представление** \Rightarrow **Изополе**» (Рис. 3.48).

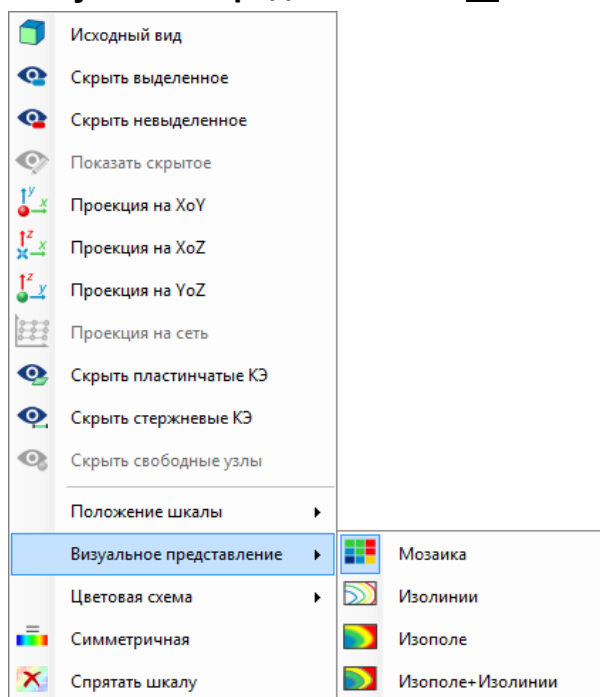


Рис. 3.48 Контекстное меню

Вывод на экран мозаик напряжений


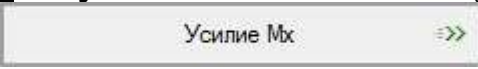

- Чтобы вывести на экран мозаику напряжений по **Mx**, выполните пункт меню «**Результаты** \Rightarrow **Результаты по пластинам**» (кнопка  на панели инструментов) и нажмите кнопку ;
- Аналогично выведите на экран мозаику напряжений **Nx** и **Rz** (отпор упругого основания);
- Для вывода усилий от сочетания нагрузок (РСН) откройте меню «**Результаты**» и выберите пункт «**РСН**»;
- Для переключения вывода усилий от расчетных сочетаний достаточно выбрать соответствующий «**Тип сочетания**» в активном режиме вывода усилий (Рис. 3.49).




Рис. 3.49 Выбор эпюры на схеме и тип сочетания

Формирование и просмотр таблиц результатов расчета

- Для вывода на экран таблицы со значениями усилий в элементах схемы выполните пункт меню «Документирование \Rightarrow Таблицы результатов» (кнопка  на панели инструментов);
- В режиме «Формирование таблиц» выделите строку «Усилия в стержневых элементах», включите радио-кнопку «Все загрузки» и нажмите кнопку «Сформировать»;
- Таблица «Усилия в стержневых элементах» отобразится в нижней части экрана (Рис. 3.50);

Номер	НС	N (тс)	Mx (тс*м)	My (тс*м)	Qz (тс)	Mz (тс*м)	Qy (тс)	Плотность энергии (тс/м ²)	Загрузка
1	1	-3.9496	-4.8236E-06	-0.7739	0.53613	-0.31338	-0.31875	0.0035041	1
1	2	-3.9496	-4.8236E-06	0.29836	0.53613	0.32412	-0.31875	0.0022391	1
1	3	-3.9496	-4.8236E-06	1.3706	0.53613	0.96162	-0.31875	0.013165	1
1	1	-1.7222	5.5946E-06	0.53883	-0.22627	0.092011	0.027901	0.0010437	2
1	2	-1.4462	5.5946E-06	0.086277	-0.22627	0.036208	0.027901	0.00019039	2
1	3	-1.1702	5.5946E-06	-0.36627	-0.22627	-0.019595	0.027901	0.00045506	2
1	1	-4.8813	1.1948E-06	-0.038953	0.34013	-0.40737	-0.40702	0.003115	3
1	2	-4.8813	1.1948E-06	0.64131	0.34013	0.40667	-0.40702	0.0041694	3

Рис. 3.50 Усилия в стержневых элементах

- Созданную таблицу можно экспортировать в: Word, Excel, HTML для документирования, для этого вызовите раскрывающееся меню с помощью кнопки  (Рис. 3.51);

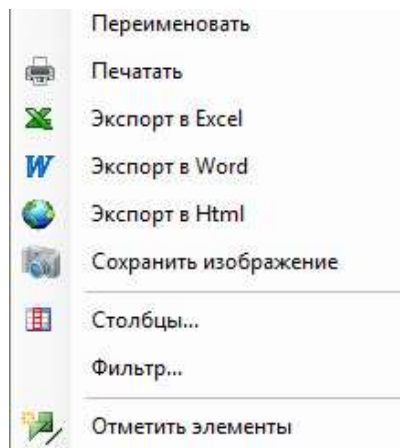


Рис. 3.51 Контекстное меню

- Для сохранения выберите одну из программ, в появившемся диалоговом окне «**Сохранить как**» задайте имя файла и папку, в которую будет сохранен файл;
- Щелкните по кнопке «**Сохранить**».

3.12 Подбор арматуры, подбор сечений элементов металлопроката

Задание параметров конструирования крайних колонн



- Для установления параметров конструирования необходимо перейти в «**Редактор параметров конструирования**»
- Выберите в категории «**Стальные элементы**» в выпадающем списке «**Топология двутавров**»; Нормативный документ – **СП 16.13330.2011**
- На панели «**Параметры конструирования стальных стержней**» в «**Описании**» впишите – Колонны;
- В разделе «**Первое предельное состояние**» задайте:
 - Коэффициент надежности по ответственности $\gamma_n=1$;
 - Коэффициент условий работы по прочности $\gamma_c=1$;
 - Коэффициент условий работы по устойчивости $\gamma_{cs}=1$;
 - Коэффициент приведения длины относительно Y_1 , $\mu_y=1$;
 - Коэффициент приведения длины относительно Z_1 , $\mu_z=1$;
 - Коэффициент приведения длины относительно Φ_b , $\mu_b=0,85$;
 - Схема работы относительно Φ_b – **балочная**,
 - Количество закреплений сжатого пояса в плоскости минимальной жесткости – **Два и больше закреплений, делящих пролет на равные части**;
- В разделе «**Второе предельное состояние**» задайте:
 - Коэффициент надежности по ответственности $\gamma_n=1$;
 - Отметьте «**Проверка по гибкости**»;
 - В категории «**Сжатые элементы**» выберите – Основные колонны, пояса и опорные раскосы стропильных ферм – **180-60а**;
 - Растянутые элементы – **300**.

Задание параметров конструирования плит перекрытия

- Выберите в категории «**Железобетонные элементы**» в выпадающем списке «**Железобетонная пластина**»;
- Нормативный документ – СП 63-13330-2012 (СНиП 52-01-2003);
- На панели «**Параметры конструирования железобетонных стержней**» в «**Описании**» впишите – Плита перекрытия;

- В разделе «**Первое предельное состояние**» задайте:
 - Тип бетона - **тяжелый**;
 - Класс бетона - **В30**;
 - Процент армирования максимальный – **5%**, минимальный – **0.05%**;
 - Коэффициент условий работы поперечной арматуры – **1**;
 - Определимость системы – **статически неопределимая**;
 - Шаг поперечных стержней – **1**;
 - Коэффициент условий работы для учета сейсмического воздействия:
 - Проверка на прочность (без учета наклонных сечений) – **1**;
 - Проверка на прочность наклонных сечений – **1**;
 - Коэффициент условия работы бетона $\gamma_{b1}=0,85$; $\gamma_{b3}=0,85$; $\gamma_{b5}=1$;
 - Коэффициент надежности по ответственности – **1**;
 - Относительная влажность воздуха **80%**.

Назначение параметров конструирования колоннам

- Перейдите в интерактивную панель визуализации расчетной модели, нажав на вкладку ;
- Выделите колонны, используя клавиши **Shift+Ctrl** (Рис. 3.52);
- Войдите в режим «**Назначить жесткости**» (Рис. 3.53) с помощью меню «**Схема** \Rightarrow **Назначить сечение, материал и параметры конструирования**» (кнопка  на панели инструментов);

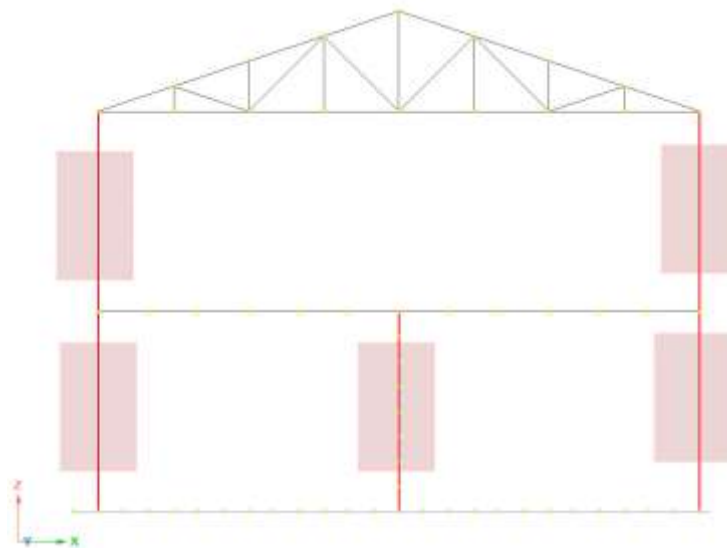


Рис. 3.52 Быстрое выделение колонн

- В режиме «**Назначить жесткости**» в списке конструирования выберите «**Параметры конструирования двутавра**» и нажмите кнопку «**Назначить**» (с элементов снимается выделение – это свидетельство того, что выделенным элементам присвоена текущая жесткость).

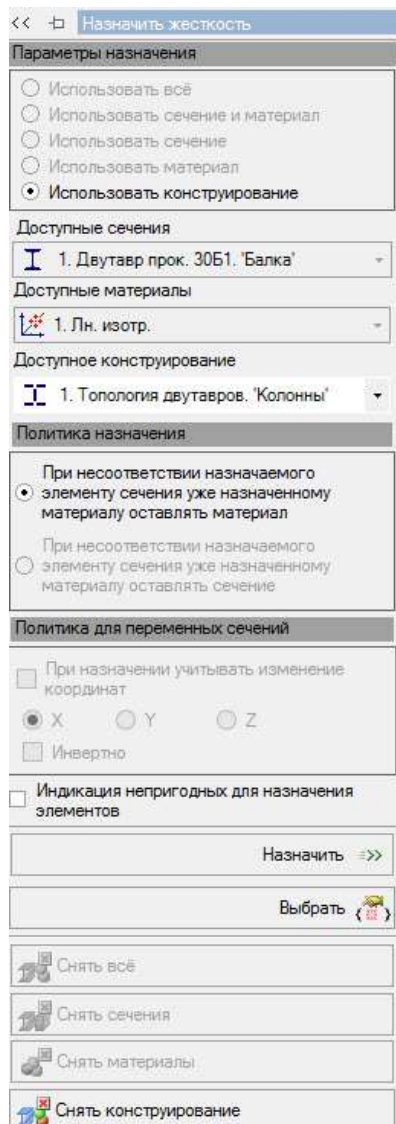

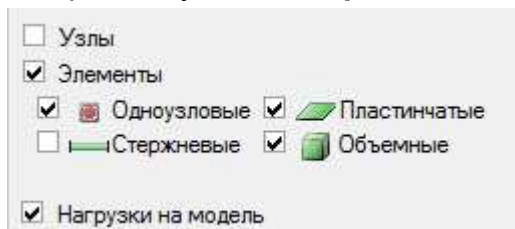


Рис. 3.53 Режим назначения жесткости

Назначение параметров конструирования плите перекрытия

- Перейдите в интерактивную панель визуализации расчетной модели, нажав на вкладку **Главный вид** ;
- Войдите в режим «**Назначить жесткости**» с помощью меню «**Схема** → **Назначить сечение, материал и параметры конструирования**» (кнопка  на панели инструментов);
- Выделите плиты перекрытия, используя клавиши **Shift+Ctrl** (Рис. 3.54), сняв в режиме выбора галочку напротив пункта «**Стержневые элементы**».



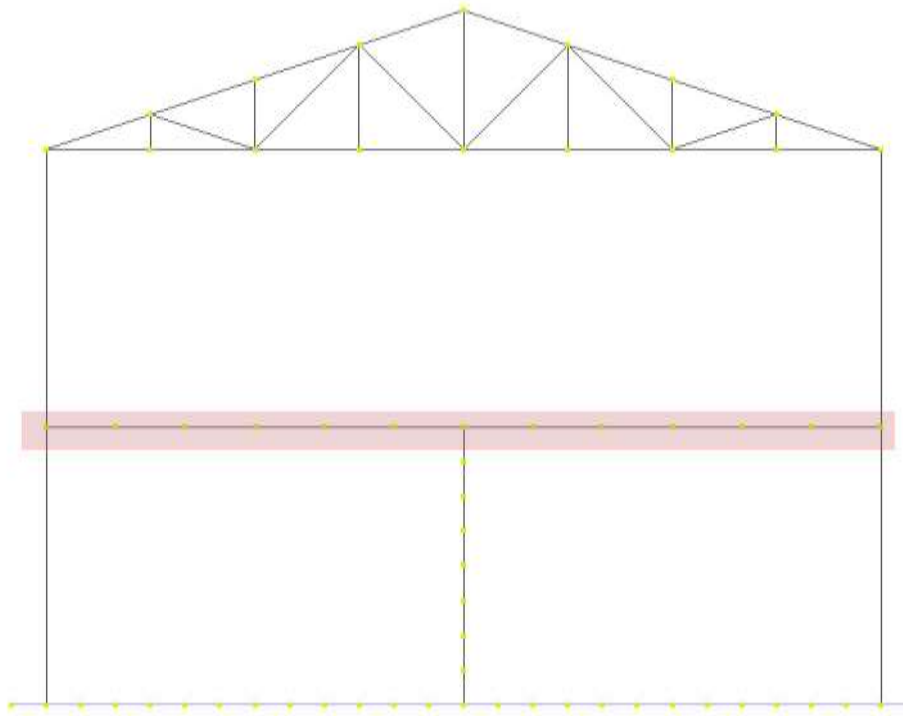


Рис. 3.54 Быстрое выделение плит перекрытия

- В режиме «**Назначить жесткость**» (Рис. 3.55) в списке конструирования выберите «**Ж.б. пластина**» и нажмите кнопку «**Назначить**» (с элементов снимается выделение – это свидетельство того, что выделенным элементам присвоена текущая жесткость);

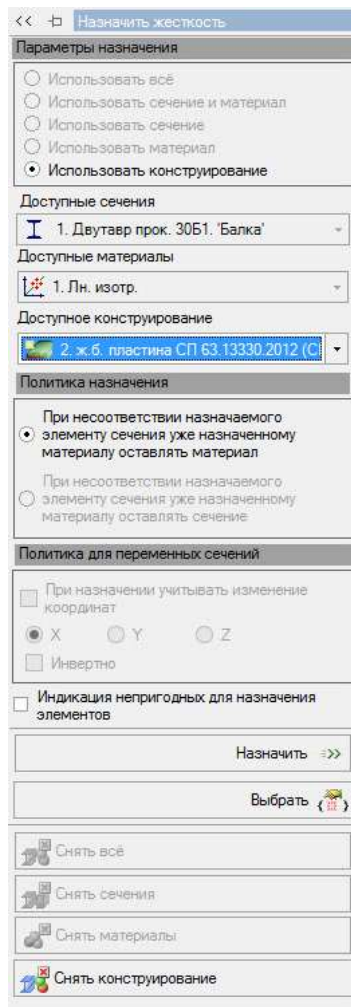

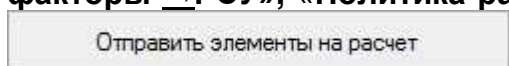



Рис. 3.55 Режим назначения жесткости

Расчет конструкций

- Перейдем в режим расчета конструкций ;
- В меню настройки параметров устанавливаем «Тип расчета \rightarrow Подбор», **Силовые факторы \rightarrow РСУ**, «Политика расчета \rightarrow Все элементы», далее нажимаем кнопку



Анализ результатов расчета металлических конструкций

- Для вывода результатов расчета металлической конструкции необходимо открыть меню «**Специальные результаты \rightarrow Стальные конструкции**» или нажать кнопку на панели инструментов ;
- В открывшемся окне указываются необходимые виды расчета и, после нажатия кнопки «**Показать**», на главном меню экране отобразится **процент использования МК** (Рис. 3.56).

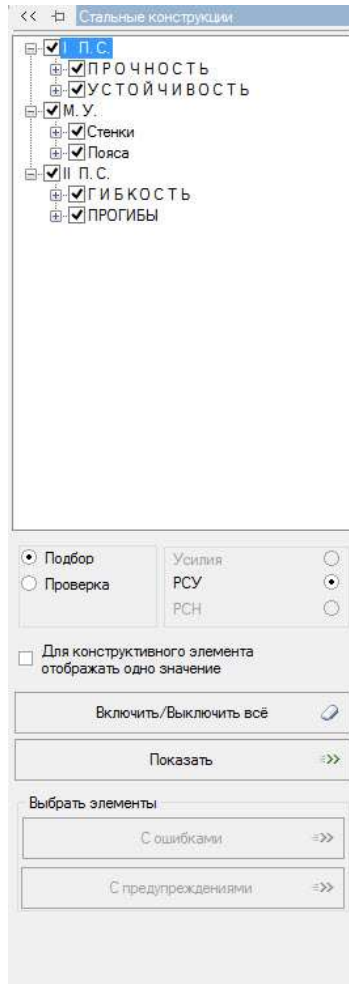


Рис. 3.56 Параметры отображения процента использования МК

- Также, станет активным окно проверки сечения каждого элемента по необходимому виду расчета (Рис. 3.57)

№	Сечение	Ошибки	Предуп.	I ПС (прочность)				I ПС (общая устойчивость)					Местная устойчивость				II ПС (гибкость)		II ПС (прогибы)	
				σ_x	T_{xx}	$\sigma_{\text{ср}}$	φ_x	$\varphi_{\text{кр}}$	$\varphi_{\text{кр}2}$	$\varphi_{\text{кр}3}$	$\sigma_{\text{ф}}$	λ_{eff}	λ_{eff}	λ_y	λ_z	δ_y	δ_z			
FE - 1	Двутавр прок. 20К2			99	13	49		53	60	79	65	18	36	31	60					
FE - 2	Двутавр прок. 20К2			99	13	49		53	60	79	65	18	36	31	60					
FE - 3	Двутавр прок. 20К1			81	15	66		77	49	55	91	25	44	35	54					
FE - 4	Двутавр прок. 20К1			81	15	66		77	49	55	91	25	44	35	54					


Рис. 3.57 Подбор элементов МК

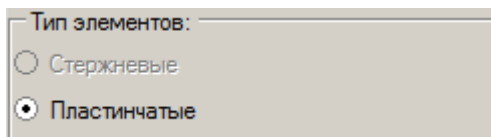
- Также, станет активным окно проверки расчета в формульном виде сечения каждого элемента по необходимому виду расчета (Рис. 3.58).

FE - 1	Двутавр прок. 20К2	99	13	49
FE - 2	Двутавр прок. 20К2	99	13	49
FE - 3	Двутавр прок. 20К1	81	15	66

Рис. 3.58 Проверка расчета элементов МК

Анализ результатов расчета железобетонных конструкций

- Для вывода результатов расчета металлических конструкций необходимо открыть меню «**Специальные результаты** ⇒ **Железобетонные конструкции**» или нажать кнопку на панели инструментов ;
- В появившемся окне выбираем «**Тип элементов** ⇒ **Пластинчатые**»;



- В появившемся окне выбираем вид необходимой арматуры и жмем кнопку «**Показать**».

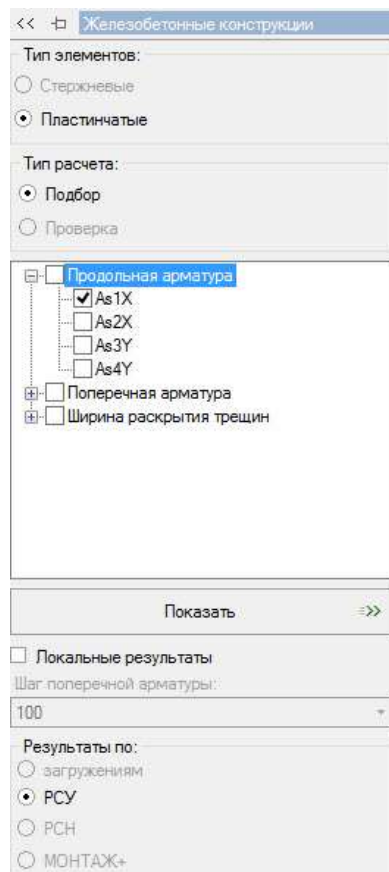


Рис. 3.59 Параметры отображения армирования элементов

- Изменить шаг арматуры, зафиксировать нужный диаметр или количество стержней на один погонный метр можно в меню «**Сервис** ⇒ **Настройка среды**» (Рис. 3.60) или щелкнуть правой кнопкой непосредственно по самой шкале.

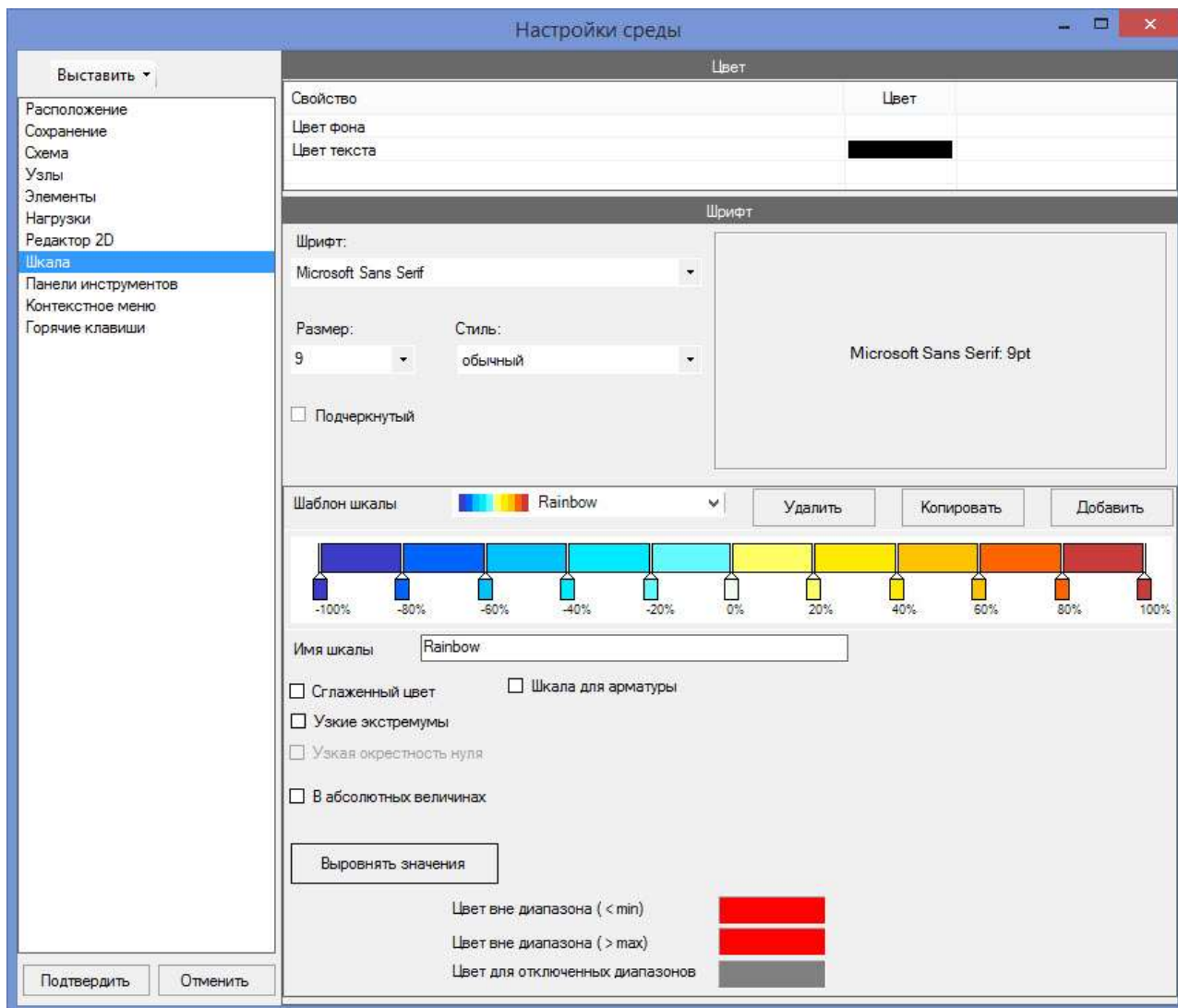




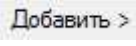




Рис. 3.60 Окно настройки шкалы

3.14 Формирование отчета

- Для документирования используйте пункт меню «**Формирование отчета**» (кнопка  на панели инструментов);
- Чтобы добавить в отчет изображения, таблицы или фрагменты текста, в первую очередь нужно выбрать нужную закладку  Изображения  Таблицы  Фрагменты, затем выбрать нужные элементы и нажать кнопку  «Добавить >»;
- Добавляем нужные изображения, таблицы, а также фрагменты текста (постоянные части отчетов, которые не изменяются от отчета к отчету) для будущего отчета (Рис. 3.61);
- После добавления - редактирование местоположения набранных изображений, фрагментов и таблиц осуществляется с помощью кнопок  ;
- Отчеты экспортируются в: Word, Excel, PowerPoint, Html.

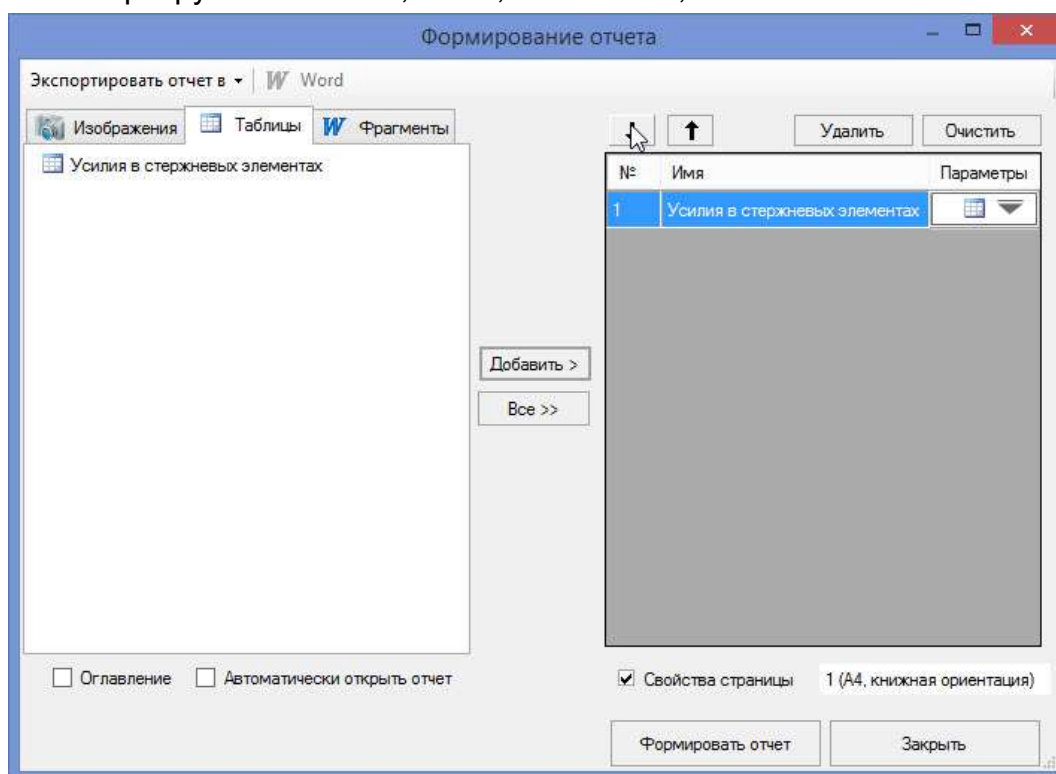


Рис. 3.61 Диалоговое окно формирования отчета

Литература

1. Программный комплекс «ЛИРА-Windows». Руководство пользователя / НИИАСС. – Книга 1, 2, 3 – Киев: Изд. НИИАСС, 2002.
2. Городецкий А.С., Евзеров И.Д., Стрелецкий Е.Б. и др. Метод конечных элементов: теория и численная реализация. Программный комплекс «ЛИРА- Windows» / – Киев: Изд. ФАКТ, 1997.
3. Городецкий А.С., Евзеров И.Д. Компьютерные модели конструкций - Киев: Факт, 2005
4. Стрелец-Стрелецкий Е.Б., Гензерский Ю.В., Лазнюк М.В., Марченко Д.В., Титок В.П. Лири 9.2. Руководство пользователя. Основы. Учебное пособие. Киев: изд. Факт, 2005.
5. Справочная система ПК ЛИРА 10.8.

ООО "ЛИРА софт" (Москва)

127238, Москва, Дмитровское шоссе, 71Б, БЦ "7 ONE

тел: +7 (495) 019-94-01

lira-soft.com

e-mail: support@lira-soft.com