

6. Контрольное задание к КоП. РАСЧЕТ РАМЫ НА УСТОЙЧИВОСТЬ

Цель:

- на простейшем примере продемонстрировать основные этапы задания исходной информации для оценки устойчивости и динамики сооружений;
- показать результаты динамического расчета;
- оценить частоты и формы собственных колебаний сооружения;
- произвести расчет плоской рамы на статические и динамические воздействия;
- произвести расчет устойчивости;
- выполнить проверку стальных сечений элементов рамы.

Исходные данные

Схема рамы и ее закрепление показаны на рис. 1.

Сечения элементов:

- средние колонны — швеллер № 40У;
- крайние колонны — двутавр № 60;
- балка настила — двутавр № 36;
- верхний и нижний пояс фермы — коробка 300×300×2;
- стойки и раскосы фермы — коробка 50×50×2.

Нагрузки:

- загрузка 1 — нагрузка от собственного веса;
- загрузка 2 — нагрузка от оборудования;
- загрузка 3 — статическая ветровая нагрузка;

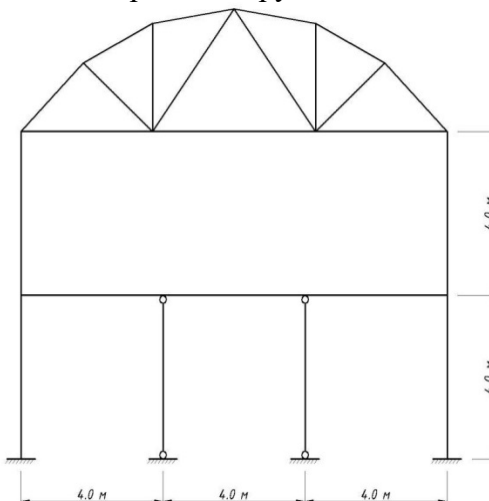


Рис. 1. Расчетная схема поперечника здания

Создание задачи

Для того чтобы начать работу с ПК ЛИРА 10.4, выполните следующую команду Windows:

Пуск ⇒ Программы (Все программы) ⇒ Lira Soft ⇒ Lira 10.4 ⇒ LIRA 10.4x86 (LIRA 10.4x64).

После запуска ПК ЛИРА 10.4 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 нового проекта:

- активируйте закладку **Создать новый проект** в режиме начальной загрузки или выполните пункт меню **Файл** → **Новый** (кнопка на панели инструментов).
- задайте следующие **Параметры проекта** (рис. 2):
 - имя создаваемой задачи — Пример 3;
 - описание задачи — Расчет рамы промышленного здания;
 - признак схемы — Плоская рама (X, Z, UY);
- После этого необходимо нажать кнопку **Создать**.

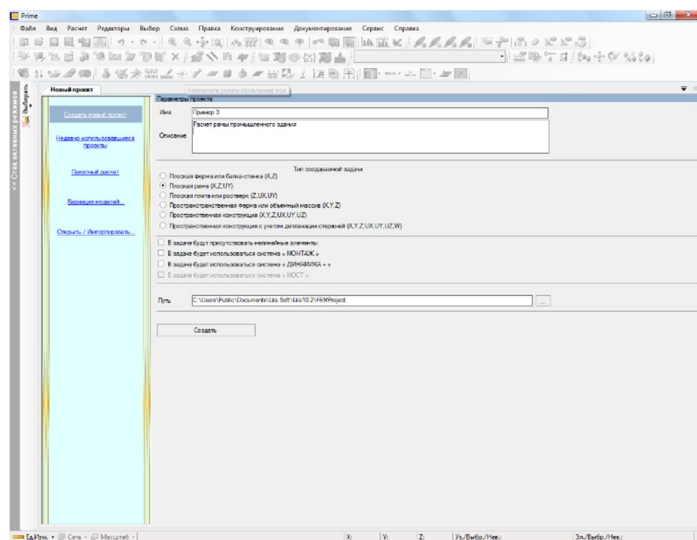


Рис. 2. Редактор начальной загрузки

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

Создание геометрической схемы

- Войдите в режим **Добавить пространственную раму** с помощью меню **Схема** → **Добавить пространственную раму** (кнопка  на панели инструментов).
- В панели активного режима задайте параметры рамы (рис. 3).
- Щелкните по кнопке **Использовать фрагмент**.
- С помощью курсора мыши созданный фрагмент добавьте к расчетной схеме. Для этого нужно курсор мыши подвести к пересечению точечных линий на сети построений (это точка (0;0;0) глобальной системы координат) и при возникновении значка  подтвердить щелчком мыши точку вставки фрагмента схемы;
- Масштабировать схему можно с помощью меню **Вид** → **Вписать в окно** (кнопка  на панели инструментов).

<< □ Добавить раму

Параметры шаблона

Параметры по оси X

	#	Шаг	Повторов	N
▶	1	4	3	1
*	2			

Параметры по оси Y

	#	Шаг	Повторов	N
▶	1	0	0	0
*	2			

Параметры по оси Z

	#	Шаг	Повторов	N
▶	1	4	2	1
*	2			1

☒ Генерировать плиты перекрытия

Способ разбивки 

 Использовать фрагмент

Привязка и расположение фрагмента

Параметры операции

Рис. 3. Задание параметров расчетной схемы

- Для сохранения информации о расчетной схеме выполните пункт меню **Файл** → **Сохранить** (кнопка  на панели инструментов).

Вывод на экран номеров узлов и элементов

- Выполните пункт меню **Вид** → **Изменить атрибуты** представления модели (кнопка  на панели инструментов).
- В панели активного режима **Атрибуты представления** в ветке **Элементы** установите флажок **Номер**.
- В ветке **Узлы** установите флажок **Номер**.
- Уберите флажок с **Использовать выделенные объекты**.
- Щелкните по кнопке **Назначить**.

На рис. 4 представлена полученная схема.

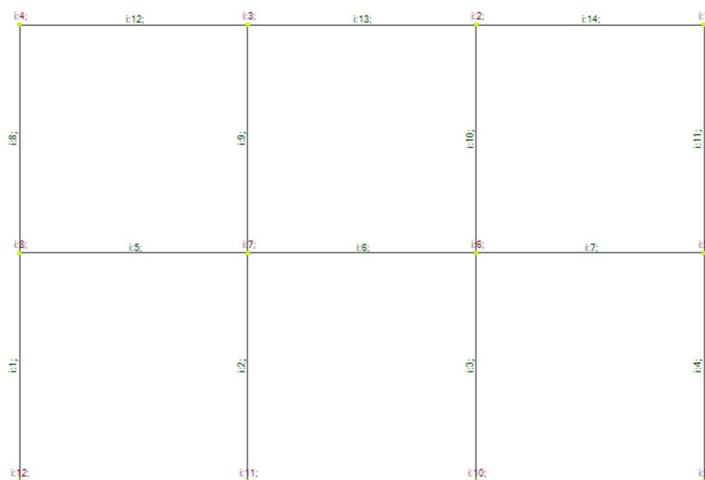


Рис. 4. Нумерация узлов и элементов расчетной схемы

Корректировка схемы

- Выполните пункт меню **Выбор** → **Выбрать объекты** (кнопка  на панели инструментов).
- С помощью курсора выделите узлы № 3 и 2 (узлы окрашиваются в красный цвет).

Примечание: по умолчанию отметка узлов выполняется с помощью прямоугольной рамки. При движении рамки налево элементы и узлы выделяются полным попаданием либо касанием, а при движении рамки направо — только полным попаданием. Есть возможность выделять с помощью полигона (кнопка  на панели активного режима Параметры выбора объектов) или же с помощью одиночной отметки (кнопка  на панели активного режима Параметры выбора объектов).

- С помощью пункта меню **Правка** → **Удалить выделенное** (кнопка  на панели инструментов) удалите выделенные узлы (обратите внимание, что при удалении узлов автоматически удаляются прилегающие к ним элементы).

- Выполните пункт меню **Выбор** → **Выбрать объекты** (кнопка  на панели инструментов).

- С помощью курсора выделите элементы № 2 и 3 (элементы окрашиваются в красный цвет).

- С помощью пункта меню **Схема** → **Назначить шарниры** (кнопка  на панели инструментов) вызовите режим **Назначить шарниры** (рис. 4).

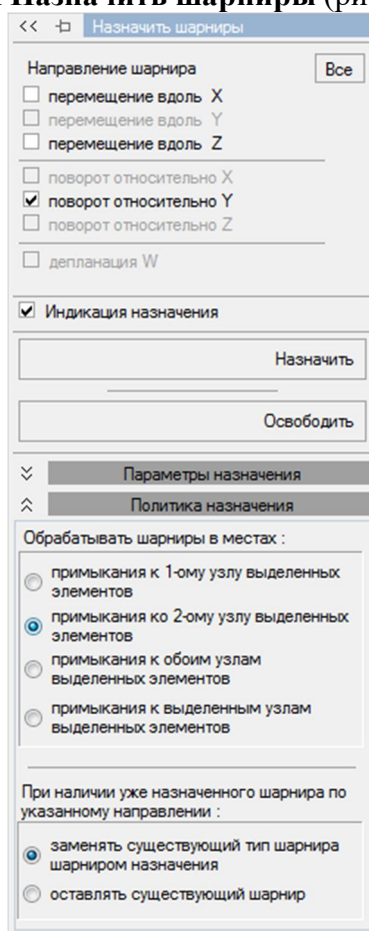


Рис. 4. Панель активного режима Назначить шарниры

- В панели активного режима с помощью установки флажков укажите узлы и направления, по которым снимается жесткость связи одного из концов стержня с узлом схемы (примыкание ко 2-му узлу выделенных элементов, поворот относительно Y).

- Щелкните по кнопке **Назначить**.

Установка фермы на раму

- С помощью пункта меню **Схема** → **Добавить ферму** (кнопка  на панели инструментов) вызовите режим **Добавить ферму**.
- На панели активного режима выберите конфигурацию фермы по очертанию поясов — параболическая.
- Задайте параметры фермы:
 высота фермы $h = 0$ м;
 расстояние до конька $L = 6$ м;
 отметка конька $H = 2$ м;
 плоскость построения — XoZ .

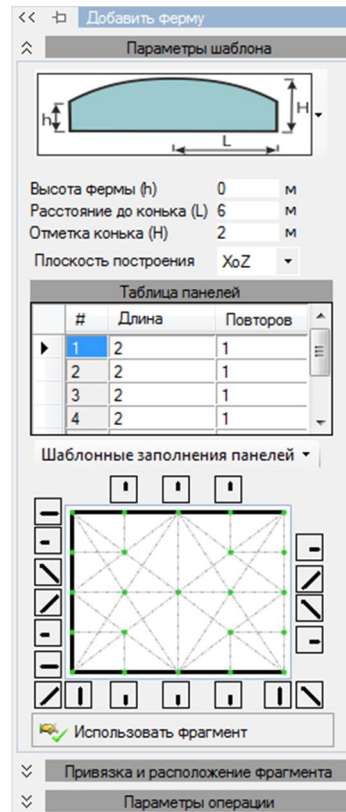


Рис. 5. Задание параметров панели № 1

- Заполните **Таблицу панелей**, указывая количество повторов (панели фермы разные, поэтому для каждой нужно задать свой шаблон):
 Панель № 1: длина 2 м, повторов 1.
 Используя **Шаблон для рисования панелей**, создайте шаблон вручную (рис. 5).
 Панель № 2: длина 2 м, повторов 1.
 Используя **Шаблон для рисования панелей**, создайте шаблон вручную (рис. 6).

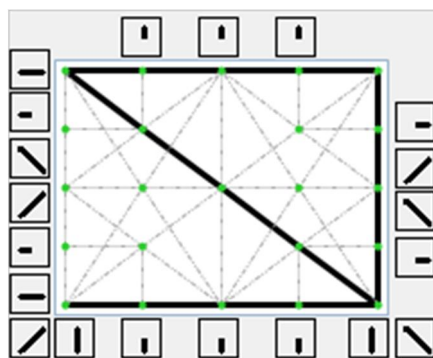


Рис. 6. Задание параметров панели № 2

Панель № 3: длина 2 м, повторов 1.

Используя **Шаблон для рисования панелей**, создайте шаблон вручную (рис. 7).

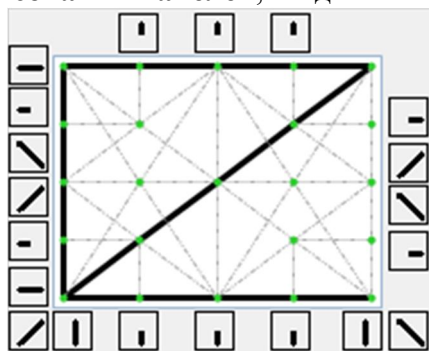


Рис. 7. Задание параметров панели № 3

Панель № 4: длина 2 м, повторов 1.

Используя **Шаблон для рисования панелей**, создайте шаблон вручную (рис. 8).

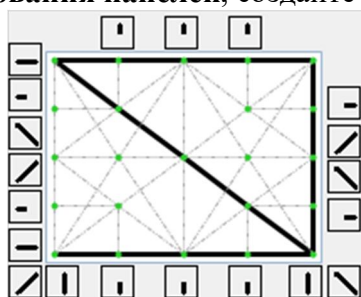


Рис. 8. Задание параметров панели № 4

Панель № 5: длина 2 м, повторов 1.

Используя **Шаблон для рисования панелей**, создайте шаблон вручную (рис. 9).

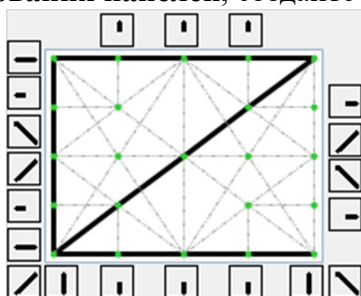


Рис. 9. Задание параметров панели № 5

Панель № 6: длина 2 м, повторов 1.

Используя **Шаблон для рисования панелей**, создайте шаблон вручную (рис. 134).

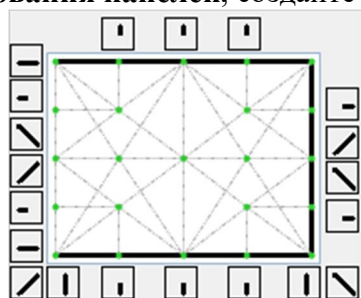


Рис. 10. Задание параметров панели № 6

- После этого щелкните по кнопке **Использовать фрагмент**.

- В выпадающем окне **Привязка и расположение фрагмента** выберите тип вставки, используя 1 точку.

- Созданный фрагмент добавьте к расчетной схеме. Для этого нужно курсор мыши подвести к узлу № 2 (верхний левый узел рамы) и при возникновении значка  подтвердить щелчком мыши точку вставки фрагмента схемы.

Упаковка схемы

- Выполните пункт меню **Вид → Изменить атрибуты представления модели** (кнопка  на панели инструментов).

- В панели активного режима **Атрибуты представления** в ветке **Элементы** установите флажок **Номер**.

- После этого в ветке **Узлы** установите флажок **Номер**.

- Уберите флажок с **Использовать выделенные объекты**.

- Щелкните по кнопке **Назначить**.

- Выделите элементы № 10 и 14 с помощью курсора;

- Выберите пункт меню **Правка → Объединение КЭ** (кнопка  на панели инструментов).

- В панели активного режима **Объединение КЭ** в ветке **Объединение стержней** выберите **Выполнить объединение**.

- Аналогично объедините стержни № 17 и 21; № 24 и 26.

- С помощью меню **Правка → Упаковать модель** (кнопка  на панели инструментов) вызовите диалоговое окно **Упаковка модели** (рис. 11).

- В этом окне щелкните по кнопке **Упаковать** (упаковка схемы проводится для сшивки совпадающих узлов и элементов, а также для безвозвратного исключения из расчетной схемы удаленных узлов и элементов).

Получим геометрическую схему, показанную на рис. 12.

<< Упаковка модели

^ Упаковка

☒ Упаковать всю схему
☐ Упаковать выделенные фрагменты
☒ Упаковывать узлы
погрешность 1E-05 м
☒ Упаковывать элементы

Пропускать

☐ Узлы (элементы), содержащие нагрузку
☐ Элементы с разными сечениями и материалами
☐ Элементы разных типов
☐ Узлы с объединением перемещений
☐ Узлы из абсолютно твердых тел

Дополнительные операции

☐ Удалить 'Висячие' узлы
☐ Удалять неиспользуемые материалы
☐ Удалять неиспользуемые сечения

Политика упаковки

☐ В произвольном порядке
☒ Оставлять узел (элемент) с меньшим номером
☐ Оставлять узел (элемент) с большим номером
☐ Пытаться объединить свойства упаковываемых узлов (элементов)

Упаковать

v Расшивка

v Приведение координат к модулю

Рис. 11. Упаковка модели

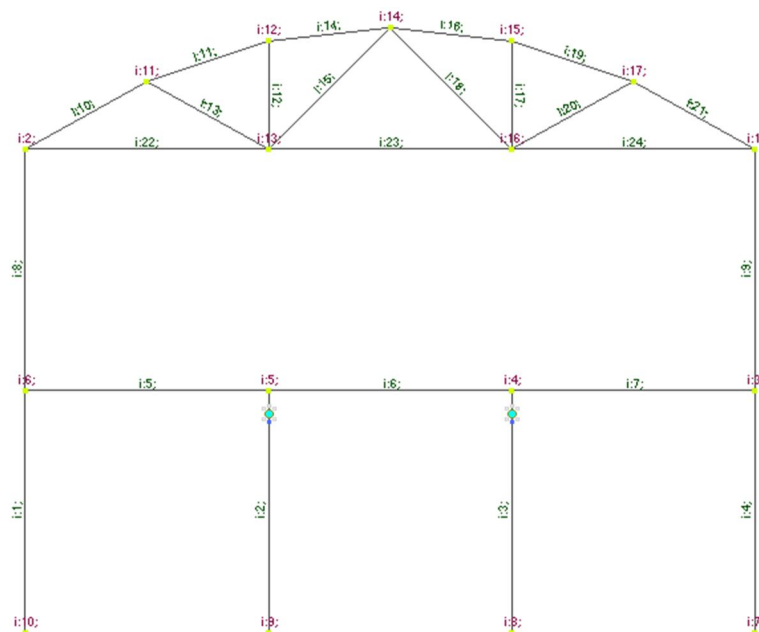


Рис. 12. Расчетная схема рамы с номерами узлов и элементов

Смена типа конечных элементов для элементов фермы

- Выделите все элементы фермы.
- С помощью меню **Схема** → **Изменить тип К.Э.** (кнопка  на панели инструментов) вызовите панель активного режима **Изменить тип К.Э.** (рис. 13).
- В панели активного режима отметьте радиокнопкой **Стержневые К.Э.**
- В списке **Доступные типы К.Э.** выберите (4) **КЭ ферменного стержня.**
- Щелкните по кнопке **Изменить.**
- Чтобы снять выделение с узлов, выберите **Выбор** → **Снять выбор со всех узлов и элементов** (кнопка  на панели инструментов).

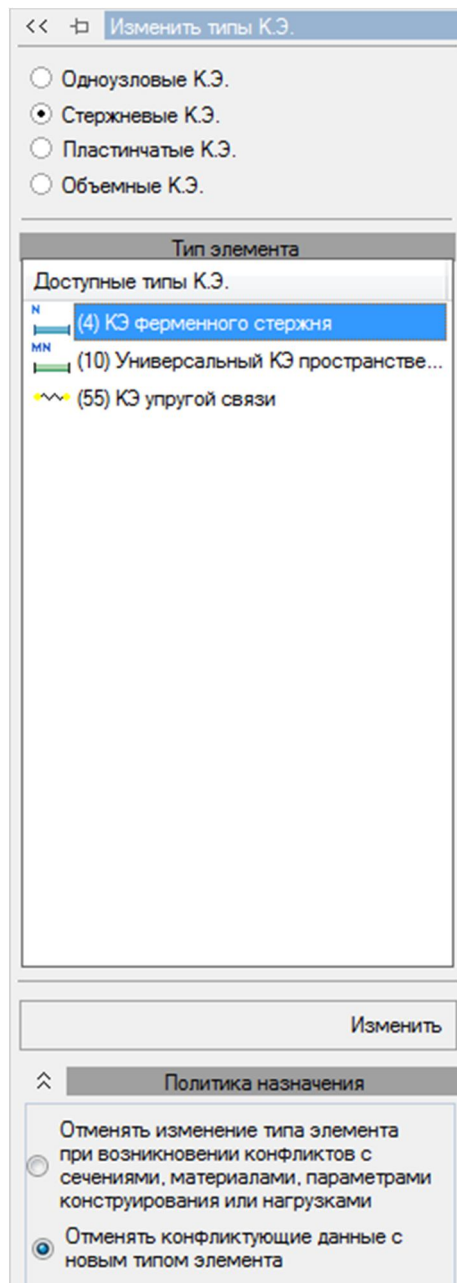


Рис. 13. Панель активного режима Изменить тип К.Э.

Задание расчетных сечений элементов ригелей

- Выделите на схеме горизонтальные элементы № 5—7.
- С помощью меню **Схема** → **Назначить стержням число расчетных сечений** (кнопка  на панели инструментов) вызовите панель активного режима **Число расчетных сечений стержней** (рис. 14);
- В панели активного режима задайте количество расчетных сечений $N = 5$.
- Щелкните по кнопке **Назначить**.

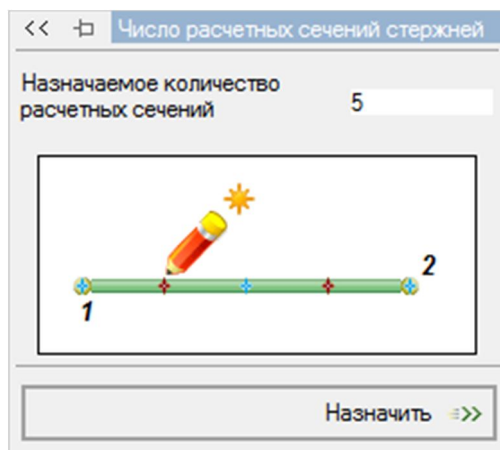


Рис. 14. Задание расчетных сечений элементов ригелей

Назначение раскреплений в узлах изгибаемых моментов

- Выделите горизонтальные элементы № 5—7.
- С помощью пункта меню **Конструирование** → **Установить раскрепление для прогибов** (кнопка  на панели инструментов) вызовите панель активного режима **Установить раскрепление для прогибов** (рис. 15);
 - Отметьте флажками направления для узла № 1 — Y1, Z1; для узла № 2 — Y1, Z1.
 - Политика установки раскрепления — В указанных узлах каждого выделенного конструктивного или конечного элемента.
 - Щелкните по кнопке **Установить**.
 - Чтобы снять выделение с узлов выберите **Выбор** → **Снять выбор со всех узлов и элементов** (кнопка  на панели инструментов).

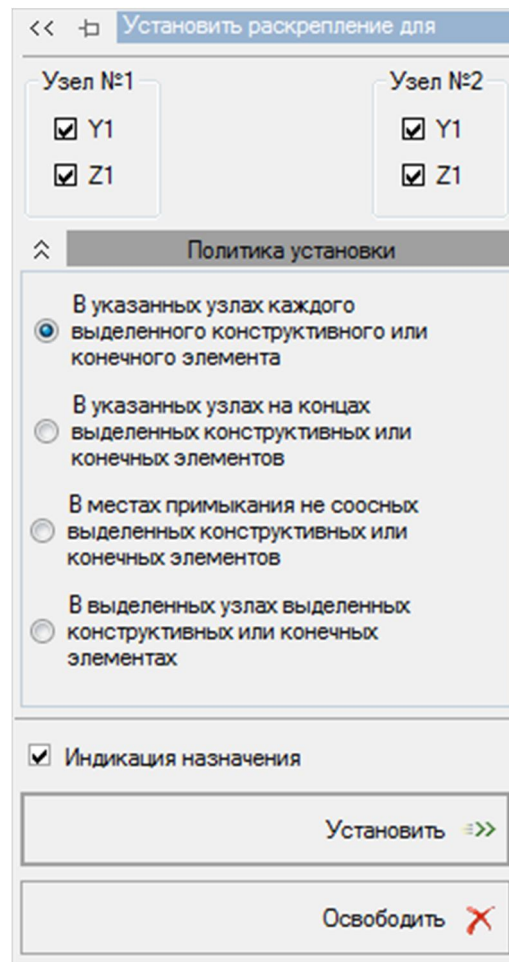


Рис. 15. Задание раскреплений для прогибов

Задание граничных условий

- Выделите узлы № 10 и 7 (нижние узлы крайних колон) с помощью курсора.
- С помощью пункта меню **Схема** → **Назначить связи** (кнопка  на панели инструментов) вызовите панель активного режима **Назначить связи**.
 - В этом диалоговом окне отметьте направления по которым запрещено перемещение узла (X, Z, UY) (рис. 16),
 - Щелкните по кнопке **Закрепить**.
- Аналогично выделите узлы № 9 и 8 (нижние узлы средних колон) с помощью курсора и отметьте направления, по которым запрещено перемещение узлов (X, Z).
- Щелкните по кнопке **Закрепить**.

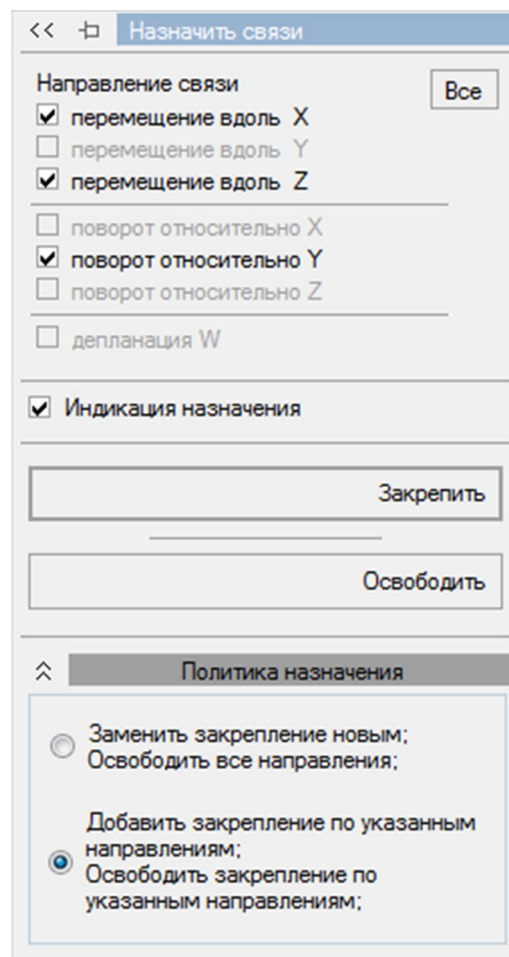


Рис. 16. Панель активного режима Назначить связи

Задание сечений

- С помощью меню **Редакторы** → **Редактор сечений/жесткостей** (кнопка  на панели инструментов) перейдите в режим **Редактор сечений/жесткостей**.
- Выберите щелчком мыши из категории **Стальные сечения** тип сечения **Швеллер прокатный** (на экран выводится панель для задания параметров выбранного сечения).
- В категории **Стальные сечения** стержней задайте параметры сечения:
в списке **Таблица сортамента** выберите — ГОСТ 8240—97 Швеллеры с уклоном внутренних граней полок;
профиль — 40У.
- В категории **Стальные сечения** выберите тип сечения **Двутавр прокатный** и задайте параметры сечения:
в списке **Таблица сортамента** выберите — ГОСТ 8239—72* Двутавр с непараллельными гранями полок;
профиль — 60.
- Еще раз в категории **Стальные сечения** выберите тип сечения **Двутавр прокатный** и задайте параметры сечения:
в списке **Таблица сортамента** выберите — ГОСТ 8239—72* Двутавр с непараллельными гранями полок;
профиль — 36.
- В категории **Стальные сечения** выберите тип сечения **Коробка прокатная** и задайте параметры сечения:

в списке **Таблица сортамента** выберите — ГОСТ 30245—2003 Гнутый сварной замкнутый квадратный профиль;
профиль — 300×300×12.

• Далее в списке типов сечений с помощью курсора выделите строку **4.Коробка 300×300×12**.

• Скопируйте текущее сечение с помощью кнопки .

• После этого в списке типов сечений выделите строку 5. Коробка 300×300×12 и смените Профиль короба на 50×50×2.

• Для просмотра исходных данных другого сечения сделайте его активным в списке сечений (рис. 17).

• Для выхода из **Редактора сечений/жесткостей** щелкните мышкой по вкладке **Главный вид**.

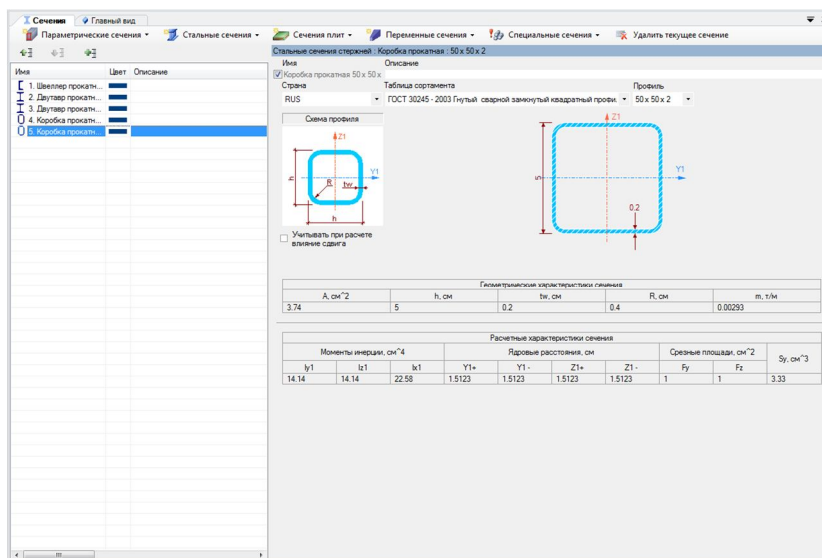


Рис. 17. Редактор сечений/жесткостей

Задание материала

• С помощью меню **Редакторы** → **Редактор материалов** (кнопка  на панели инструментов) перейдите в **Редактор материалов** (рис. 18).

• Выберите из категории **Материал из базы данных** → **Стальной прокат из базы данных** → ГОСТ 27772—88.

• Тип проката — Фасонный.

• Марка стали — С235.

• Нормы — СНиП-II-23—81*.

• Для выхода из **Редактора материалов** щелкните мышкой по вкладке **Главный вид**.

Физические характеристики материала (по СНиП II-23-81*)					
Модуль упругости т/м ²	Модуль сдвига т/м ²	Коэффициент Пуассона	Коэффициент температурного расширения 1/С	Коэффициент деформирования	Коэффициент надежности по материалу
E 2.1005E+07	G 7.9538E+06	ν 0.3	α 1.2E-05	2.20; 0 20-40; 0	γ _н 1.025

Механические свойства проката			Характеристики в соответствии с СНиП II-23-81*			
Предел текучести т/м ²	Временное сопротивление т/м ²	Относительное удлинение %	Нормативное сопротивление проката		Расчетное сопротивление проката	
			Предел текучести т/м ²	Временное сопротивление стали по пределу текучести т/м ²	Сопротивление стали по временному сопротивлению т/м ²	Сопротивление стали по временному сопротивлению т/м ²
σ _T 2.20; 23863 20-40; 22644	σ _B 2.20; 36710 20-40; 36710	δ ₅ 2.20; 0.0026513 20-40; 0.0026493	R _T 2.20; 23863 20-40; 22644	R _m 2.20; 36710 20-40; 36710	R _y 2.20; 23453 20-40; 22434	R _{yk} 2.20; 35690 20-40; 35690

Примечание. Значения расчетных сопротивлений получены делением нормативных сопротивлений на коэффициент надежности по металлу с округлением до 5МПа

Рис. 18. Редактор материалов

Задание параметров конструирования

- С помощью меню **Редакторы** → **Редактор параметров конструирования** (кнопка  на панели инструментов) перейдите в редактор параметров конструирования.
- Задание параметров конструирования для средних колонн.
- Выберите в категории **Стальные элементы** и в выпадающем списке **Параметры конструирования: швеллер**.
 - Нормативный документ — **СНиП II-23—81***.
 - На панели **Параметры конструирования стальных стержней** в **Описании** впишите — **Средние колонны**.
 - В разделе **Первое предельное состояние** задайте (рис. 143):
 - коэффициент надежности по ответственности $\gamma_n = 1$;
 - коэффициент условий работы по прочности $\gamma_c = 1$;
 - коэффициент условий работы по устойчивости $\gamma_s = 1$;
 - 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**.

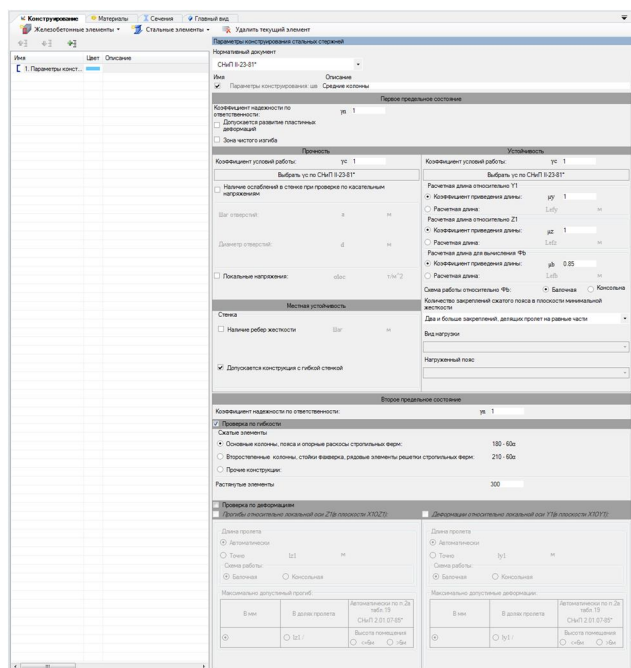


Рис. 19. Редактор параметров конструирования средних колонн

Задание параметров конструирования для крайних колонн

- Выберите в категории **Стальные элементы** и выпадающем списке **Параметры конструирования**: двутавр.
- Нормативный документ — СНиП II-23—81*.
- На панели **Параметры конструирования стальных стержней** в **Описании** впишите **Крайние колонны**.
- В разделе **Первое предельное состояние** задайте (рис. 20);
 коэффициент надежности по ответственности $\gamma_n = 1$;
 коэффициент условий работы по прочности $\gamma_c = 1$;
 коэффициент условий работы по устойчивости $\gamma_s = 1$;
 коэффициент приведения длины относительно $Y1$, $\mu_y = 1$;
 коэффициент приведения длины относительно $Z1$, $\mu_z = 1$;
 коэффициент приведения длины относительно Φb , $\mu_b = 0,85$;
 схема работы относительно Φb — 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.

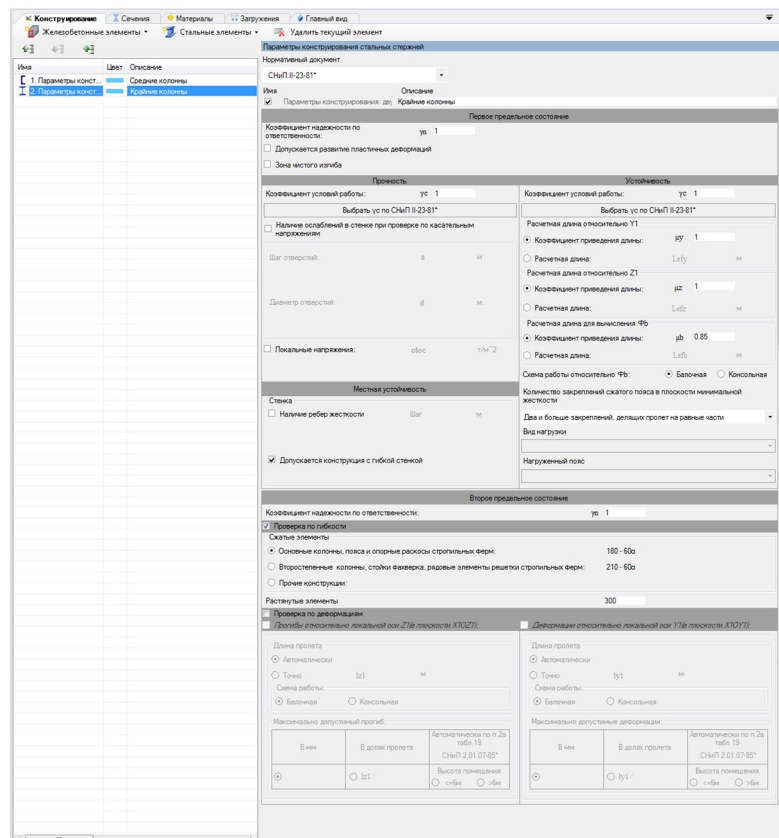


Рис. 20. Редактор параметров конструирования для крайних колонн

Задание параметров конструирования для балок настила

- Выберите в категории **Стальные элементы** и выпадающем списке **Параметры конструирования**: двутавр.
- Нормативный документ — СНиП II-23—81*.
- На панели **Параметры конструирования стальных стержней** в **Описании** впишите — Балки настила, так как параметры задаем для балок.
- В разделе **Первое предельное состояние** задайте (рис. 21):
 коэффициент надежности по ответственности $\gamma_n = 1$;
 коэффициент условий работы по прочности $\gamma_s = 1$;
 коэффициент условий работы по устойчивости $\gamma_c = 0.95$;
 коэффициент приведения длины относительно Y_1 , $\mu_{y1} = 1$;
 коэффициент приведения длины относительно Z_1 , $\mu_{z1} = 0.25$;
 коэффициент приведения длины относительно F_b , $\mu_b = 1$;
 схема работы относительно F_b — балочная, Количество закреплений сжатого пояса в плоскости минимальной жесткости — Два и больше закреплений, делящих пролет на ровные части.
- В разделе **Второе предельное состояние**:
 задайте коэффициент надежности по ответственности $\gamma_n = 1$;
 отметьте флажком **Проверка по деформациям**;
 отметьте флажком **Прогибы относительно локальной оси Z_1** (в плоскости $X10Z1$);
 длина пролета — Автоматически;
 в разделе **Максимально допустимый прогиб** выберите **В долях пролета** — $l_z 1/$ — 250.

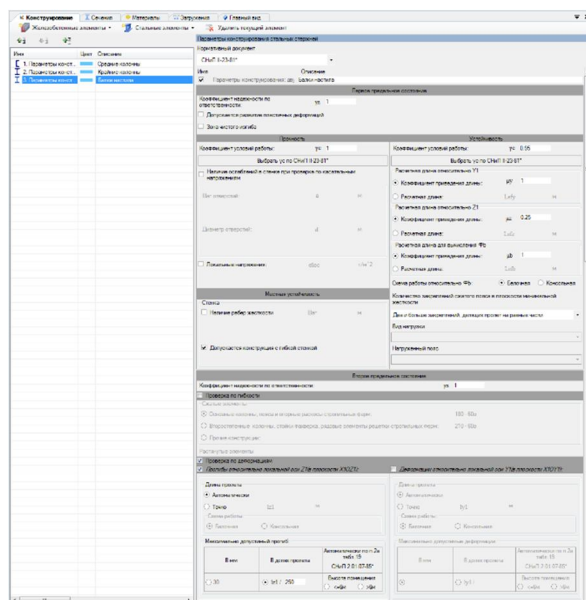


Рис. 21. Редактор параметров конструирования для балок настила

Задание параметров конструирования для элементов верхнего пояса фермы

- Для задания параметров конструирования элементов верхнего пояса фермы выберите в категории **Стальные элементы** и выпадающем списке **Параметры конструирования**: коробка.
- Нормативный документ — СНиП II-23—81*.
- На панели **Параметры конструирования стальных стержней** в **Описании** впишите — **Элементы верхнего пояса фермы**.
- В разделе **Первое предельное состояние** задайте (рис. 22):
 коэффициент надежности по ответственности $\gamma_n = 1$;
 коэффициент условий работы по прочности $\gamma_s = 1$;
 коэффициент условий работы по местной устойчивости $\gamma_s = 1$;
 коэффициент условий работы по устойчивости $\gamma_s = 1$;
 коэффициент приведения длины относительно Y_1 , $\mu_y = 1$;
 коэффициент приведения длины относительно Z_1 , $\mu_z = 1$.
- В разделе **Второе предельное состояние**:
 задайте коэффициент надежности по ответственности $\gamma_n = 1$;
 отметьте флажком **Проверка по гибкости**;
 в категории **Сжатые элементы** отметьте пункт **По табл. 19* СНиП II-23—81*** и в выпадающем списке выберите **Пояса, опорные раскосы, опорные стойки**: плоских ферм, структурных конструкций, пространственных конструкций высотой до 50 м;
 растянутые элементы — 300.

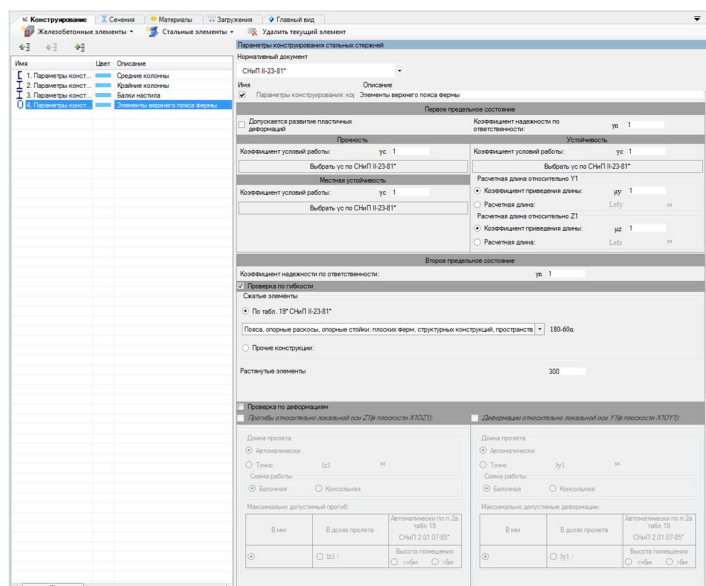


Рис. 22. Редактор параметров конструирования элементов верхнего пояса фермы
Задание параметров конструирования для элементов нижнего пояса фермы

- Для задания параметров конструирования элементов нижнего пояса фермы выберите в категории **Стальные элементы** и выпадающем списке **Параметры конструирования:** коробка.
 - Нормативный документ — СНиП II-23—81*.
 - На панели **Параметры конструирования стальных стержней** в **Описании** впишите **Элементы нижнего пояса фермы**.
 - В разделе **Первое предельное состояние** задайте (рис. 23):
 - коэффициент надежности по ответственности, $\gamma_n = 1$;
 - коэффициент условий работы по прочности, $\gamma_s = 1$;
 - коэффициент условий работы по местной устойчивости, $\gamma_s = 1$;
 - коэффициент условий работы по устойчивости, $\gamma_s = 1$;
 - коэффициент приведения длины относительно Y_1 , $\mu_y = 0,33$;
 - коэффициент приведения длины относительно Z_1 , $\mu_z = 0,33$;
 - В разделе **Второе предельное состояние**:
 - задайте коэффициент надежности по ответственности, $\gamma_n = 1$;
 - отметьте флажком **Проверка по гибкости**;
 - в категории **Сжатые элементы** отметьте пункт **По табл. 19* СНиП II-23—81*** и в выпадающем списке выберите **Пояса, опорные раскосы, опорные стойки: плоских ферм, структурных конструкций, пространственных конструкций высотой до 50 м;**
 - растянутые элементы — 300.

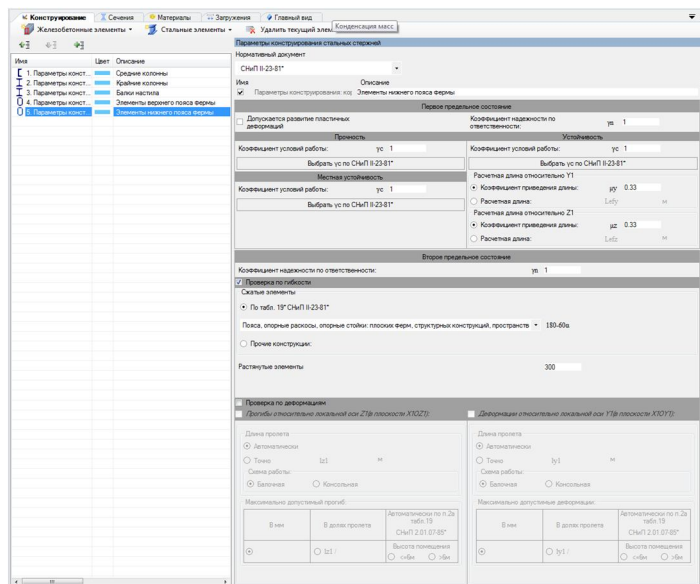


Рис. 23. Редактор параметров конструирования элементов нижнего пояса фермы
Задание параметров конструирования для элементов решетки фермы

• Для задания параметров конструирования элементов решетки фермы выберите в категории **Стальные элементы** и выпадающем списке **Параметры конструирования:** коробка.

• Нормативный документ — СНиП II-23—81*.

• На панели **Параметры конструирования стальных стержней** в **Описании** впишите **Элементы решетки фермы**.

• В разделе **Первое предельное состояние** задайте (рис. 24):

коэффициент надежности по ответственности, $\gamma_n = 1$;

коэффициент условий работы по прочности, $\gamma_c = 1$;

коэффициент условий работы по местной устойчивости, $\gamma_s = 1$;

коэффициент условий работы по устойчивости, $\gamma_s = 1$;

коэффициент приведения длины относительно $Y1$, $\mu_y = 1$;

коэффициент приведения длины относительно $Z1$, $\mu_z = 1$.

• В разделе **Второе предельное состояние**:

задайте коэффициент надежности по ответственности, $\gamma_n = 1$;

отметьте флажком **Проверка по гибкости**;

в категории **Сжатые элементы** отметьте пункт **По табл. 19* СНиП II-23—81*** и в выпадающем списке выберите **Прочие элементы решетки плоских ферм, пространственных и структурных конструкций**;

растянутые элементы — 300.

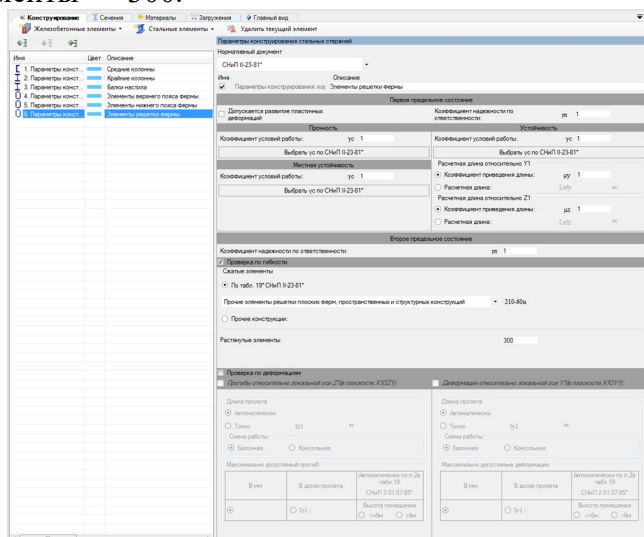


Рис. 24. Редактор параметров конструирования элементов решетки фермы

Для выхода из Редактора параметров конструирования щелкните мышкой по вкладке **Главный вид**.

Назначение сечений, материалов и параметров конструирования элементам расчетной схемы

Задание сечений материалов и параметров конструирования для средних колонн

- С помощью мышки выберите элементы № 2, 3 (средние колонны).
- Выберите пункт меню **Конструирование** → **Назначить сечение, материал и параметры конструирования** (кнопка  на панели инструментов) (рис. 25).

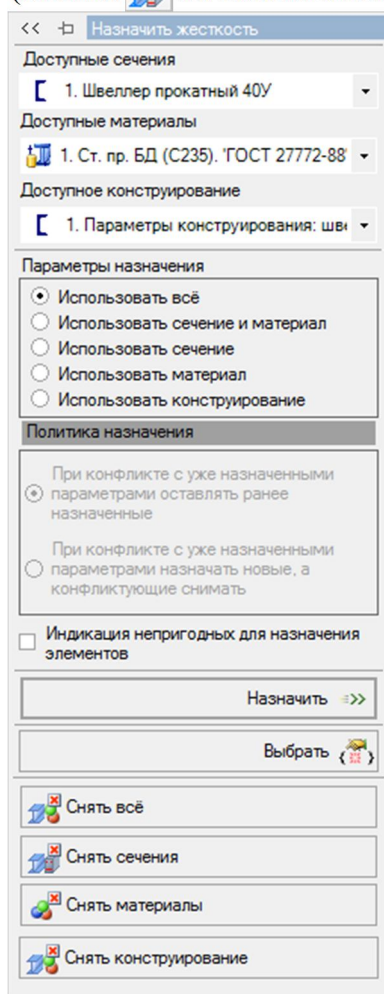


Рис. 25. Панель активного режима

Назначить жесткость для средних колонн

- Для задания сечения, материала и параметров конструирования для колонн расчетной схемы в **Параметрах назначения** укажите радиокнопкой **Использовать все**.
- Выберите в **Доступные сечения** → **1. Швеллер прокатный 40У**, в **Доступные материалы** → **1. Ст. пр. БД (С235) 'ГОСТ 27772-88'**; а в **Доступное конструирование** → **1. Параметры конструирования: швеллер прокатный. 'Средние колонны'**. Все остальные параметры оставьте по умолчанию и нажмите кнопку **Назначить**.

Задание сечений материалов и параметров конструирования для крайних колонн

- Выберите пункт меню **Выбор** → **Фильтр выбора** (кнопка  на панели инструментов) (рис. 26).

- В разделе **Ограничения выбора** перейдите на закладку **Фильтр по элементам** (), отметьте флажком пункт **По номеру** и впишите элементы № 1, 4, 8, 9 (крайние колонны), затем щелкните на кнопку **Выбрать** (выделение приобретут колонны расчетной схемы).
- По стеку активных режимов вернитесь в панель активного режима **Назначить жесткость** (кнопка  на панели инструментов).
- Для задания сечения, материала и параметров конструирования для крайних колонн расчетной схемы в **Параметрах назначения** укажите радио-кнопкой **Использовать все**.
- Затем выберите в **Доступные сечения** → **2. Двутавр прокатный 60**, в **Доступные материалы** → **1. Ст. пр. БД (С235) 'ГОСТ 27772-88'**; а в **Доступное конструирование** → **2. Параметры конструирования: двутавр прокатный. 'Крайние колонны'**. Все остальные параметры оставьте по умолчанию и нажмите кнопку **Назначить**.

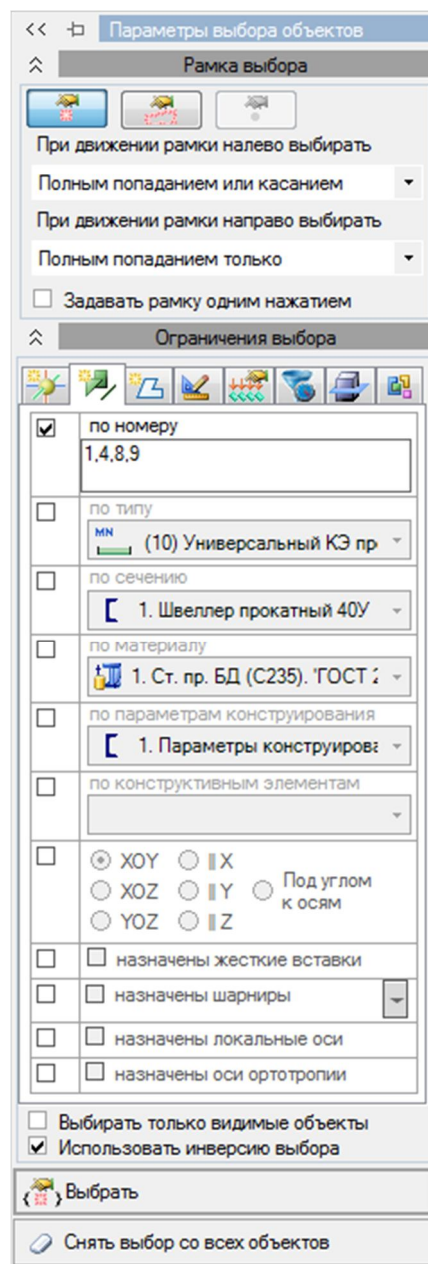


Рис. 26. Панель активного режима Фильтр выбора

Задание сечений материалов и параметров конструирования для элементов балок настила

- С помощью мышки выберите элементы № 5, 6, 7 (балки настила).
- Для задания сечения, материала и параметров конструирования для балок настила в **Параметрах назначения** укажите радиокнопкой **Использовать все**.
- Затем выберите в **Доступные сечения** → **3. Двутавр прокатный 36**, в **Доступные материалы** → **1. Ст. пр. БД (С235) 'ГОСТ 27772-88'**; а в **Доступное конструирование** → **3. Параметры конструирования**: двутавр прокатный. 'Балки настила'. Все остальные параметры оставьте по умолчанию и нажмите кнопку **Назначить**.

Задание сечений материалов и параметров конструирования для элементов верхнего пояса фермы

- С помощью мышки выберите элементы № 10, 11, 14, 16, 19, 21 (элементы верхнего пояса фермы).
- Для задания сечения, материала и параметров конструирования для элементов верхнего пояса фермы в **Параметрах назначения** укажите радиокнопкой **Использовать все**.
- Затем выберите в **Доступные сечения** → **4. Коробка прокатная 300×300×12**, в **Доступные материалы** → **1. Ст. пр. БД (С235) 'ГОСТ 27772-88'**; а в **Доступное конструирование** → **4. Параметры конструирования**: коробка прокатная. 'Элементы верхнего пояса фермы'. Все остальные параметры оставьте по умолчанию и нажмите кнопку **Назначить**.

Задание сечений материалов и параметров конструирования для элементов нижнего пояса фермы

- С помощью мышки выберите элементы № 22, 23, 24 (элементы нижнего пояса фермы).
- Для задания сечения, материала и параметров конструирования для нижнего пояса фермы в **Параметрах назначения** укажите радиокнопкой **Использовать все**.
- Выберите в **Доступные сечения** → **5. Коробка прокатная 300×300×12**, в **Доступные материалы** → **1. Ст. пр. БД (С235) 'ГОСТ 27772-88'**; а в **Доступное конструирование** → **5. Параметры конструирования**: коробка прокатная. 'Элементы нижнего пояса фермы'. Все остальные параметры оставить по умолчанию и нажмите кнопку **Назначить**.

Задание сечений материалов и параметров конструирования для элементов раскосов и стоек фермы

- С помощью мышки выберите элементы № 12, 13, 15, 17, 18, 20 (раскосы и стойки фермы).
- Для задания сечения, материала и параметров конструирования для раскосов и стоек фермы в **Параметрах назначения** укажите радиокнопкой **Использовать все**.
- Выберите в **Доступные сечения** → **5. Коробка прокатная 50×50×2**, в **Доступные материалы** → **Ст. пр. БД (С235) 'ГОСТ 27772-88'**; а в **Доступное конструирование** → **6. Параметры конструирования**: коробка прокатная. 'Элементы решетки фермы'. Все остальные параметры оставьте по умолчанию и нажмите кнопку **Назначить**.

Примечание: по умолчанию отметка узлов выполняется с помощью прямоугольной рамки. При движении рамки налево элементы и узлы выделяются полным попаданием либо касанием, а при движении рамки направо — только полным попаданием. Есть возможность выделять с помощью полигона (кнопка  на панели активного режима Параметры выбора объектов) или же с помощью одиночной отметки (кнопка  на панели активного режима Параметры выбора объектов).

Формирование загружений

Создание загружений

- Выберите пункт меню **Редакторы** → **Редактор загружений** (кнопка  на панели инструментов).

- Создайте 3 Статических загрузки (полный выбор типов загружений для данного типа задачи представлен на

Рис. 27.

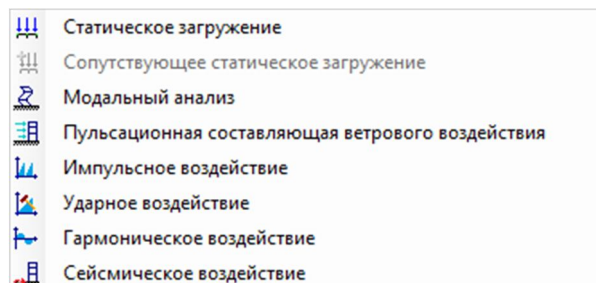


Рис. 27. Выпадающий список загружений

- Выберите нормы проектирования из выпадающего списка  РСУ/РСН (Не использовать) → СССР: СНиП 2.01.07—85*.

- Затем, делая поочередно активными загрузки, задайте:

для **Статического загрузеия 1**: Описание — Нагрузка от собственного веса; Вид загрузки — Постоянное; коэффициенты приведения: К нормативным нагрузкам — 1.0; К расчетным нагрузкам — 1.1; Доля длительности — 1.0; остальные параметры оставьте без изменений (рис. 28);

для **Статического загрузеия 2**: Описание — Нагрузка от оборудования; Вид загрузки — Длительное; коэффициенты приведения: К нормативным нагрузкам — 1.0; К расчетным нагрузкам — 1.2; Доля длительности — 1.0; остальные параметры оставьте без изменений;

для **Статического загрузеия 3**: Описание — Ветровая нагрузка; Вид загрузки — Кратковременное; коэффициенты приведения: К нормативным нагрузкам — 1.0; К расчетным нагрузкам — 1.2; Доля длительности — 0.35; остальные параметры оставьте без изменений.

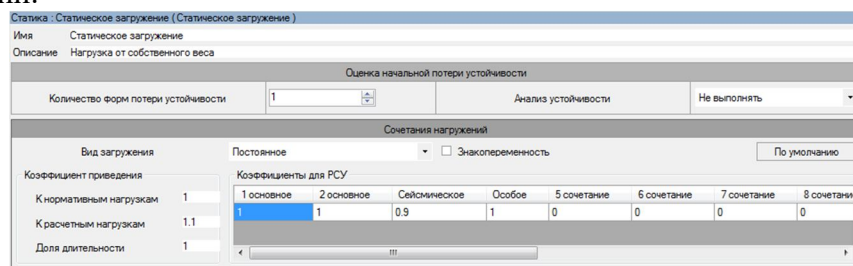


Рис. 28. Панель редактирования загрузки

- Задайте гармоническое динамическое воздействие с помощью **Добавить загрузеие** → **Гармоническое воздействие и его параметры**:

количество форм — 10;

в списке **Выберите расчетный модуль** выберите (28) Гармоническое воздействие с учетом частных зон;

в **Параметрах гармонического воздействия** с учетом частных зон укажите (рис. 29): Коэффициент неупругого сопротивления материала — 0.025 (прокатная сталь III и IV категории динамической нагрузки); Вынужденная частота внешнего воздействия —

6.5 Рад/с; Погрешность вычисления собственных частот и возможное изменение их в процессе эксплуатации сооружения (границы частных зон) — 15 %;

в разделе **Формирование матрицы масс для текущего динамического нагружения** поставьте флажок на **Из нагружения**;

для формирования первой строки в выпадающем списке **Преобразование статических нагрузок в массы** выберите 1. Статические нагружение, Коэффициент преобразования — 0.9;

щелкните по кнопке **Добавить**;

для формирования второй строки в выпадающем списке **Преобразование статических нагрузок в массы** выберите 2. Статические нагружение, Коэффициент преобразования — 0.8;

щелкните по кнопке **Добавить**;

в разделе **Сочетания нагружений**: Вид нагружения - Кратковременное; учитываем Знакопеременность; коэффициенты приведения: К нормативным нагрузкам — 1.0; К расчетным нагрузкам — 1.2; Доля длительности — 0.35. Остальные параметры оставляем без изменений.

Примечание: формирование матрицы масс для текущего динамического нагружения производится для учета указанных статических нагружений как нагружения массами при расчете динамики.

Рис. 29. Задание параметров гармонического воздействия

• Для создания сейсмического воздействия выберите **Добавить нагружение** → **Сейсмическое воздействие** (рис. 30) и задайте следующие параметры:

количество учитываемых форм колебаний — 5;

в списке **Выберите расчетный модуль** выберите (35) Сейсмическое воздействие по СНиП II-7—81* издания 01.01.2000 г. (Российская Федерация);

в **Параметрах сейсмического воздействия** укажите: Тип сооружения — Жилые, общественные и производственные; Поправочный коэффициент к инерционным силам — 1.0; Категория грунта — I категория; Сейсмичность площадки строительства — 7 баллов; Коэффициент, учитывающий допустимые повреждения зданий и сооружений, принимаемый по табл. 3 — $K_1 = 0.12$ (могут быть допущены значительные остаточные деформации, временно приостанавливающие нормальную эксплуатацию при обеспечении безопасности людей); Коэффициент, учитывающий конструктивные решения зданий и сооружений, принимаемый по табл. 4 или указаниями разд. 5 — $K_\psi = 1.0$ (здания и сооружения, не указанные в поз. 1–2, кроме гидротехнических сооружений);

направляющие косинусы равнодействующей сейсмического воздействия в ГСК — $CX = 1$.

в разделе **Формирование матрицы масс для текущего динамического нагружения** поставьте флажок на **Из нагружения**;

для формирования первой строки в выпадающем списке **Преобразование статических нагрузок в массы** выберите 1. Статические нагружение, Коэффициент преобразования — 0.9;

щелкните по кнопке **Добавить**;

для формирования второй строки в выпадающем списке **Преобразование статических нагрузок в массы** выберите 2. Статические нагружение, Коэффициент преобразования — 0.8;

щелкните по кнопке **Добавить**;

в разделе **Сочетания нагружений**: Вид нагружения — Сейсмическое; учитываем Знакопеременность; коэффициенты приведения: К нормативным нагрузкам — 1.0; К расчетным нагрузкам — 1.0; Доля длительности — 0. Остальные параметры оставляем без изменений.

Рис. 30. Задание параметров сейсмического воздействия

- Для задания сочетаний нагружений выберите **Добавить сочетание** → **Пользовательское сочетание** (рис. 31) (выполните это действие 3 раза для создания трех сочетаний).

- Для первого Пользовательского сочетания в выпадающем списке указываем **Анализ устойчивости** — **Выполнить с учетом влияния моментов** и задаем коэффициенты:

1. Статическое нагружение — 1.0;
2. Статическое нагружение — 0.95;
3. Статическое нагружение — 0.9;
4. Гармоническое воздействие — 0;
5. Сейсмическое воздействие — 0.

- Для второго Пользовательского сочетания в выпадающем списке указываем **Не выполнять анализ устойчивости** и задаем коэффициенты:

1. Статическое нагружение — 0.9;
2. Статическое нагружение — 0.8;
3. Статическое нагружение — 0.5;
4. Гармоническое воздействие — 0;
5. Сейсмическое воздействие — 1.0.

- Для третьего Пользовательского сочетания в выпадающем списке указываем **Не выполнить анализ устойчивости** и задаем коэффициенты:

1. Статическое нагружение — 0.9;
2. Статическое нагружение — 0.8;
3. Статическое нагружение — 0.5;
4. Гармоническое воздействие — 1.0;
5. Сейсмическое воздействие — 0.

#	Имя загрузки	Коэффициент
1	1. Статическое нагружение	1
2	2. Статическое нагружение	0.95
3	3. Статическое нагружение	0.9
4	4. Гармоническое воздействие	0
5	5. Сейсмическое воздействие	0

Рис. 32. Задание параметров первого Пользовательского сочетания

- Для выхода из **Редактора нагрузжений** щелкните мышкой по вкладке **Главный вид**.

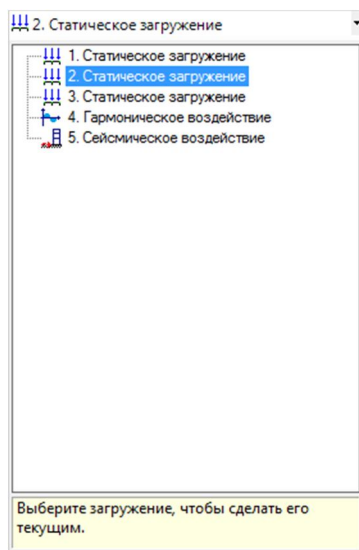
Назначение нагрузок

Формирование нагружения № 1

- Выделите все элементы.
- Вызовите панели активного режима **Назначить нагрузки** с помощью меню **Схема** → **Назначить нагрузки** (кнопка  на панели инструментов).
- В панели активного режима **Добавление нагрузок** кликните на выпадающий список **Библиотека нагрузок** → **Собственный вес** → **Собственный вес**.
- Коэффициент к собственному весу $K = 1$.
- Щелкните по кнопке **Назначить**.
- Выделите горизонтальные элементы рамы № 5—7 (для выделения воспользуйтесь комбинацией клавиш **Ctrl + Shift**, удерживая их нажатыми выделите элементы № 5, 6, 7 с помощью рамки справа налево полным попаданием либо касанием, а слева на право только полным попаданием).
- В панели активного режима **Добавление нагрузок** кликните на выпадающий список **Библиотека нагрузок** → **Нагрузки на стержень** → **Равномерно распределенная сила** (по умолчанию указана система координат Глобальная, направление — вдоль оси Z).
- В панели **Равномерно распределенная сила** задайте интенсивность нагрузки $P = 2$ т/м.
- Щелкните по кнопке **Назначить**.
- Выделите узлы опирания фермы на колонны № 1 и 2.
- В панели активного режима выберите в выпадающем списке **Библиотека нагрузок** → **Нагрузки на узел** → **Сосредоточенная сила** (по умолчанию указана система координат Глобальная, направление — вдоль оси Z).
- Задайте величину нагрузки $P = 12$ т.
- Щелкните по кнопке **Назначить**.
- Выделите узлы верхнего пояса фермы № 11, 12, 14, 15, 17.
- В окне **Величина нагрузки** введите значение $P = 24$ т.
- Щелкните по кнопке **Назначить**.

Формирование нагружения № 2

- Смените номер текущего нагружения, выбрав в выпадающем списке **Статическое нагружение № 2** (выпадающий список на панели инструментов).



- Выделите элементы балок настила № 5—7 и задайте **Равномерно распределенная сила на стержень**, $P = 2$ т/м.
- Выделите узлы опирания фермы на колонны № 1 и 2 и задайте **Сосредоточенная сила на узел** величиной $P = 2$ т.
- Выделите узлы верхнего пояса фермы № 11, 12, 14, 15, 17 и задайте **Сосредоточенная сила на узел** величиной $P = 4$ т.

Формирование нагружения № 3

- Смените номер текущего нагружения, выбрав в выпадающем списке **Статическое нагружение № 3**.
- Выделите узлы № 1 и 6 и задайте на них **Сосредоточенная сила на узел вдоль оси X**, величиной $P = -1.5$ т;
- Выделите узел № 2 и задайте **Сосредоточенная сила на узел вдоль оси X**, величиной $P = -2$ т;
- Выделите узел № 3 и задайте **Сосредоточенная сила на узел вдоль оси X**, величиной $P = -1.125$ т.

Формирование нагружения № 4

- Смените номер текущего нагружения, выбрав в выпадающем списке **Статическое нагружение № 4**.
- Выделите узел № 5.
- В панели активного режима выберите в выпадающем списке **Библиотека нагрузок** → **Нагрузки на узел** → **Гармоническая нагрузка**.
- В **Параметрах нагрузки** задаем:
закон нагрузки — COS;
дополнительная масса — 2 т;
сдвиг фазы — 0;
направление — X;
амплитуда воздействия — 0.1 т;
- После этого щелкните по кнопке **Назначить**.

Статический расчет рамы

- Запустите задачу на расчет с помощью меню **Расчет** → **Выполнить расчет** (кнопка  на панели инструментов).

- Параметры расчета оставляем по умолчанию и нажимаем кнопку

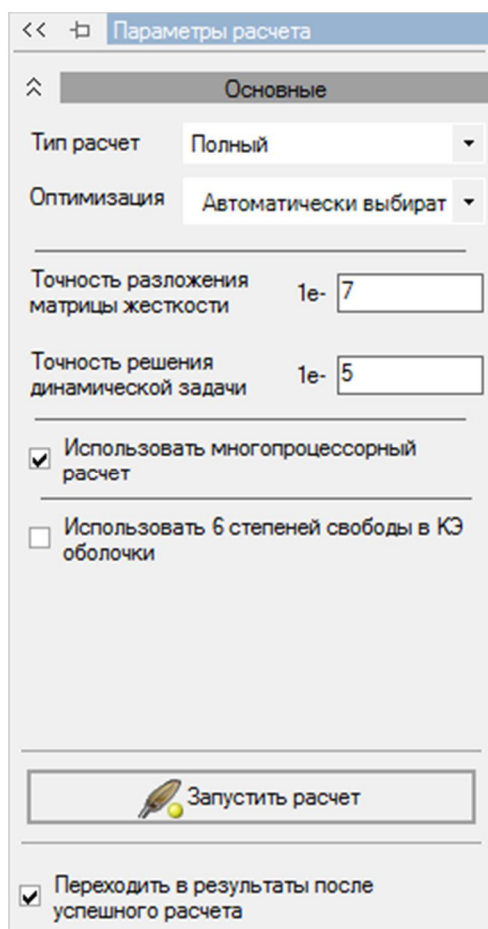
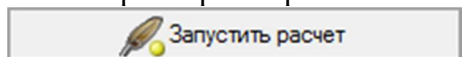


Рис. 33. Панель активного режима Выполнить расчет

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

Просмотр и анализ результатов расчета

Просмотр результатов расчета

- После расчета задачи переход в режим результатов расчета осуществляется автоматически или с помощью меню **Расчет** → **Результаты расчета** (кнопка  на панели инструментов).

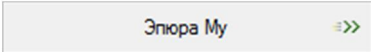
- В режиме просмотра результатов расчета по умолчанию расчетная схема отображается не деформированной. Просматривать результаты расчета (перемещения, усилия, напряжения, реакции, формы собственных колебаний, формы потери устойчивости, выводить таблицы результатов расчета и т.д.) можно с помощью панели инструментов.



Вывод на экран эпюр внутренних усилий

- Смените номер текущего нагружения, выбрав в выпадающем списке **Статическое нагружение № 1**.

- Выведите на экран эпюру M_y с помощью меню **Результаты** → **Результаты по стержням** → **Эпюра (M_y)** (кнопка  на панели инструментов), а затем

 на панели активного режима.

- Сделайте снимок эпюры для создания отчета с помощью нажатия пункта меню **Документирование** → **Изображение с экрана** и нажмите кнопку .

- По стеку активных режимов вернитесь к режиму **Результаты по стержням**.

- Чтобы вывести мозаику усилия M_y , выполните **Визуальное представление** → **Мозаика** (кнопка  на панели инструментов).

- Для выбора эпюры N щелкните по кнопке  на панели активного режима.

- Сделайте снимок эпюры для создания отчета с помощью нажатия пункта меню **Документирование** → **Изображение с экрана** и нажмите кнопку .

Вывод форм колебаний конструкции

- Чтобы просматривать деформированную схему выберите **Результаты** → **Деформированная схема** (кнопка  на панели инструментов).

- Выберите пункт меню **Результаты** → **Колебания** (кнопка  на панели инструментов).

- Для просмотра первой формы колебаний гармонического воздействия в выпадающем списке загрузений выберите **4. Гармоническое воздействие**, в подпункте **Формы собственных колебаний** укажите **Форма собственных колебаний 1** (рис. 34);

- Для вывода третьей формы колебаний сейсмического воздействия аналогично предыдущему пункту выберите **5. Сейсмическое воздействие**, в подпункте **Формы собственных колебаний** укажите **Форма собственных колебаний**.

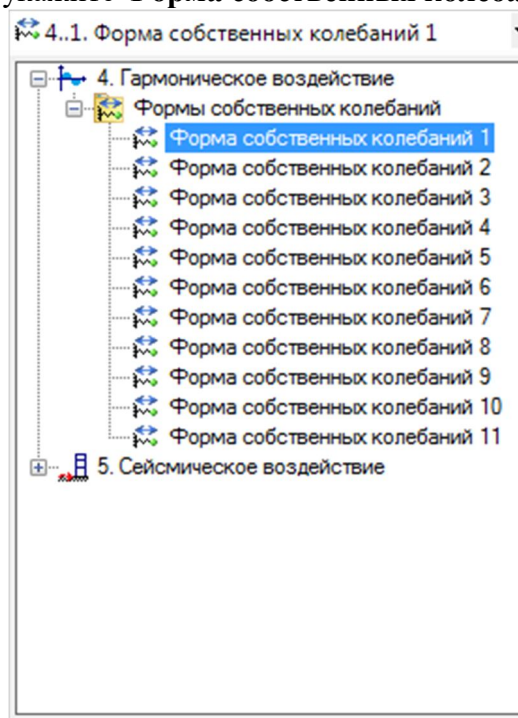


Рис. 34. Выбор формы колебаний

Просмотр анимации второй формы колебаний

- На панели инструментов нажмите на кнопку .
- В окне **Анимация** (рис. 35) щелкните по кнопке  — воспроизвести анимацию.

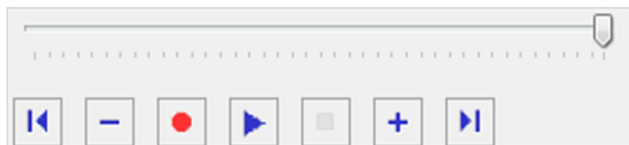


Рис. 35. Окно Анимация

- Закройте окно **Анимация** щелчком в окне **Главного вида**.
- Просмотр результатов расчета рамы на устойчивость*
- Чтобы просматривать деформированную схему выберите **Результаты** → **Устойчивость** (кнопка  на панели инструментов).
 - Выберите **Результаты** → **РСН** (кнопка  на панели инструментов).
 - Для просмотра формы потери устойчивости первого пользовательского сочетания загружений в выпадающем списке загружений выберите **1. Сочетание**, в подпункте **Формы потери устойчивости** укажите **Форма потери устойчивости 1**.

Просмотр анимации первой формы потери устойчивости

- На панели инструментов нажмите на кнопку .
- В окне **Анимация** щелкните по кнопке  — воспроизвести анимацию.
- Закройте окно **Анимация** щелчком в окне **Главного вида**.

Формирование и просмотр таблиц результатов расчета

- Для вывода на экран таблицы со значениями периодов и частот собственных колебаний выполните пункт меню **Результаты** → **Таблицы результатов** (кнопка  на панели инструментов).
- В режиме **Формирование таблиц** (рис. 36) выделите название желаемой таблицы. В данном случае выберите строку **Периоды и частоты собственных колебаний**, включите радиокнопку **Все загрузки** и нажмите кнопку **Сформировать**.
- Таблица **Периоды и частоты собственных колебаний** отобразится в нижней части экрана (рис. 37).

Таблицы

Формирование таблиц

☒ Показывать сокращенный список

Модель

Протокол расчета

Загрузки

Периоды и частоты собственных колеб...

Коэффициенты для РСН

Коэффициенты запаса устойчивости о...

Узлы

Таблица узлов

Перемещения узлов в ГСК

Перемещения узлов в ГСК от РСН

Узловые реакции в ГСК

Формы собственных колебаний в ГСК

Формы потери устойчивости в ГСК от ...

☒ Для выделенных элементов

☐ Текущее нагружение

☒ Все нагружения

☐ Выборочно

4. Гармоническое воздействие

5. Сейсмическое воздействие

Отметьте загрузки, для которых
следует создать таблицу

Сформировать

☐ Индикация отмеченных строк

Параметры эквивалентных напряжений

Параметры печати

Рис. 36. Формирование таблиц

Загружение	Форма	Собственное значение	Частота (Рад/с)	Период (с)	Коэффициент распределения	Модальная масса (%)	Суммарная модальная масса (%)
4	1	0.0383205	5.1084	1.23			
4	2	0.00137896	26.929	0.23332			
4	3	0.00120243	28.838	0.21788			
4	4	0.000986479	31.839	0.19734			
4	5	0.00088171	33.677	0.18657			
4	6	0.000804488	35.257	0.17821			

Рис. 37. Таблица Периоды и частоты собственных колебаний

- Созданную таблицу можно экспортировать в Word, Excel, HTML. Для этого вызовите раскрывающееся меню с помощью кнопки  (рис. 38).

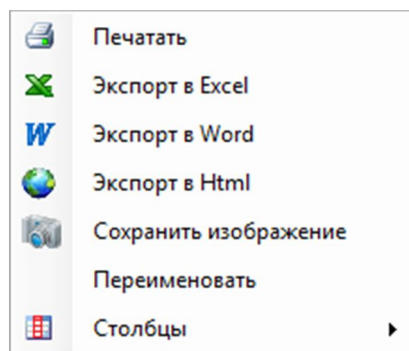


Рис. 38. Контекстное меню

- 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**.
- Аналогичным образом создаем таблицу **Коэффициенты запаса устойчивости от РСН**.

Формирование отчета

- Для документирования используйте пункт меню **Формирование отчета** (кнопка на панели инструментов).
- Добавьте нужные изображения, таблицы, а также фрагменты текста (постоянные части отчетов, которые не изменяются от отчета к отчету) для будущего отчета (рис. 39).
- После добавления изображений, таблиц и т.д. — редактирование местоположения набранных изображений, фрагментов и таблиц осуществляется с помощью кнопок  .
- Отчеты экспортируются в Word, Excel, PowerPoint, Html.

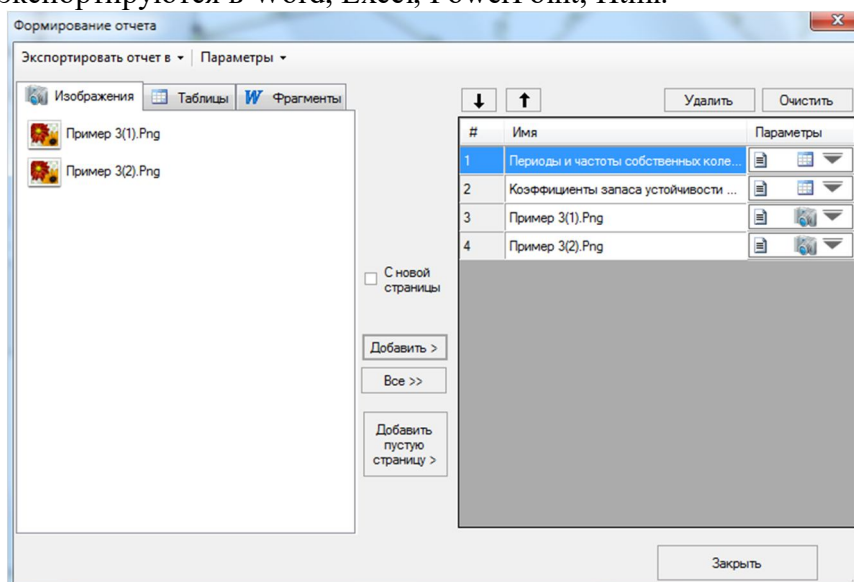


Рис. 39. Диалоговое окно Формирование отчета

Проверка стальных сечений элементов рамы

- Для проверки стальных сечений элементов рамы выполните пункт меню **Расчет** → **Расчет конструкций** (кнопка  на панели инструментов);
- На панели активного режима **Расчет конструкций** (рис. 40).

укажите Тип расчета — Проверка (только для элементов МК);

силовые факторы — РСУ;

политика расчета — Все элементы;

снимите флажок с пункта Железобетонные элементы;

- Нажмите на кнопку **Отправить элементы на расчет**.
- С помощью пункта меню **Результаты** → **Стальные конструкции** (кнопка  на панели инструментов) перейдите в режим анализа результатов подбора сечений (рис. 41).
- Укажите радиокнопкой **Проверка по результатам РСУ**.
- Выберите параметры I Предельного состояния, II Предельного состояния, Местной устойчивости, по каким будет показана проверка сечений, и нажмите **Показать**.

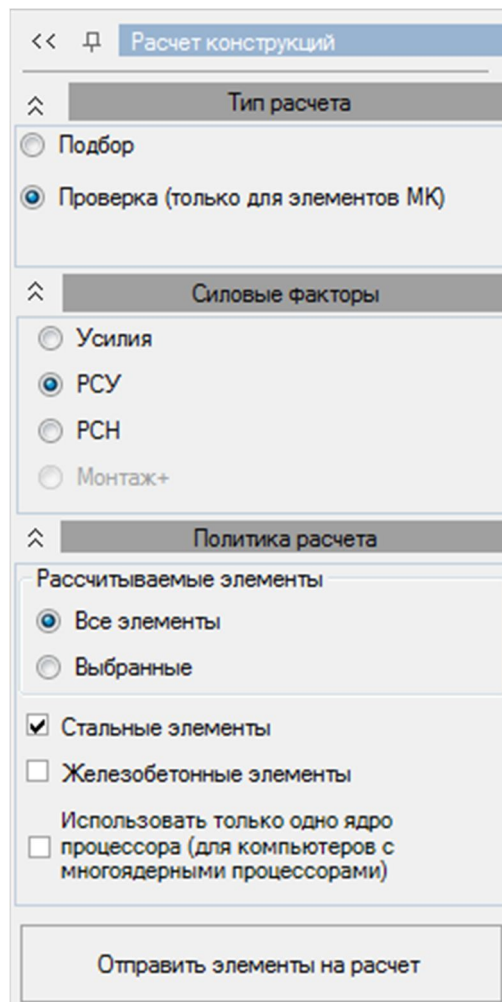


Рис. 40. Панель активного режима Расчет конструкций



Рис. 41. Панель активного режима Стальные конструкции

- Для просмотра таблицы результатов проверки стальных сечений элементов рамы выполните пункт меню **Результаты** → **Таблицы результатов** (кнопка  на панели инструментов).
- В режиме **Формирование таблиц** выберите строку **М.К. Проверка. Сводная таблица по РСУ** и нажмите кнопку **Сформировать**.
- Таблица М.К. Проверка. Сводная таблица по РСУ отобразится в нижней части экрана.

Варианты контрольной работы

Варианты заданий формируются следующим образом:
 S – последние 2 цифры зачетной книжки студента

Исходные данные: $L = 10 + S/15$ м; $h = 4$ м; $h_1 = 2$ м;

$P = 1.8 + S/65$ кН;

$P = 0.2$ кН;

$P = 1.5$ кН;

$P = 1.6$ кН;

Жесткости выбираются из условий прочности и устойчивости на действие нагрузок:

1. Собственный вес
2. Постоянные нагрузки (P , P_1 , P_2 , P_3)

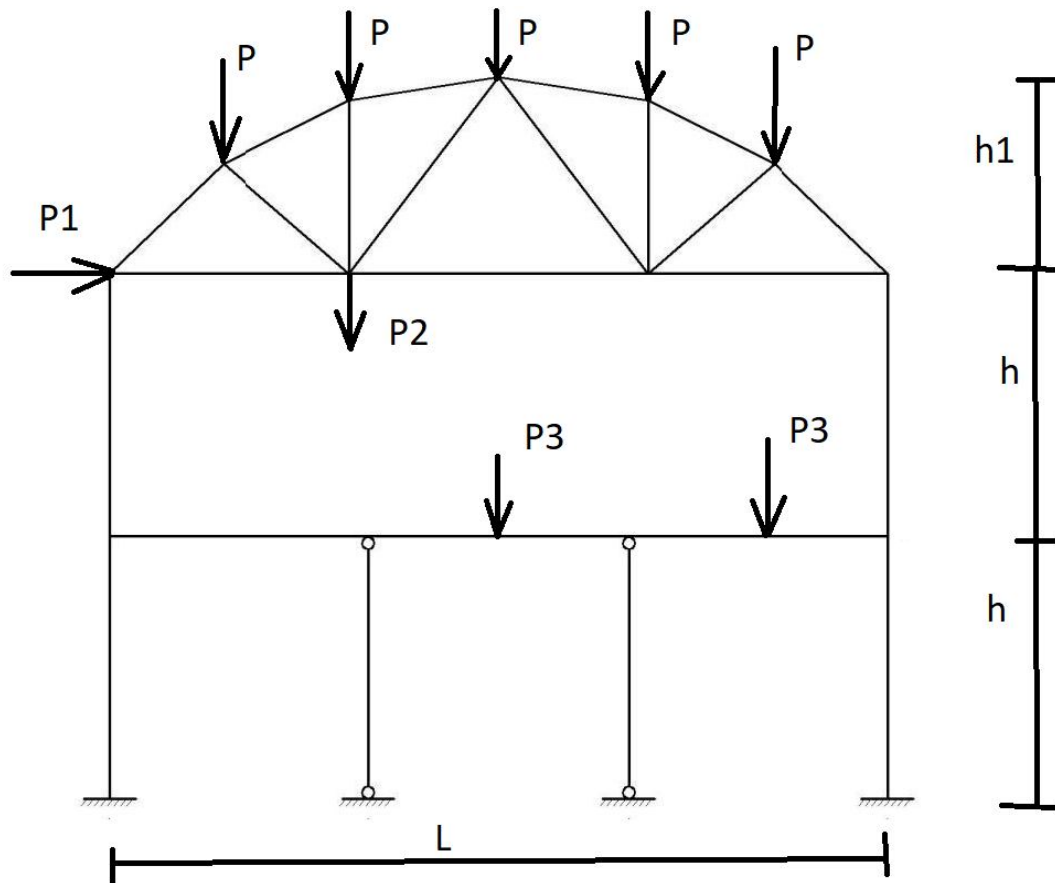


Рис. 41. Варианты расчетных схем