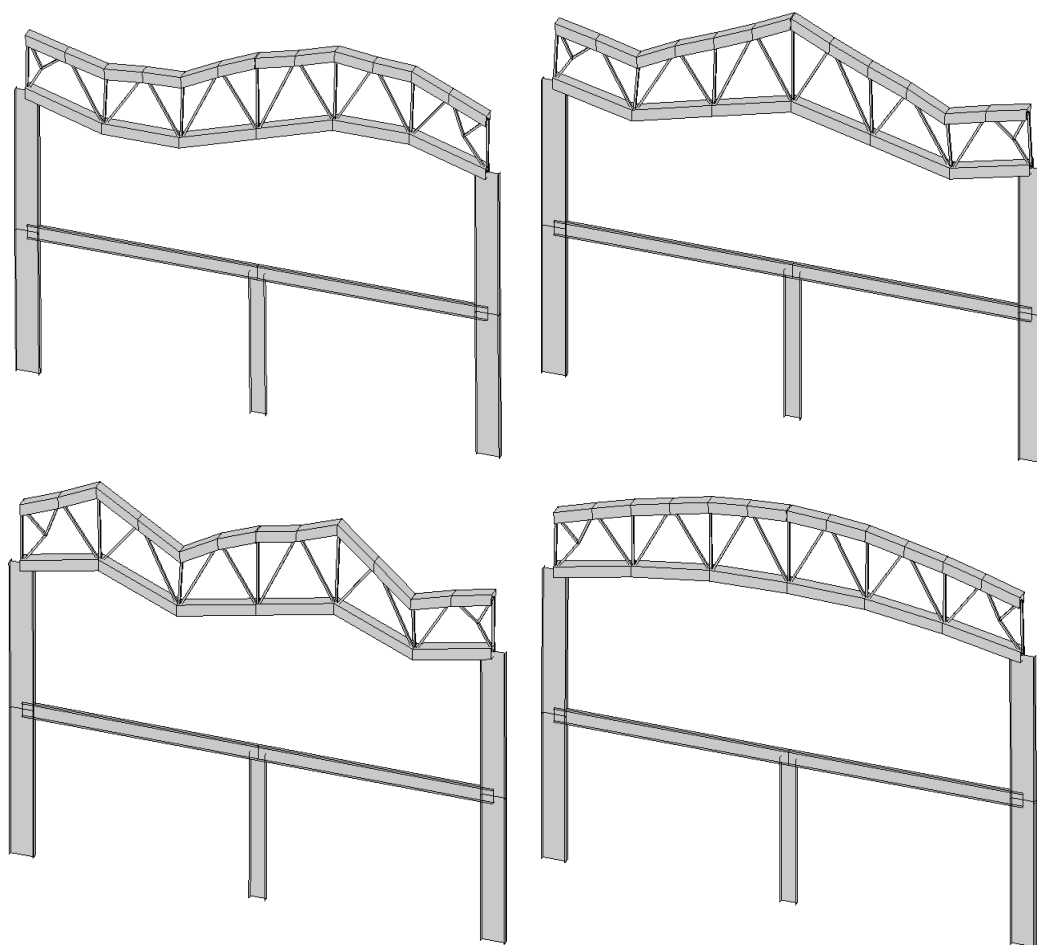


Ю.Д. Маркина, П.А. Хазов

РАСЧЕТ СТАТИЧЕСКИ-НЕОПРЕДЕЛИМОЙ РАМЫ НА УСТОЙЧИВОСТЬ И СЕЙСМИЧЕСКИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ

Учебное пособие



Нижний Новгород
2025

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»

Ю.Д. Маркина, П.А. Хазов

РАСЧЕТ СТАТИЧЕСКИ-НЕОПРЕДЕЛИМОЙ РАМЫ НА УСТОЙЧИВОСТЬ И СЕЙСМИЧЕСКИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ

Утверждено редакционно-издательским советом университета
в качестве учебного пособия

Нижний Новгород
ННГАСУ
2025

ББК 38.5
М 27
Х 12
УДК 624.04(075)

Рецензенты:

А.Е. Наумов – канд. техн. наук, заведующий кафедрой Экспертизы и управления недвижимостью ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технический университет им. В.Г. Шухова»

А.Н. Сомов – директор ООО «ТелекомСтройЭксперт»

Маркина, Ю. Д. Расчет статически-неопределимой рамы на устойчивость и сейсмические воздействия : учебное пособие / Ю. Д. Маркина, П. А. Хазов ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород : ННГАСУ, 2025. – 126 с. – ISBN 978-5-528-00613-0. – Текст : непосредственный.

Приведены указания по выполнению работы по дисциплине «Системы автоматизированного проектирования в промышленном и гражданском строительстве». Рассмотрены содержание и последовательность выполнения работы, даны рекомендации по численному расчёту статически-неопределимой рамы в ПК ЛИРА 10.4. Показаны основные этапы задания исходной информации для оценки устойчивости и динамики сооружений, результаты динамического расчета, оценка частоты и формы собственных колебаний конструкции. Представлены алгоритмы расчета устойчивости и проверки стальных сечений элементов рамы в ПК ЛИРА 10.4 и SCAD++.

Предназначено для обучающихся в ННГАСУ по направлениям подготовки 08.03.01 Строительство, профиль Промышленное и гражданское строительство, 08.04.01 Строительство и 08.05.01 Строительство уникальных зданий и сооружений, специализация Строительство высотных и большепролетных зданий и сооружений.

ББК 38.5

ISBN 978-5-528-00613-0

© Ю.Д. Маркина,
П.А. Хазов, 2025
© ННГАСУ, 2025

Оглавление

Введение	4
1. Варианты заданий	5
2. Алгоритм расчета в ПК ЛИРА 10.4	9
2.1. Исходные данные	9
2.2. Создание задачи.....	10
2.3. Упаковка схемы	16
2.4. Смена типа конечных элементов для элементов фермы	18
2.5. Задание расчетных сечений элементов ригелей.....	19
2.6. Назначение раскреплений в узлах изгибаемых моментов	19
2.7. Задание граничных условий	20
2.8. Задание сечений.....	21
2.9. Задание материала.....	22
2.10. Задание параметров конструирования	23
2.11. Назначение сечений, материалов и параметров конструирования элементам расчетной схемы	30
2.12. Формирование загружений	34
2.13. Статический расчет рамы	40
2.14. Просмотр и анализ результатов расчета.....	41
2.15. Формирование отчета	45
2.16. Проверка стальных сечений элементов рамы	46
3. Образец выполнения работы	49
3.1. Задание.....	49
3.2. Численный расчет в программе ПК ЛИРА.....	50
3.3. Численный расчет в программе SCAD++	62
3.4. Сравнение результатов расчетов	114
3.5. Сравнение вычислительных программ ПК ЛИРА и SCAD++	123
Список литературы	124

Введение

ПК ЛИРА является одним из ведущих многофункциональных программных комплексов, используемых для расчета строительных зданий и сооружений в настоящее время.

ПК ЛИРА используется для расчета, проектирования и научного исследования конструкций различного назначения во всех областях техники, базирующихся на методах строительной механики.

Навыки использования современных программно-вычислительных комплексов необходимы каждому студенту для эффективной реализации в качестве востребованного и успешного специалиста.

Данное учебное пособие берет за основу курсовую работу из вводного курса по программному комплексу ЛИРА 10.4 [1] и приводит указания по выполнению лабораторной работы по дисциплине «Системы автоматизированного проектирования в промышленном и гражданском строительстве».

Основные цели данной работы: на простейшем примере расчета рамы показать основные этапы задания исходной информации для оценки устойчивости и динамики сооружений, продемонстрировать результаты динамического расчета, оценить частоты и формы собственных колебаний конструкции, выполнить расчет устойчивости и проверку стальных сечений элементов рамы.

1. Варианты заданий

Для рамы требуется:

- 1) произвести статический и динамический расчеты;
- 2) оценить частоты и формы собственных колебаний;
- 3) произвести расчет устойчивости;
- 4) выполнить проверку стальных сечений элементов рамы;
- 5) произвести численную проверку в программе SCAD++;
- 9) сравнить полученные результаты;
- 10) сделать сравнительные выводы по работе вычислительных программ ПК ЛИРА и SCAD++.

Варианты для выполнения Лабораторной работы приведены в табл. 1.1. Исходные данные, кроме указанных ниже, берутся из примера, при отсутствии в примере – назначаются самостоятельно.

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;
- загрузка 4 — гармоническое динамическое воздействие;
- загрузка 5 — сейсмическое воздействие.

Табл. 1.1. Варианты заданий к ЛР

№ варианта	№ расчетной схемы	Расстояние между соседними колоннами	Высота рамы (до оси н.п. фермы)
1	1	3	6
2	2	4	7
3	3	5	8
4	4	3	9
5	5	4	10
6	6	5	6
7	7	3	7
8	8	4	8
9	9	5	9
10	10	3	10
11	11	4	6
12	12	5	7
13	1	3	8
14	2	4	9
15	3	5	10
16	4	3	6
17	5	4	7
18	6	5	8
19	7	3	9
20	8	4	10
21	9	5	6
22	10	3	7
23	11	4	8
24	12	5	9
25	1	4	10
26	2	3	6
27	3	5	7
28	4	4	8
29	5	3	9
30	6	5	10
31	7	4	9
32	8	3	8
33	9	5	7
34	10	4	9
35	11	3	8
36	12	5	7

Табл.1.2. Расчетные схемы

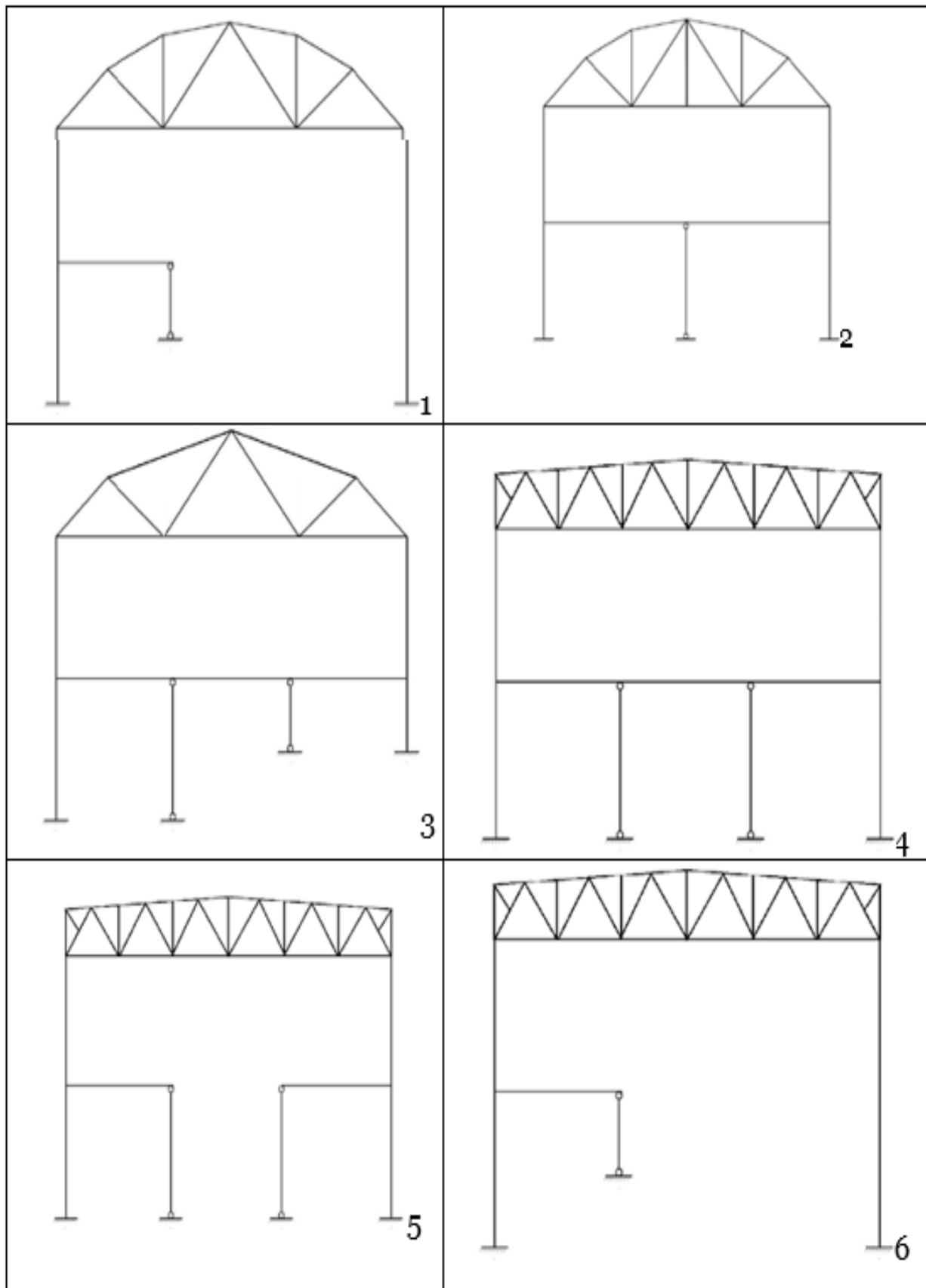
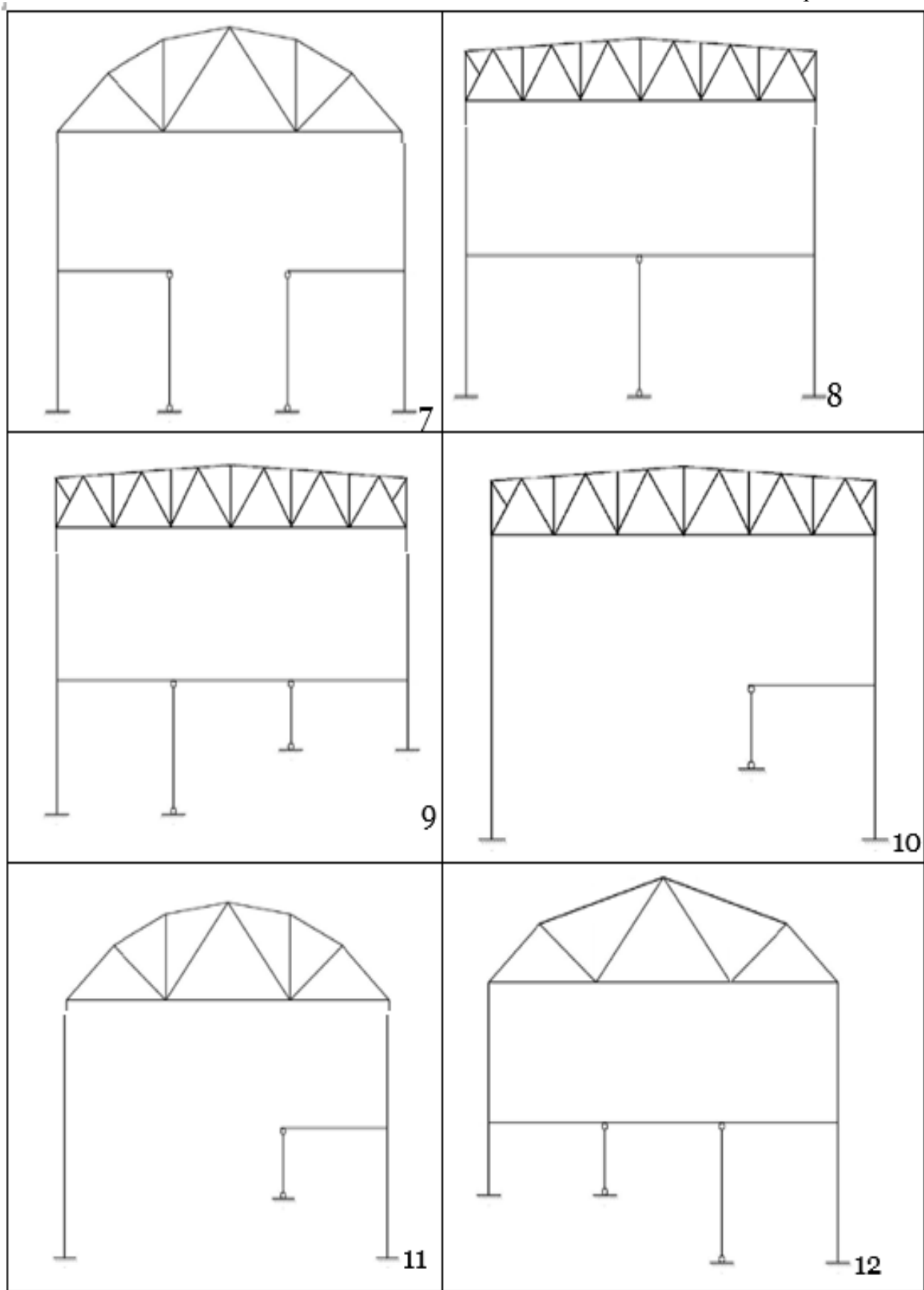


Табл.1.2. Расчетные схемы. Продолжение



2. Алгоритм расчета в ПК ЛИРА 10.4¹

2.1. 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;
 - загрузка 4 — гармоническое динамическое воздействие;
 - загрузка 5 — сейсмическое воздействие.

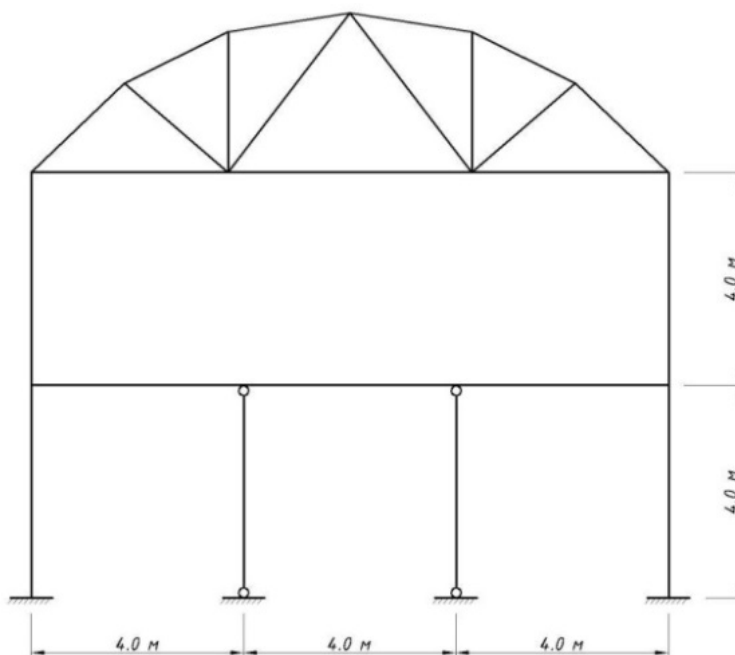


Рис. 2.1. Расчетная схема поперечника здания

¹ [1]

2.2. Создание задачи

После запуска ПК ЛИРА 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. 2.2):

имя создаваемой задачи — **Задание 4**;

описание задачи — **Расчет рамы промышленного здания**;

признак схемы — **Плоская рама (X, Z, UY)**;

• после этого необходимо нажать кнопку **Создать**.

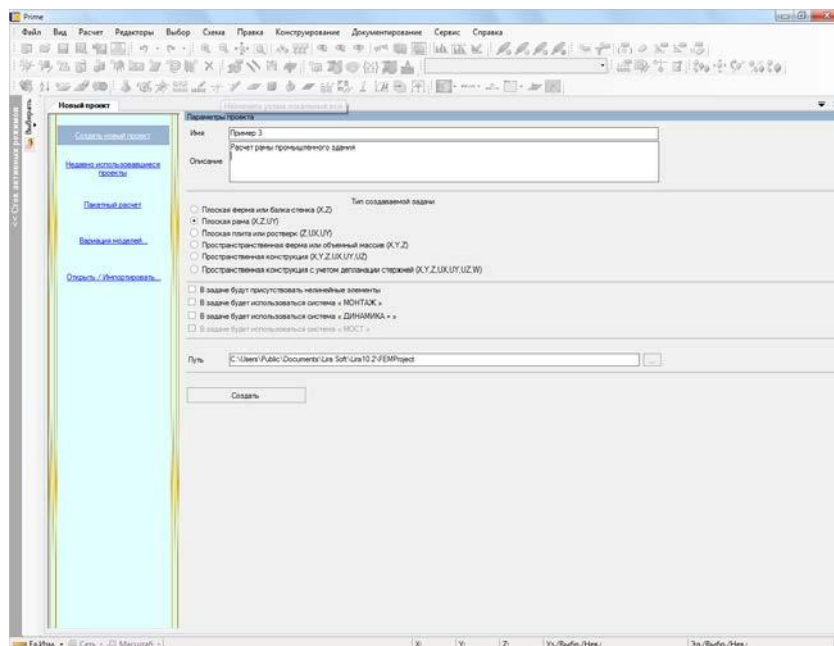


Рис. 2.2. Редактор начальной загрузки

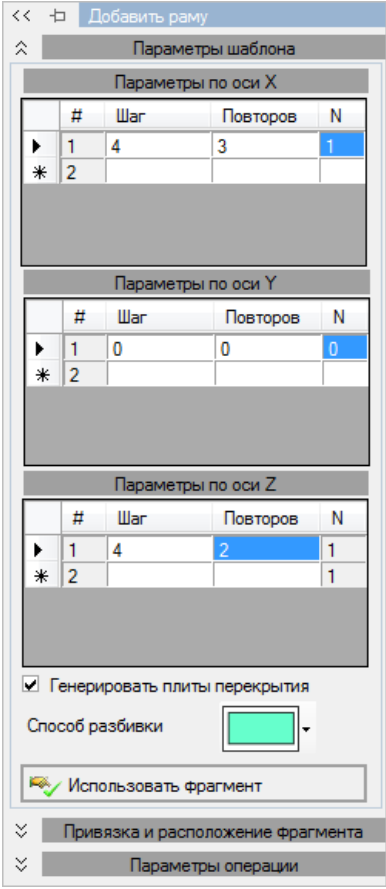
Примечание: путь к папке, в которую будет сохранена задача (по умолчанию папка FEMProject), выбирается из **Сервис** → **Настройки среды** → **Расположение** → **Каталоги** → **Рабочий**.

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. 2.3).
- 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;
- Смасштабировать 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. 2.3. 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. 2.4 представлена полученная схема.

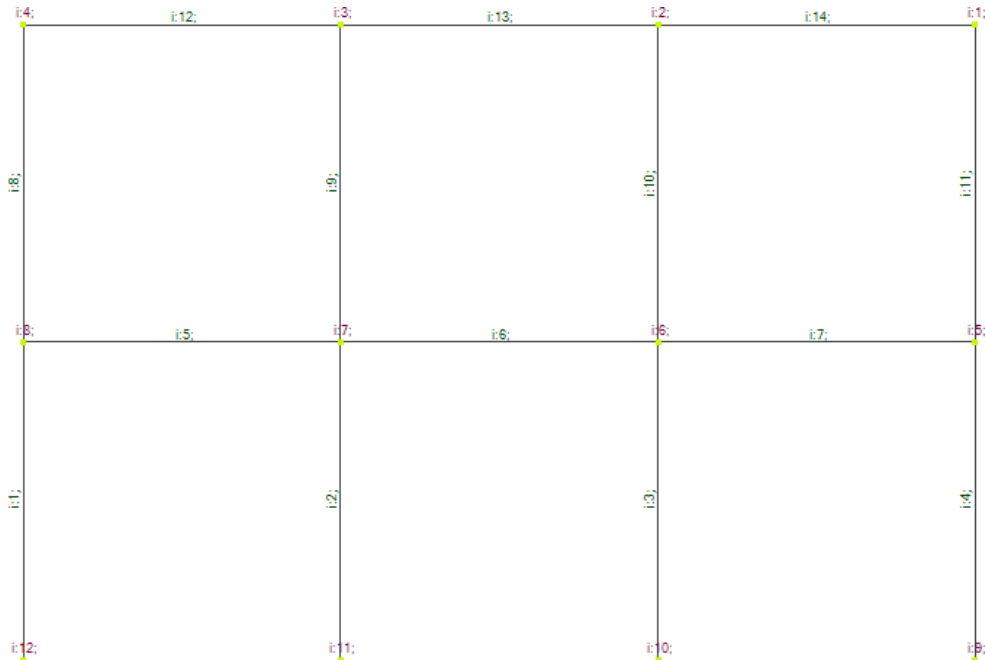


Рис. 2.4. Нумерация узлов и элементов расчетной схемы

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. 2.5).

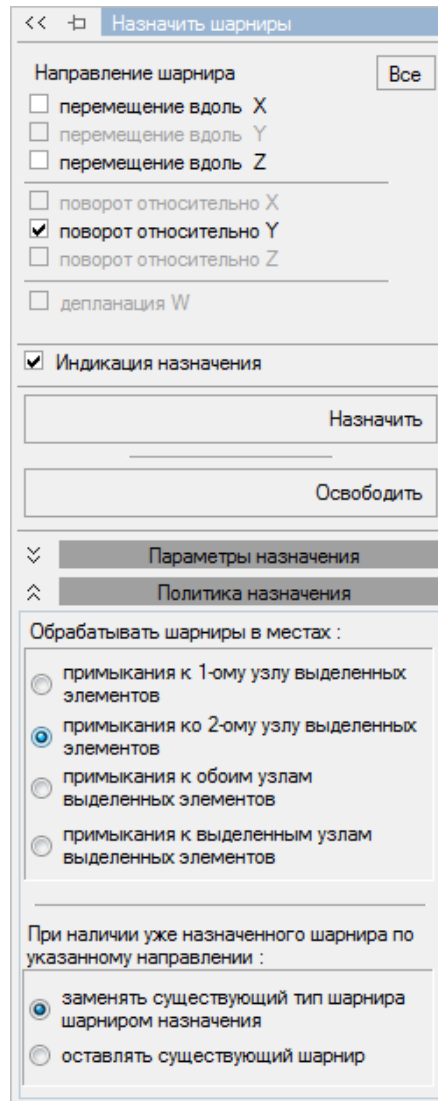


Рис. 2.5. Панель активного режима Назначить шарниры

- 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.

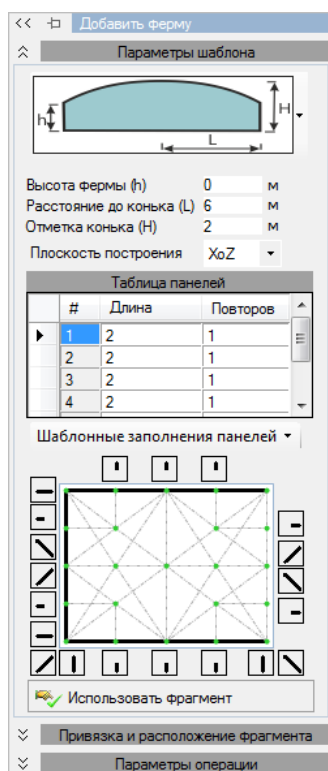


Рис. 2.6. Задание параметров панели № 1

- 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. 2.6).

Панель № 2: длина 2 м, повторов 1.

Используя **Шаблон для рисования панелей**, создайте шаблон вручную (рис. 2.7).

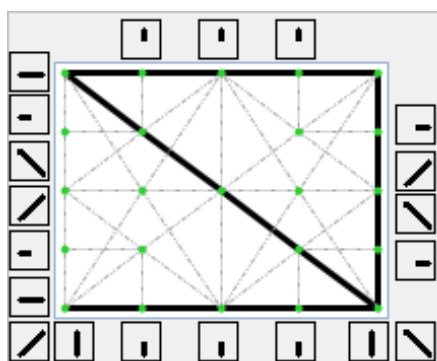


Рис. 2.7. Задание параметров панели № 2

Панель № 3: длина 2 м, повторов 1.

Используя **Шаблон** для рисования панелей, создайте шаблон вручную (рис. 2.8).

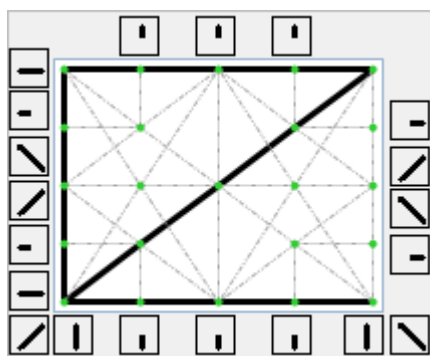


Рис. 2.8. Задание параметров панели № 3

Панель № 4: длина 2 м, повторов 1.

Используя **Шаблон** для рисования панелей, создайте шаблон вручную (рис. 2.9).

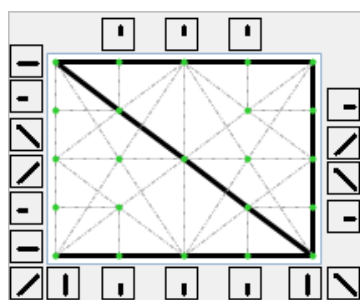


Рис. 2.9. Задание параметров панели № 4

Панель № 5: длина 2 м, повторов 1.

Используя **Шаблон** для рисования панелей, создайте шаблон вручную (рис. 2.10).

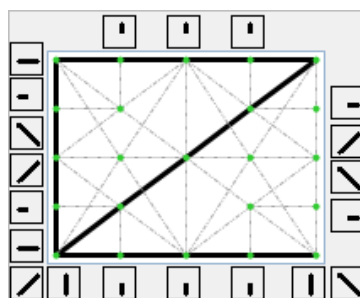


Рис. 2.10. Задание параметров панели № 5

Панель № 6: длина 2 м, повторов 1.

Используя **Шаблон** для рисования панелей, создайте шаблон вручную (рис. 2.11).

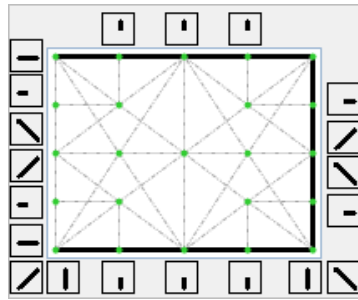


Рис. 2.11. Задание параметров панели № 6

- 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.

2.3. 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. 2.12).
- 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. 2.13.

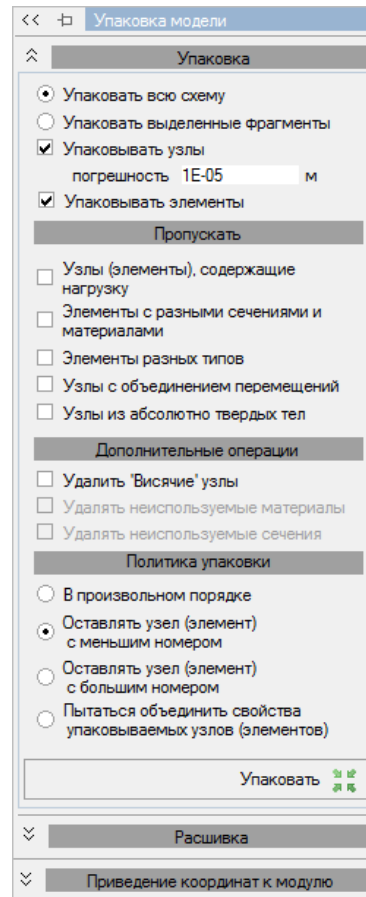


Рис. 2.12. Упаковка модели

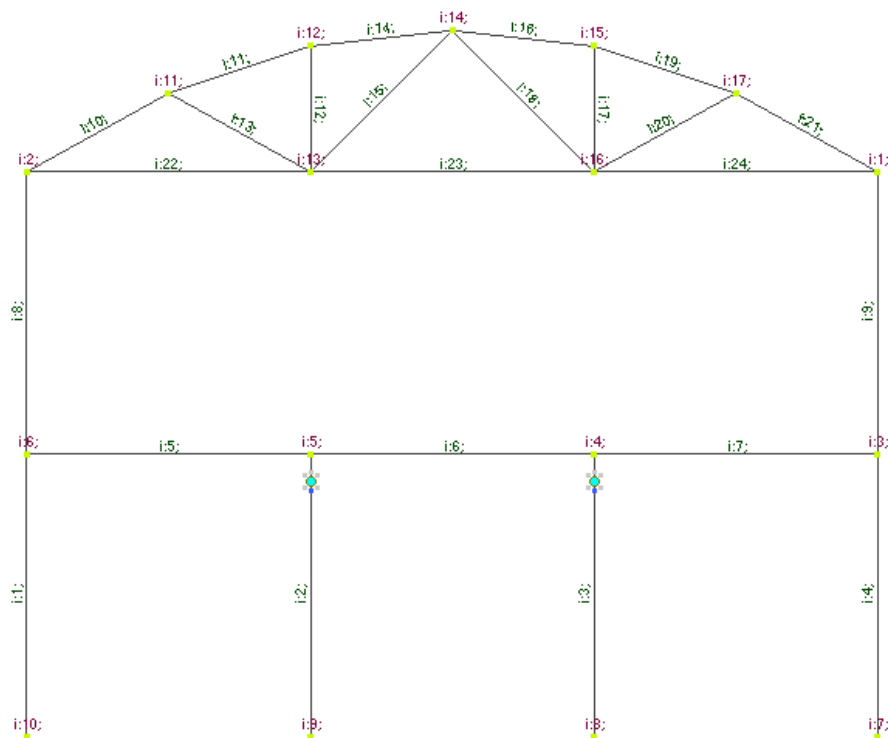


Рис. 2.13. Расчетная схема рамы с номерами узлов и элементов

2.4. 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. 2.14).
- 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).

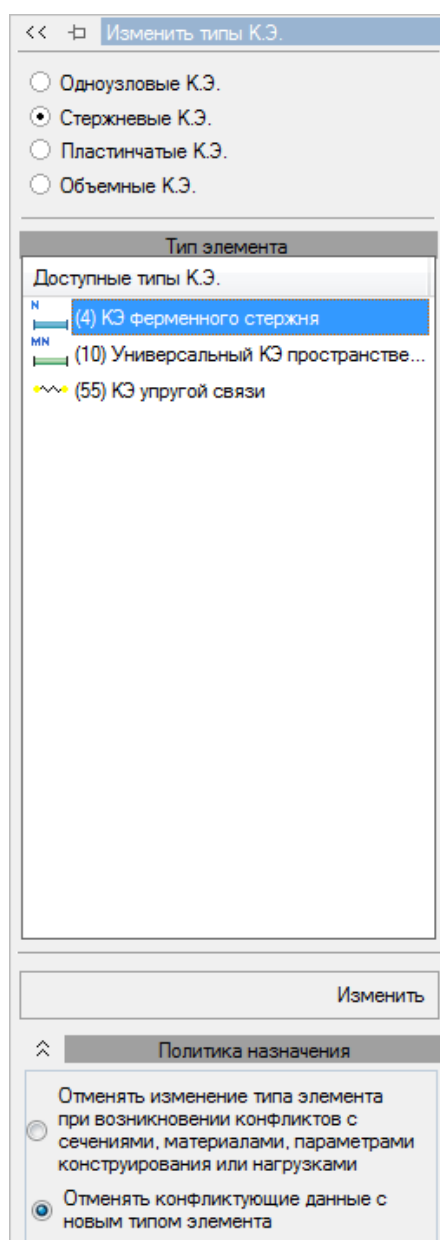


Рис. 2.14. Панель активного режима Изменить тип К.Э.

2.5. 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. 2.15).
- В панели активного режима задайте количество расчетных сечений $N = 5$.
- Щелкните по кнопке **Назначить**.

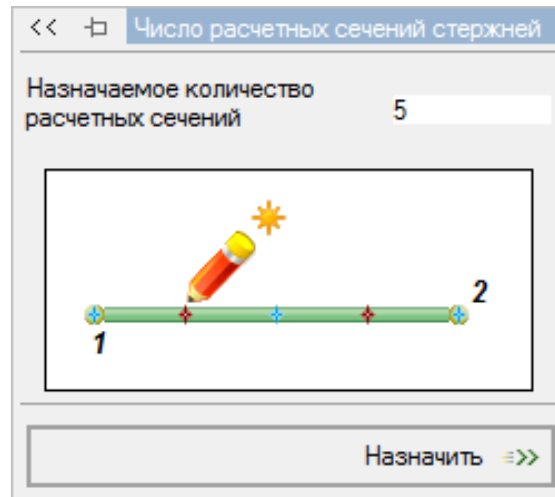


Рис. 2.15. Задание расчетных сечений элементов ригелей

2.6. 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. 2.16).
- 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).

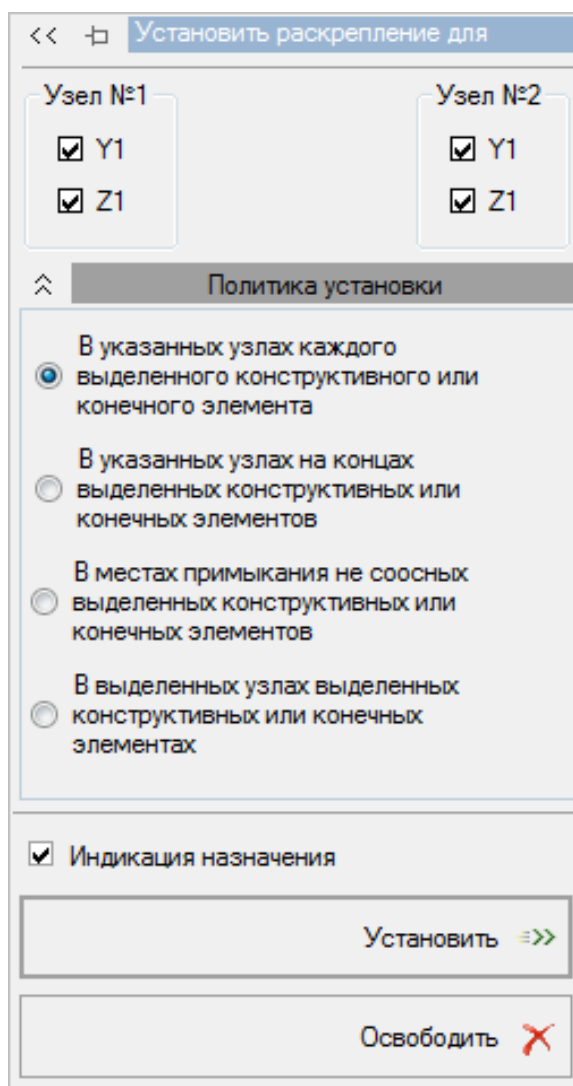


Рис. 2.16. Задание раскреплений для прогибов

2.7. 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. 2.17).
- 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**.

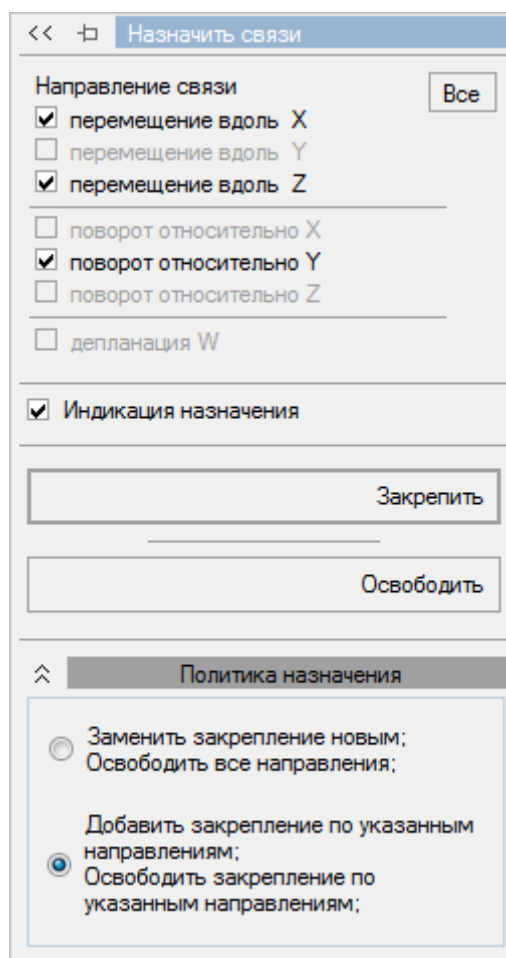


Рис. 2.17. Панель активного режима Назначить связи

2.8. 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 про- катная** 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 ак- тивным в списке сечений (рис. 2.18).

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

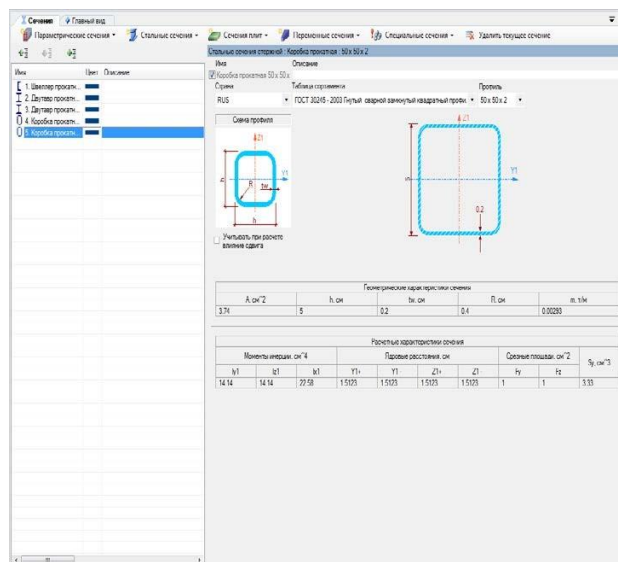


Рис. 2.18. Редактор сечений/жесткостей

22

2.9. Задание материала

• С помощью меню **Редакторы** → **Редактор материалов** (кнопка  на панели инструментов) перейдите в **Редактор материалов** (рис. 2.19).

• 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**.

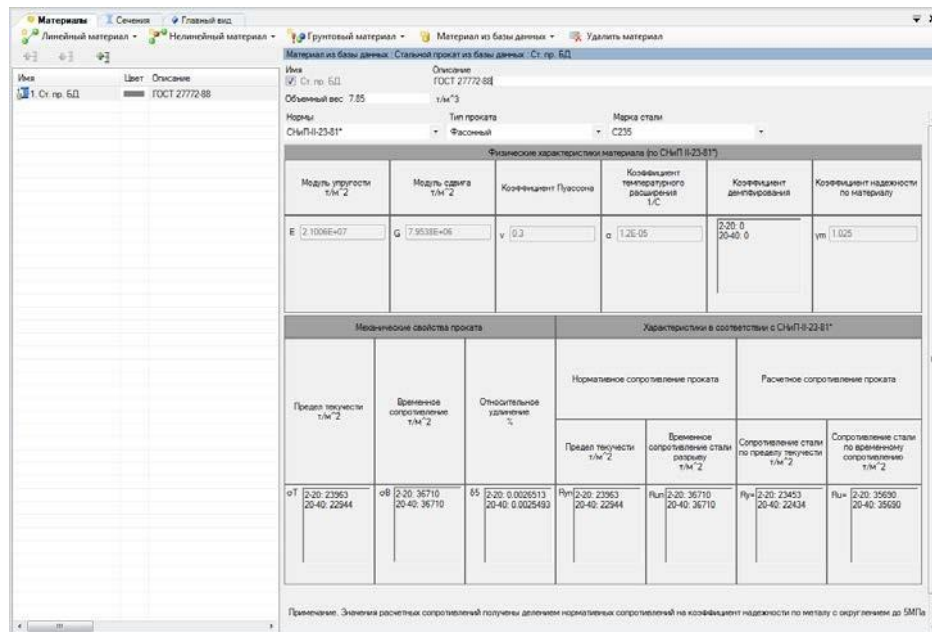


Рис. 2.19. Редактор материалов

2.10. 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. 2.20):

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 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.

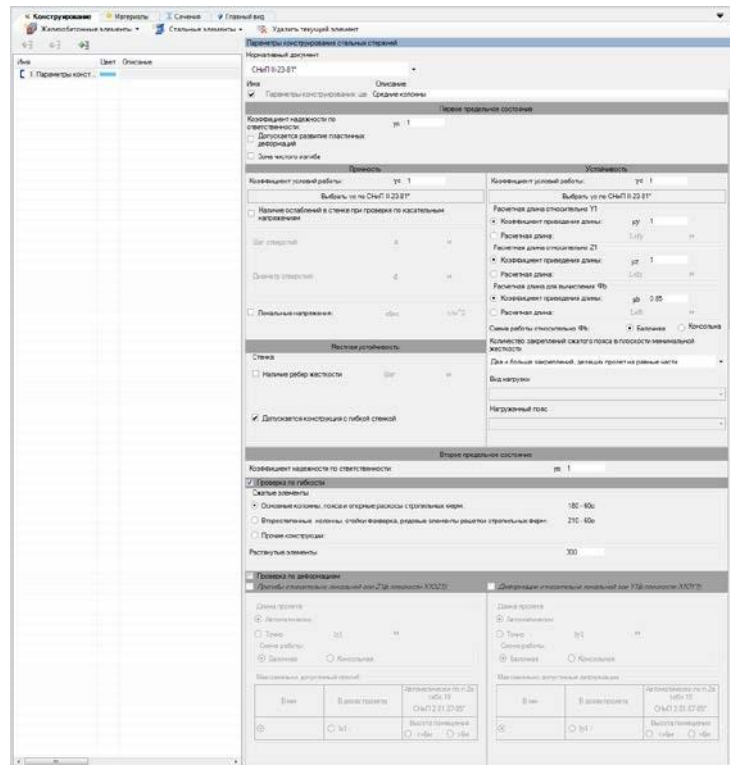


Рис. 2.20. Редактор параметров конструирования средних колонн

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. 2.21);

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 Фб, $\mu_b = 0,85$;

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.

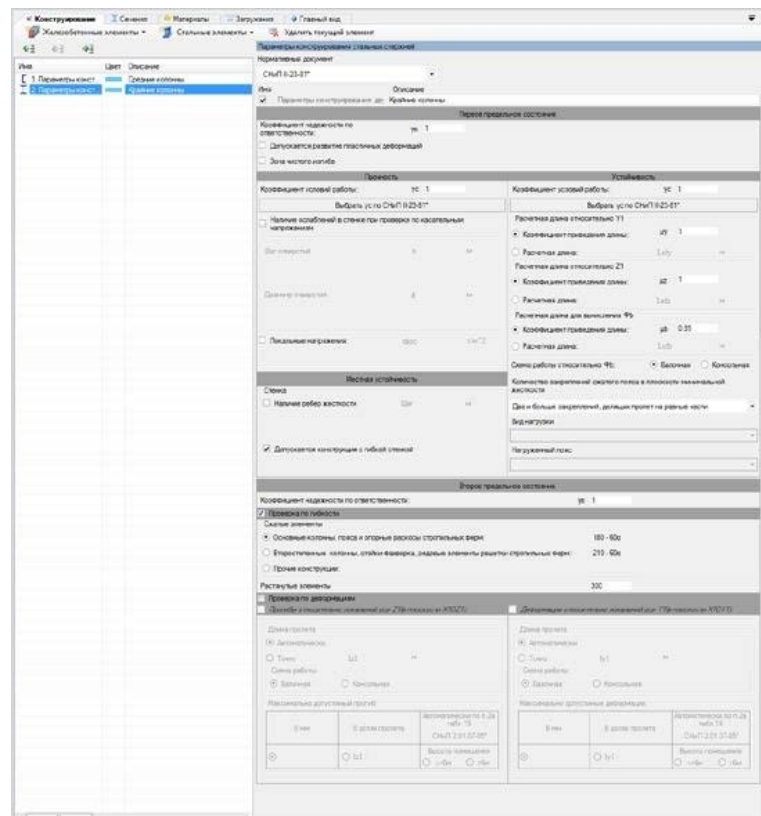


Рис. 2.21. Редактор параметров конструирования для крайних колонн

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. 2.22):
коэффициент надежности по ответственности $\gamma_n = 1$;
коэффициент условий работы по прочности $\gamma_s = 1$;
коэффициент условий работы по устойчивости $\gamma_{sc} = 0.95$;

коэффициент приведения длины относительно $Y1$, $\mu_y = 1$;
 коэффициент приведения длины относительно $Z1$, $\mu_z = 0.25$;
 коэффициент приведения длины относительно Φb , $\mu_b = 1$;
 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 флажком **Проверка по деформациям**;

отметьте флажком **Прогибы относительно локальной оси $Z1$** (в плоскости $X1OZ1$);

длина пролета — Автоматически;

в разделе **Максимально допустимый прогиб** выберите **В долях пролета** — $l_z/1/$ — 250.

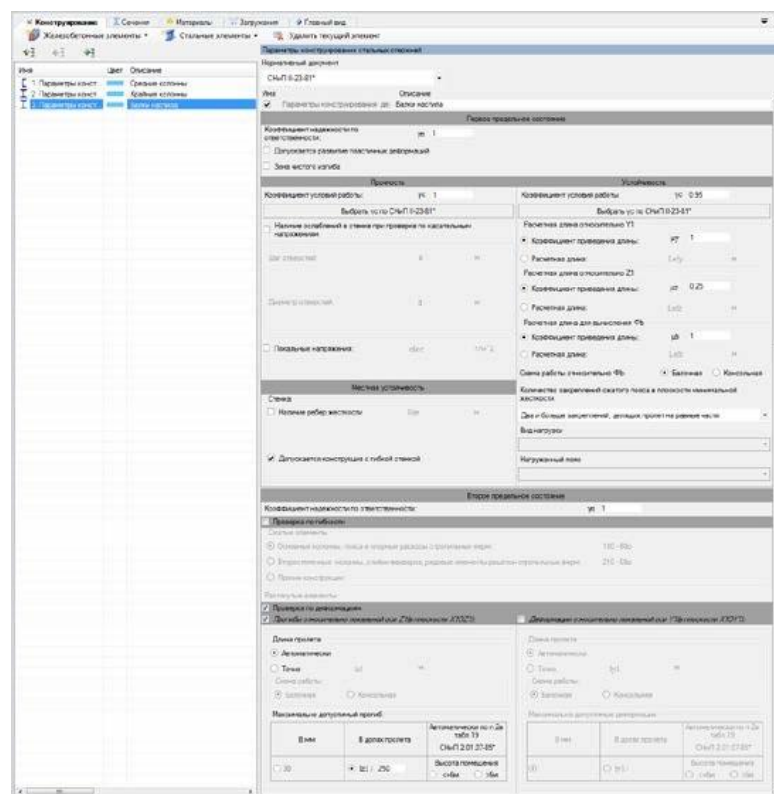


Рис. 2.22. Редактор параметров конструирования для балок настила

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. 2.23):
 коэффициент надежности по ответственности $\gamma_n = 1$;
 коэффициент условий работы по прочности $\gamma_c = 1$;
 коэффициент условий работы по местной устойчивости $\gamma_c = 1$;
 коэффициент условий работы по устойчивости $\gamma_c = 1$;
 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 **Пояса, опорные раскосы, опорные стойки: плоских ферм, структурных конструкций, пространственных конструкций высотой до 50 м; растянутые элементы** — 300.

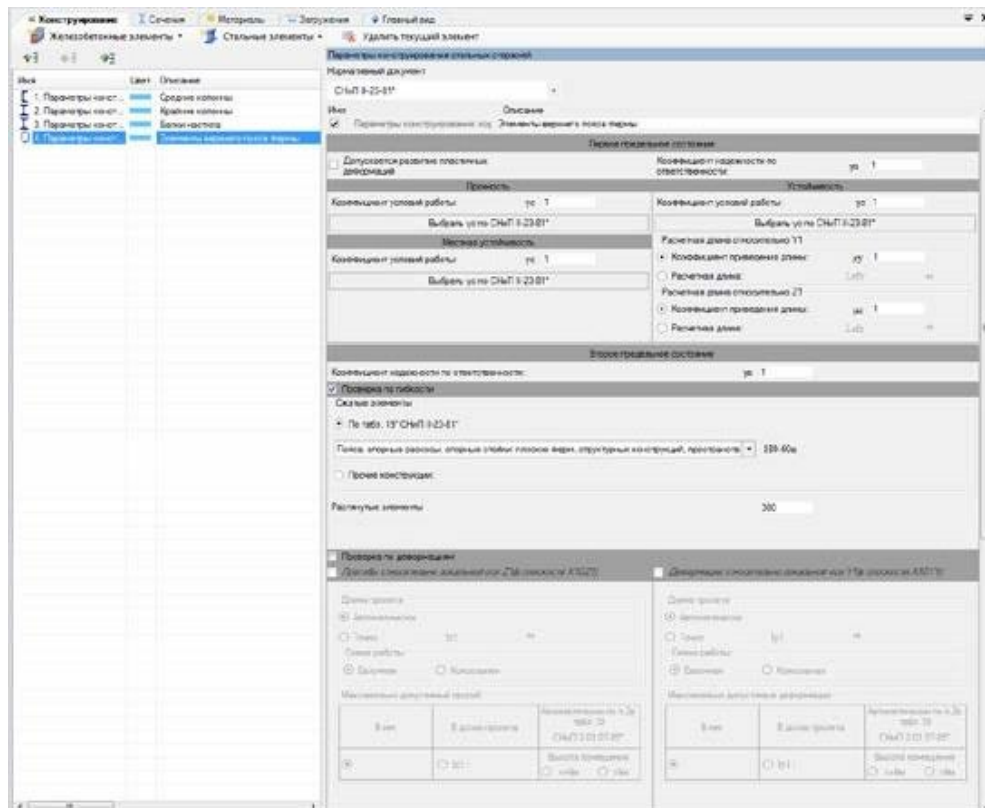


Рис. 2.23. Редактор параметров конструирования элементов верхнего пояса фермы

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. 2.24):

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

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

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

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

коэффициент приведения длины относительно $Y1$, $\mu_y = 0,33$;

коэффициент приведения длины относительно $Z1$, $\mu_z = 0,33$;

• 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.

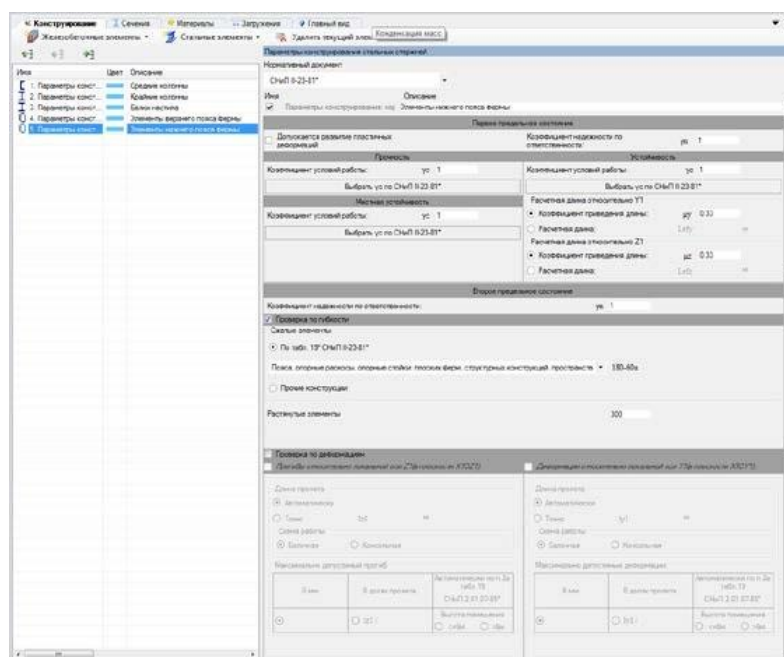


Рис. 2.24. Редактор параметров конструирования элементов нижнего пояса фермы

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. 2.25):

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

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

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

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

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.

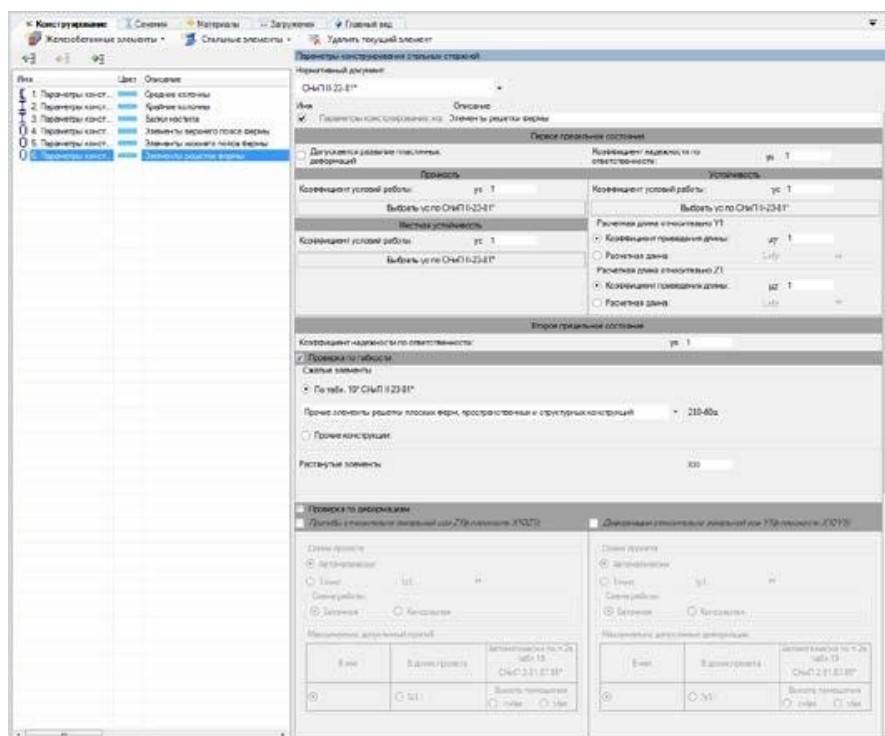


Рис. 2.25. Редактор параметров конструирования элементов решетки фермы

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

2.11. 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. 2.26).

30

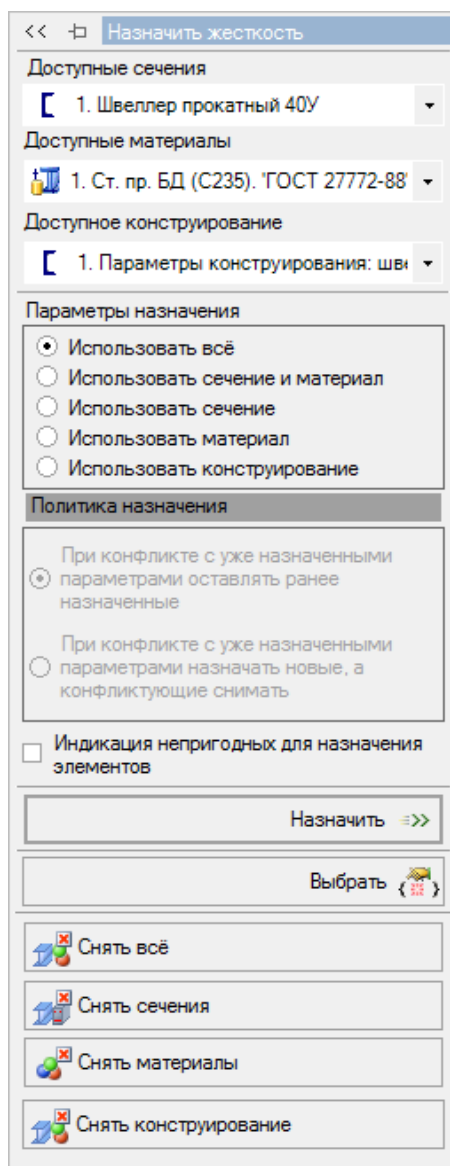


Рис. 2.26. Панель активного режима Назначить жесткость для средних колонн

- 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. 2.27).

- 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** (*выделения 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 радиокнопкой **Использовать все**.

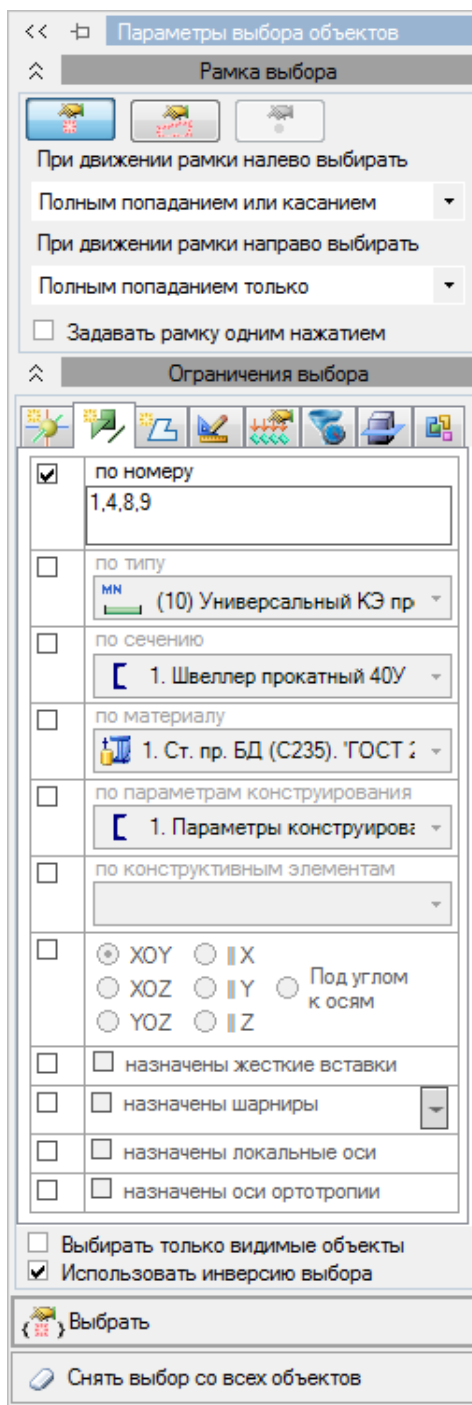
- Затем выберите в **Доступные сечения** → **2. Двутавр прокатный 60**, в **Доступные материалы** → **1. Ст. пр. БД (С235) 'ГОСТ 27772-88'**; а в **Доступное конструирование** → **2. Параметры конструирования: двутавр прокатный. 'Крайние колонны'**. Все остальные параметры оставьте по умолчанию и нажмите кнопку **Назначить**.

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**.



32

Рис. 2.27. Панель активного режима Фильтр выбора

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**).

2.12. 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. 2.28).

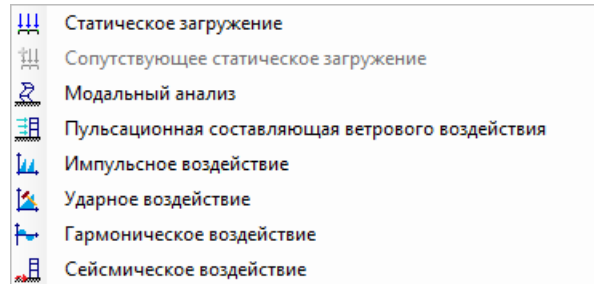


Рис. 2.28. Выпадающий список загружений

- Выберите нормы проектирования из выпадающего списка

 РСУ/РСН (Не использовать) → СССР: СНиП 2.01.07—85*.

- Затем, делая поочередно активными загрузки, задайте:

для **Статического нагружения 1**: Описание — Нагрузка от собственного веса; Вид нагружения — Постоянное; коэффициенты приведения: К нормативным нагрузкам — 1.0; К расчетным нагрузкам — 1.1; Доля длительности — 1.0; остальные параметры оставьте без изменений (рис. 2.29);

для **Статического нагружения 2**: Описание — Нагрузка от оборудования; Вид нагружения — Длительное; коэффициенты приведения: К нормативным нагрузкам — 1.0; К расчетным нагрузкам — 1.2; Доля длительности — 1.0; остальные параметры оставьте без изменений; для **Статического нагружения 3**: Описание — Ветровая нагрузка; Вид нагружения — Кратковременное; коэффициенты приведения: К нормативным нагрузкам — 1.0; К расчетным нагрузкам — 1.2; Доля длительности — 0.35; остальные параметры оставьте без изменений.

Статика: Статическое нагружение (Статическое нагружение)

Имя: Статическое нагружение

Описание: Нагрузка от собственного веса

Оценка начальной потери устойчивости

Количество форм потери устойчивости: 1

Анализ устойчивости: Не выполнять

Сочетания нагрузок

Вид нагружения: Постоянное

Кoeffициенты приведения

К нормативным нагрузкам	К расчетным нагрузкам	Доля длительности
1	1.1	1

Кoeffициенты для РСН

1 основное	2 основное	Сейсмическое	Особое	5 сочетание	6 сочетание	7 сочетание	8 сочетание
1	1	0.9	1	0	0	0	0

Рис. 2.29. Панель редактирования загрузки

• Задайте гармоническое динамическое воздействие с помощью **Добавить загрузку**
 → **Гармоническое воздействие и его параметры** (рис. 2.30):

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. 2.30): 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 **Сочетание 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. 2.30. Задание параметров гармонического воздействия

Для создания сейсмического воздействия выберите **Добавить нагружение** → **Сейсмическое воздействие** (рис. 2.31) 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 загрузки**;

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

щелкните по кнопке **Добавить**;

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

щелкните по кнопке **Добавить**;

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

Динамика с разложением по собственным формам колебаний: Сейсмическое воздействие (Сейсмическое воздействие)

Имя: Сейсмическое воздействие

Описание:

Параметры частной проблемы собственных значений

Количество форм: 5

Матрица масс: Согласованная

Выберите расчетный модуль: (35) Сейсмическое воздействие по СНиП II-7-81* издания 01.01.2000г. (Российская Федерация)

Параметры сейсмического воздействия по СНиП II-7-81* издания 01.01.2000г. (Российская Федерация)

Тип сооружения: Жилые, общественные

Поправочный коэффициент к инерционным силам: 1

Категория грунта: I категория

Коэффициент, учитывающий допустимые повреждения зданий и сооружений, принимаемый по табл.3: $K_1 = 0.12$ - могут быть

Сейсмичность площадки строительства: 7 баллов

Коэффициент, учитывающий конструктивные решения зданий и сооружений, принимаемый по табл.4 или указаниям разд.5: $K_2 = 1.00$ - здания и соо

Направляющие косинусы равнодействующей сейсмического воздействия в ГСК

CX: 1, CY: 0, CZ: 0

$CX \cdot CX + CY \cdot CY + CZ \cdot CZ = 1$

Формирование матрицы масс для текущего динамического нагружения

Из загрузки: Преобразование статических нагрузок в массы

Из плотности элементов: 2. Статическое загрузеие

Коэффициент преобразования: 0.8

Имя загрузки: 1. Статическое загрузеие, 2. Статическое загрузеие

Коэффициент преобразования: 0.9, 0.8

Сочетания нагружений

Вид загрузки: Сейсмическое

Знакопеременность: ☒

По умолчанию

Коэффициент приведения: К нормативным нагрузкам: 1, К расчетным нагрузкам: 1, Доля длительности: 0

Коэффициенты для РСУ

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

Рис. 2.31. Задание параметров сейсмического воздействия

• Для задания сочетаний загружений выберите **Добавить сочетание** → **Пользовательское сочетание** (рис. 2.32) (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 загрузеие — 1.0;
2. Статическое загрузеие — 0.95;
3. Статическое загрузеие — 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.

РСН: Пользовательское сочетание		
Имя: Пользовательское сочетание		
Описание:		
Оценка начальной потери устойчивости		
Количество форм потери устойчивости	1	Анализ устойчивости
		Выполнять с учетом влияния м
☐ Показать только нагружения с ненулевыми коэффициентами		
#	Имя нагружения	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. 2.32. Задание параметров первого Пользовательского сочетания

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

2.13. 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 направо —

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).

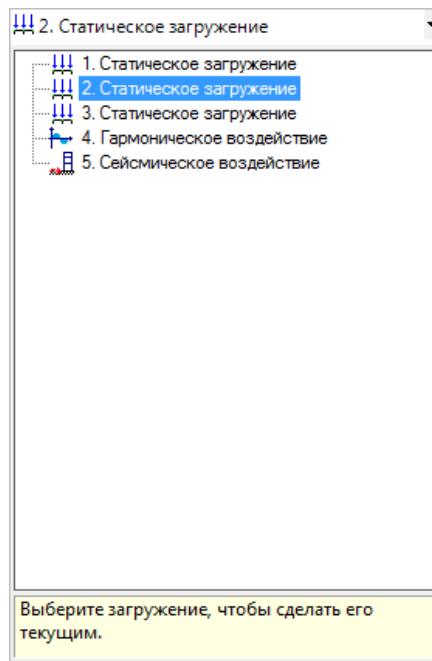
- В панели **Равномерно распределенная сила** задайте интенсивность нагрузки $P = 2 \text{ т/м}$.

- 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 $P = 12 \text{ т}$.
- Щелкните по кнопке **Назначить**.
- Выделите узлы верхнего пояса фермы № 11, 12, 14, 15, 17.
- В окне **Величина нагрузки** введите значение $P = 24 \text{ т}$.
- Щелкните по кнопке **Назначить**.

Формирование загрузки № 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**, $P = 2 \text{ т/м}$.

- 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 загрузки № 3

•Смените номер текущего загрузки, выбрав в выпадающем списке **Статическое** **загружение № 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 загрузки № 4

•Смените номер текущего загрузки, выбрав в выпадающем списке **Статическое** **загружение № 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;

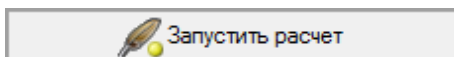
амплитуда воздействия — 0.1 т;

•После этого щелкните по кнопке **Назначить**.

2.13. 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



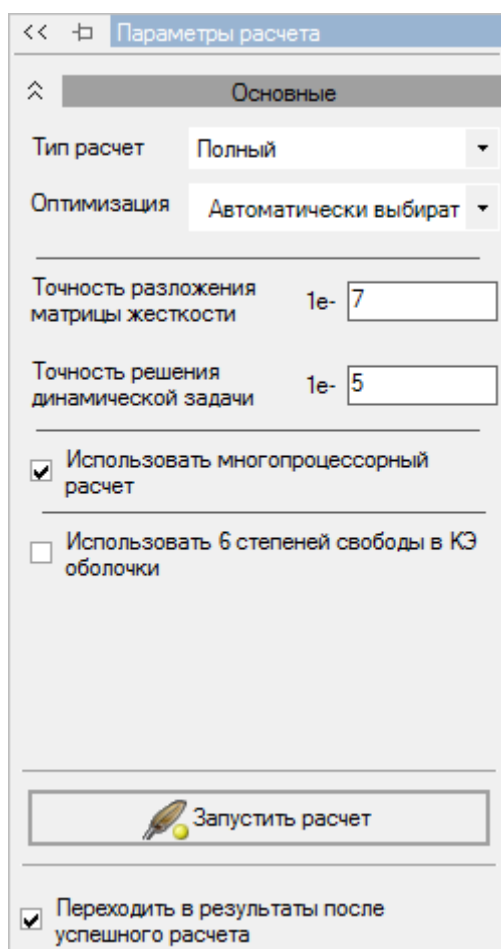


Рис. 2.33. Панель активного режима Выполнить расчет

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

2.14. 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.



инструментов.

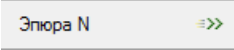
Вывод на экран эпюр внутренних усилий

- Смените номер текущего загрузки, выбрав в выпадающем списке **Статическое** **загружение № 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. 2.34).

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

Просмотр анимации второй формы колебаний

- На панели инструментов нажмите на кнопку .
- В окне **Анимация** (рис. 2.35) щелкните по кнопке  — воспроизвести анимацию.

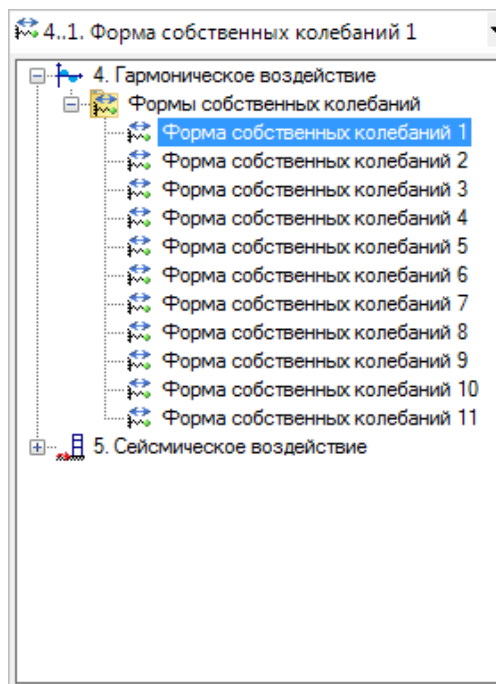


Рис. 2.34. Выбор формы колебаний

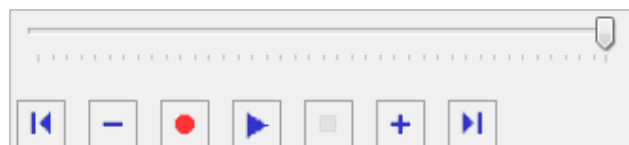


Рис. 2.35. Окно Анимация

Просмотр результатов расчета рамы на устойчивость

- Закройте окно **Анимация** щелчком в окне **Главного вида**.
- 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. 2.36) 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. 2.37).

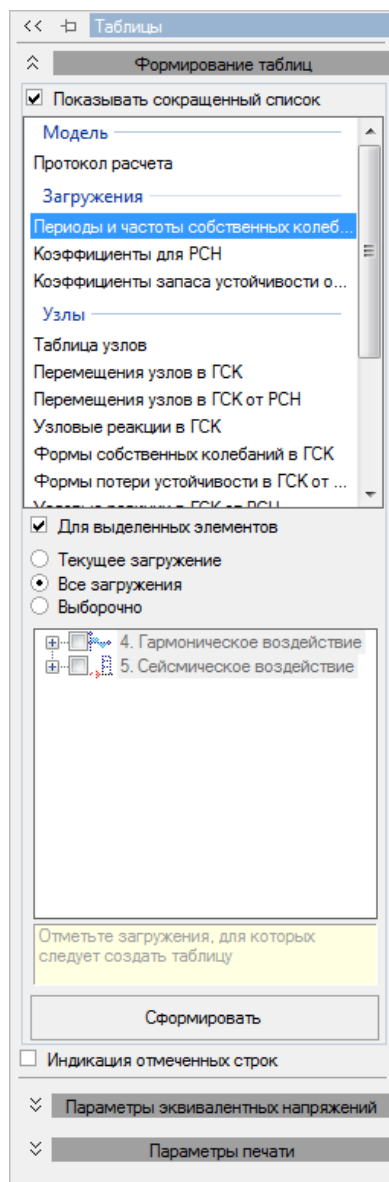


Рис. 2.36. Формирование таблиц

Периоды и частоты собст... X							
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. 2.37. Таблица Периоды и частоты собственных колебаний

•Созданную таблицу можно экспортировать в Word, Excel, HTML. Для этого вызовите раскрывающееся меню с помощью кнопки  (рис. 2.38).

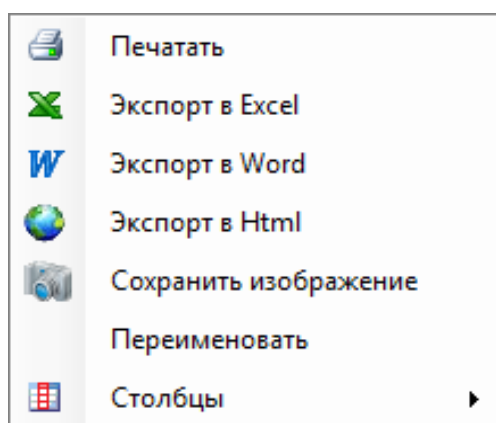


Рис. 2.38. Контекстное меню

•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 создайте таблицу **Коэффициенты запаса устойчивости от РСН**.

2.15. 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. 2.39).

•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.

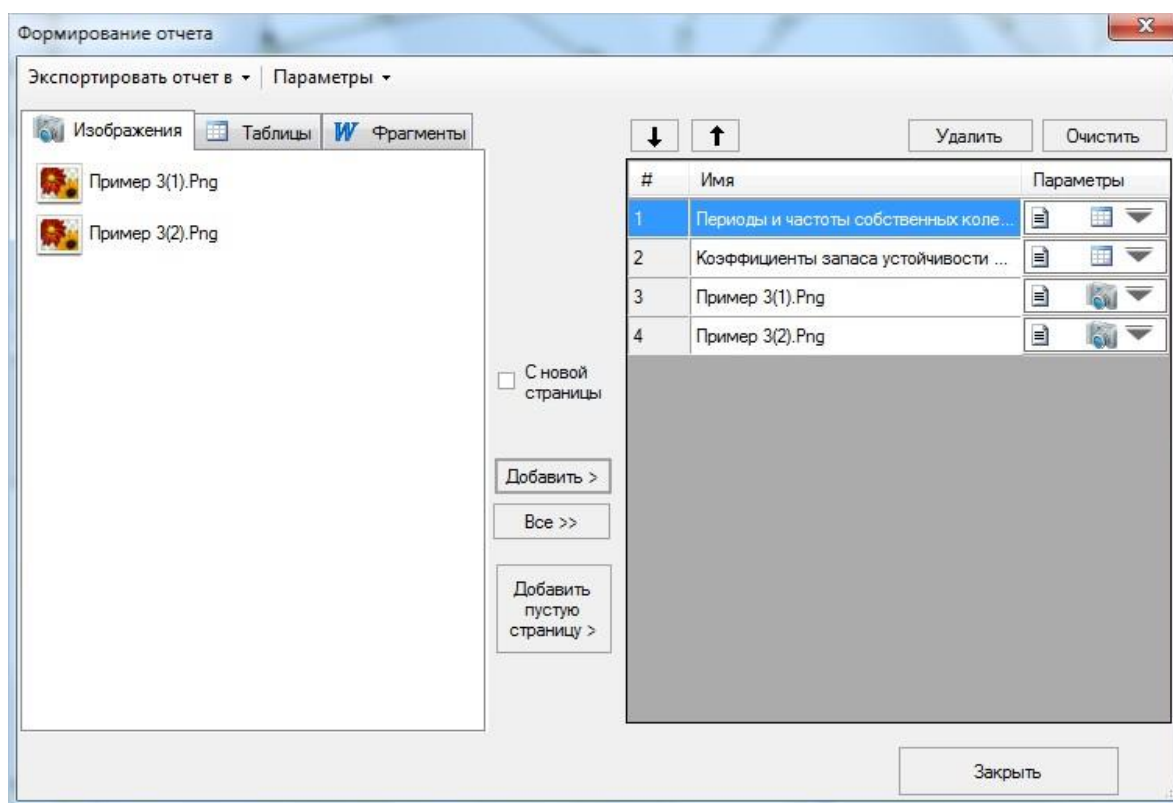


Рис. 2.39. Диалоговое окно Формирование отчета

2.16. 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. 2.40): 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. 2.41).

- 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**.

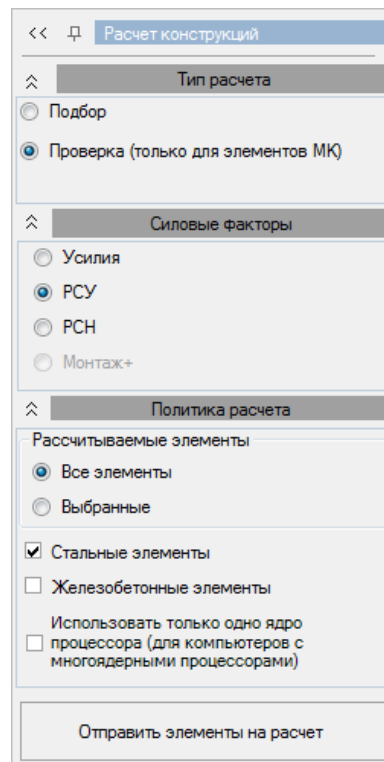


Рис. 2.40. Панель активного режима Расчет конструкций

• Для просмотра таблицы результатов проверки стальных сечений элементов рамы выполните пункт меню **Результаты → Таблицы результатов** (кнопка  на панели инструментов).



Рис. 2.41. Панель активного режима Стальные конструкции

- 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.

3. Образец выполнения работы

3.1. Задание

Схема рамы и ее закрепление показаны на рис. 3.1.

Сечения элементов:

- средние колонны – швеллер №40У;
- крайние колонны – двутавр №60;
- балка настила – двутавр №36;
- верхний и нижний пояс фермы – коробка $300 \times 300 \times 12$;
- стойки и раскосы фермы – коробка $50 \times 50 \times 2$.

Нагрузки:

- загрузка 1 – нагрузка от собственного веса;
- загрузка 2 – нагрузка от оборудования;
- загрузка 3 – статическая ветровая нагрузка;
- загрузка 4 – гармоническое динамическое воздействие;
- загрузка 5 – сейсмическое воздействие.

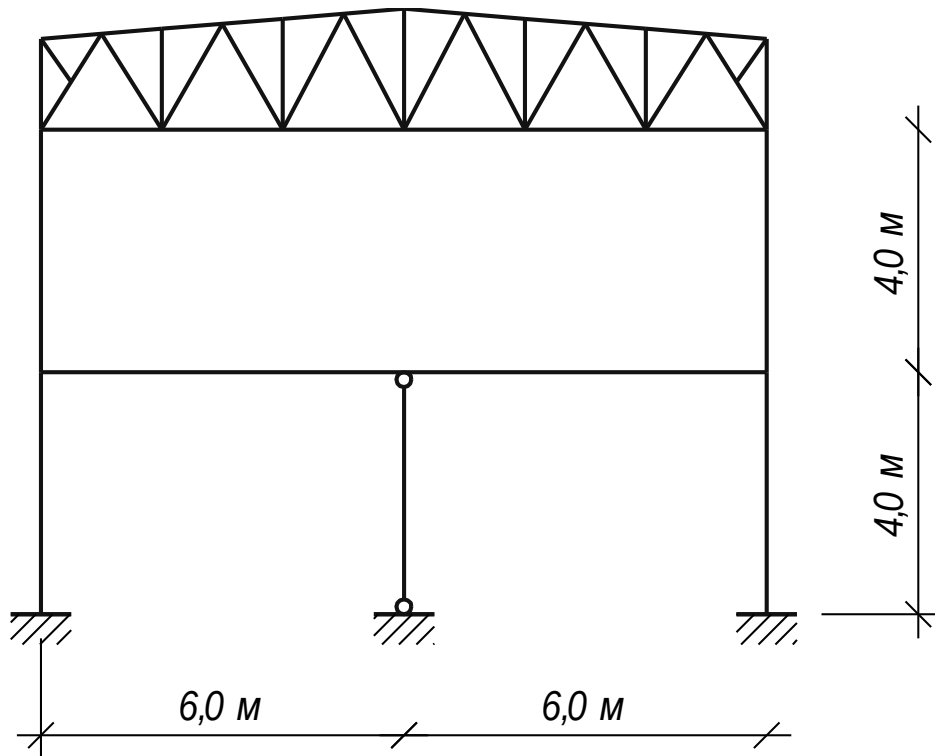


Рис. 3.1. Расчетная схема поперечной рамы здания

3.2. Численный расчет в программе ПК ЛИРА

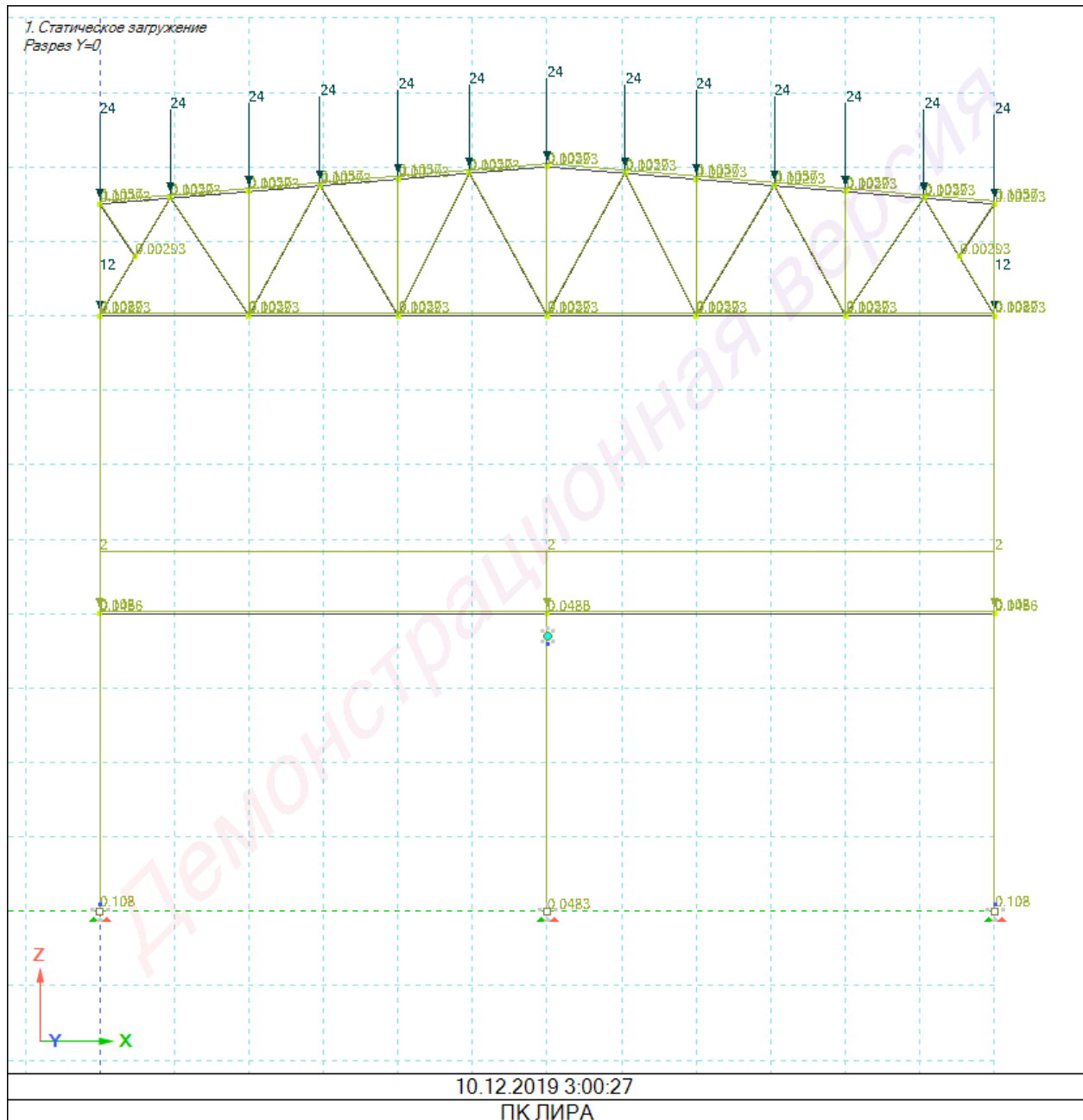


Рис. 3.2 Формирование нагружения №1

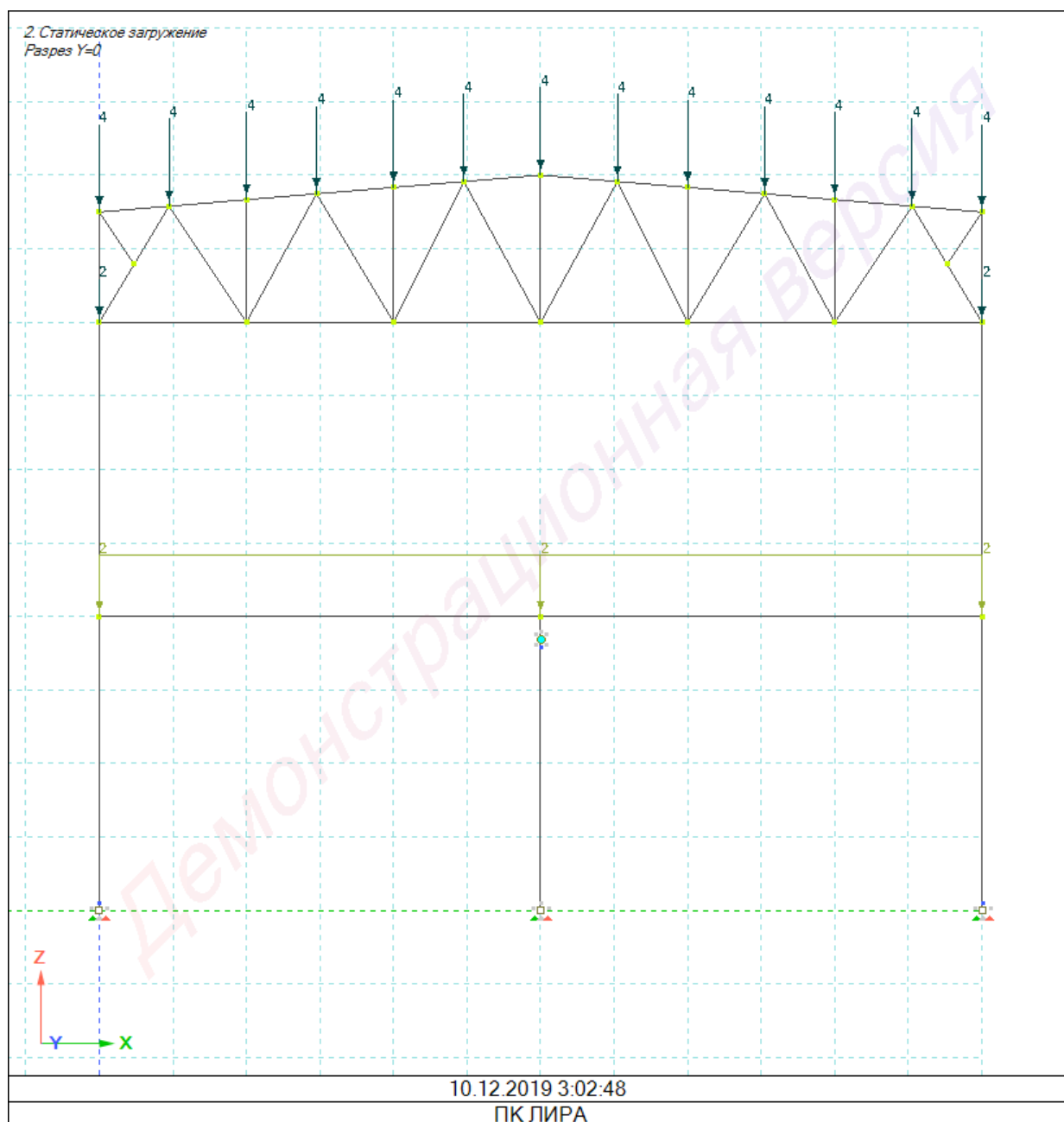


Рис. 3.3 Формирование нагружения №2

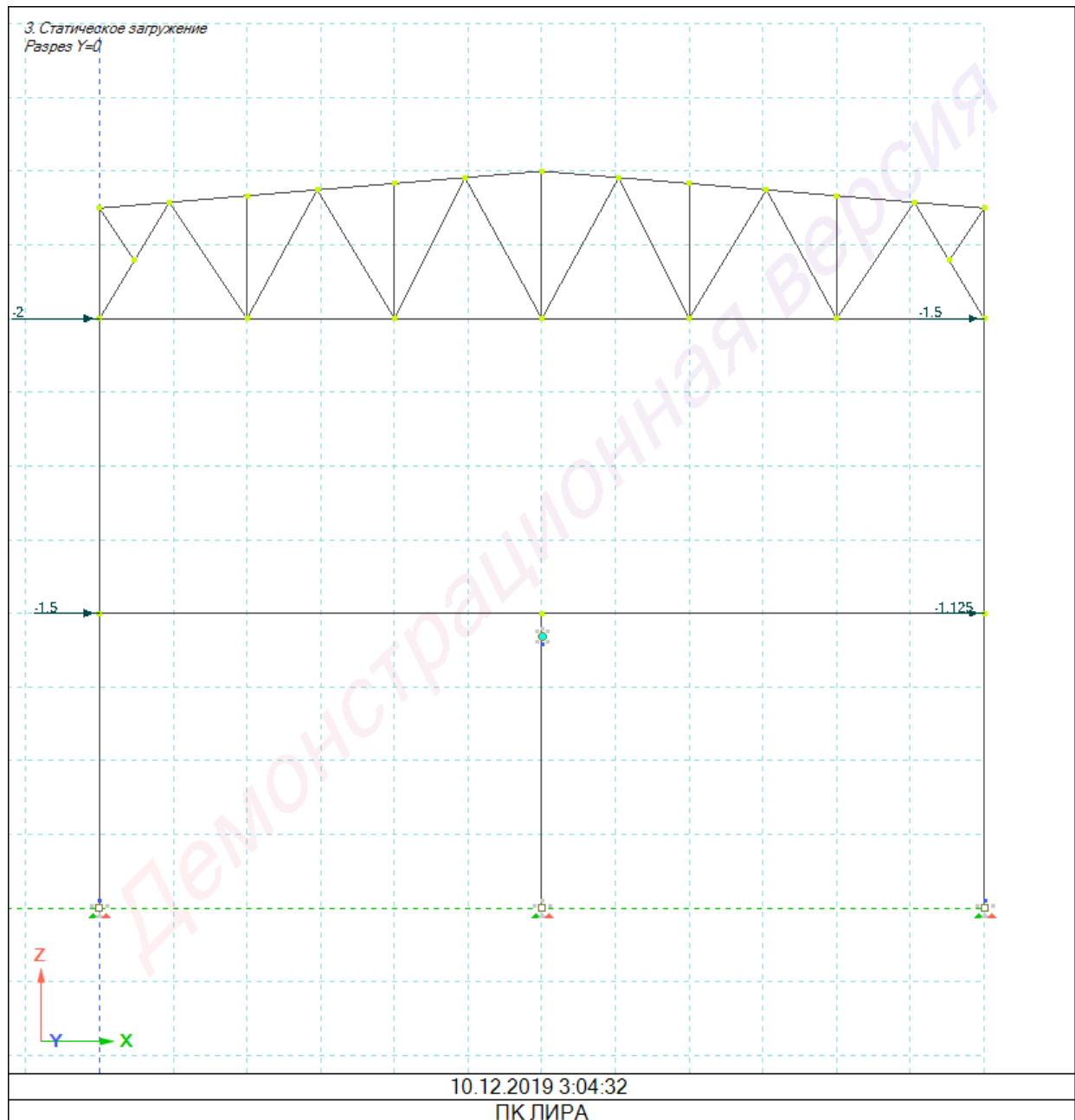


Рис. 3.4 Формирование нагружения №3

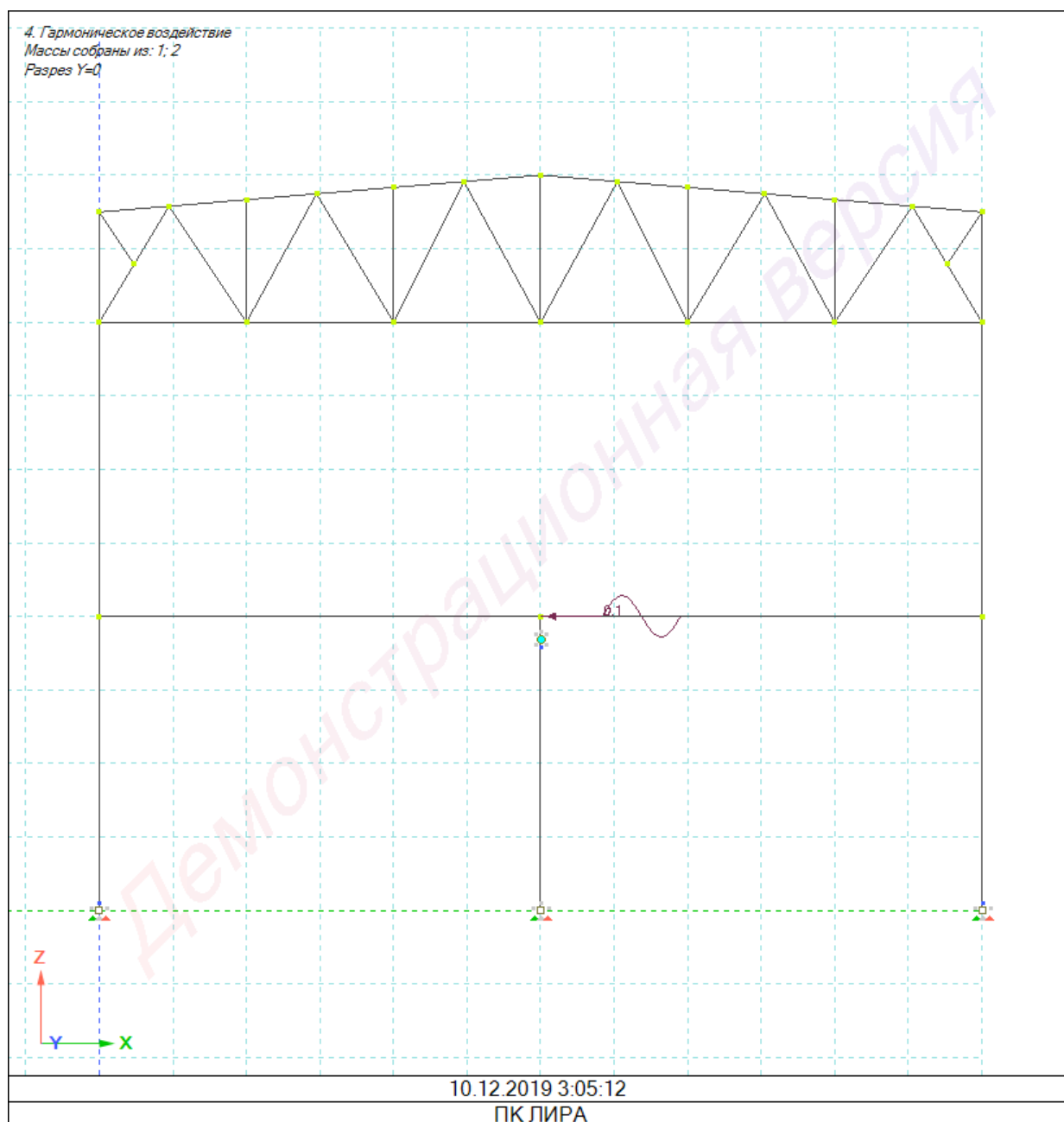


Рис. 3.5 Формирование загрузки №4

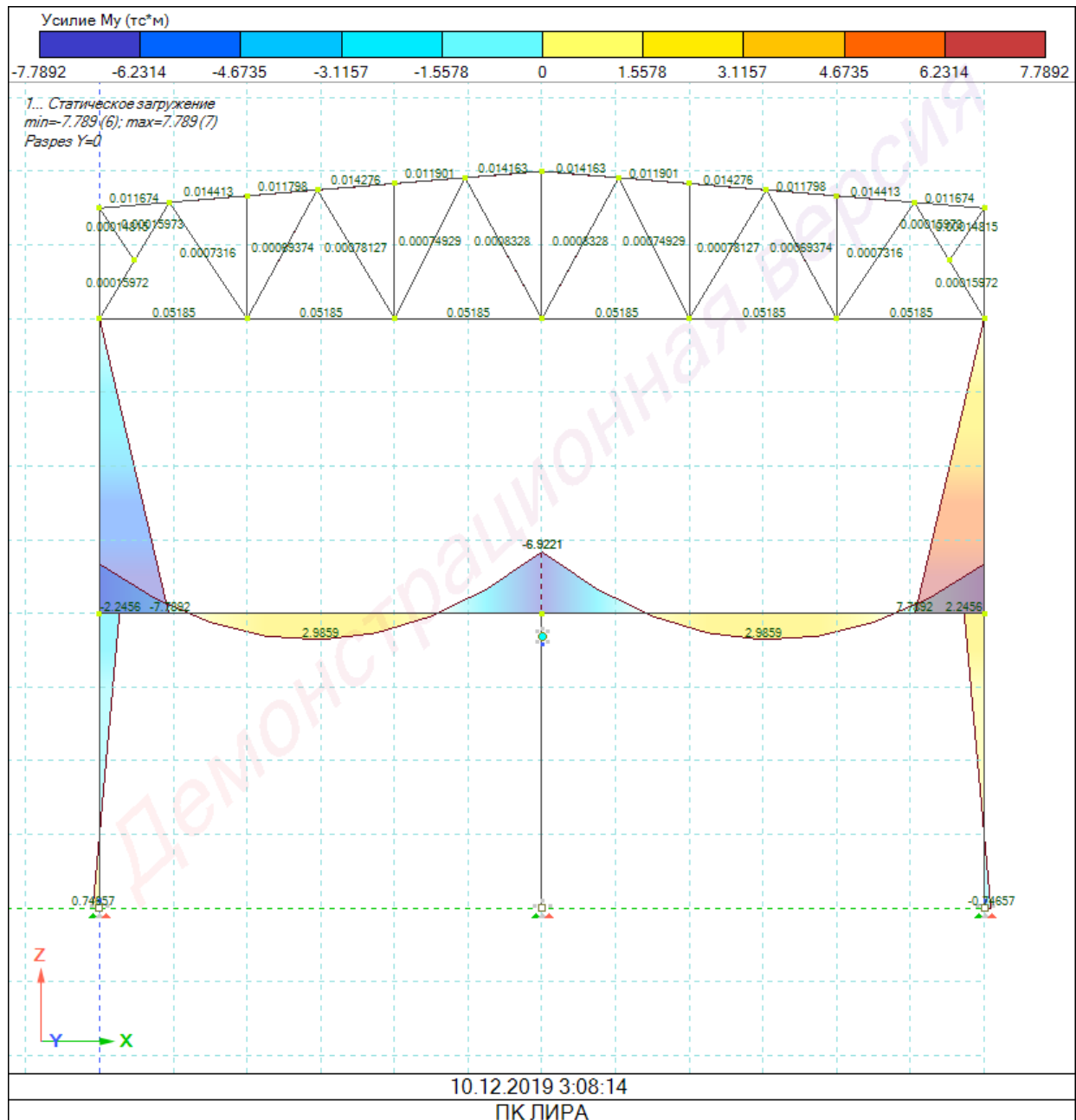
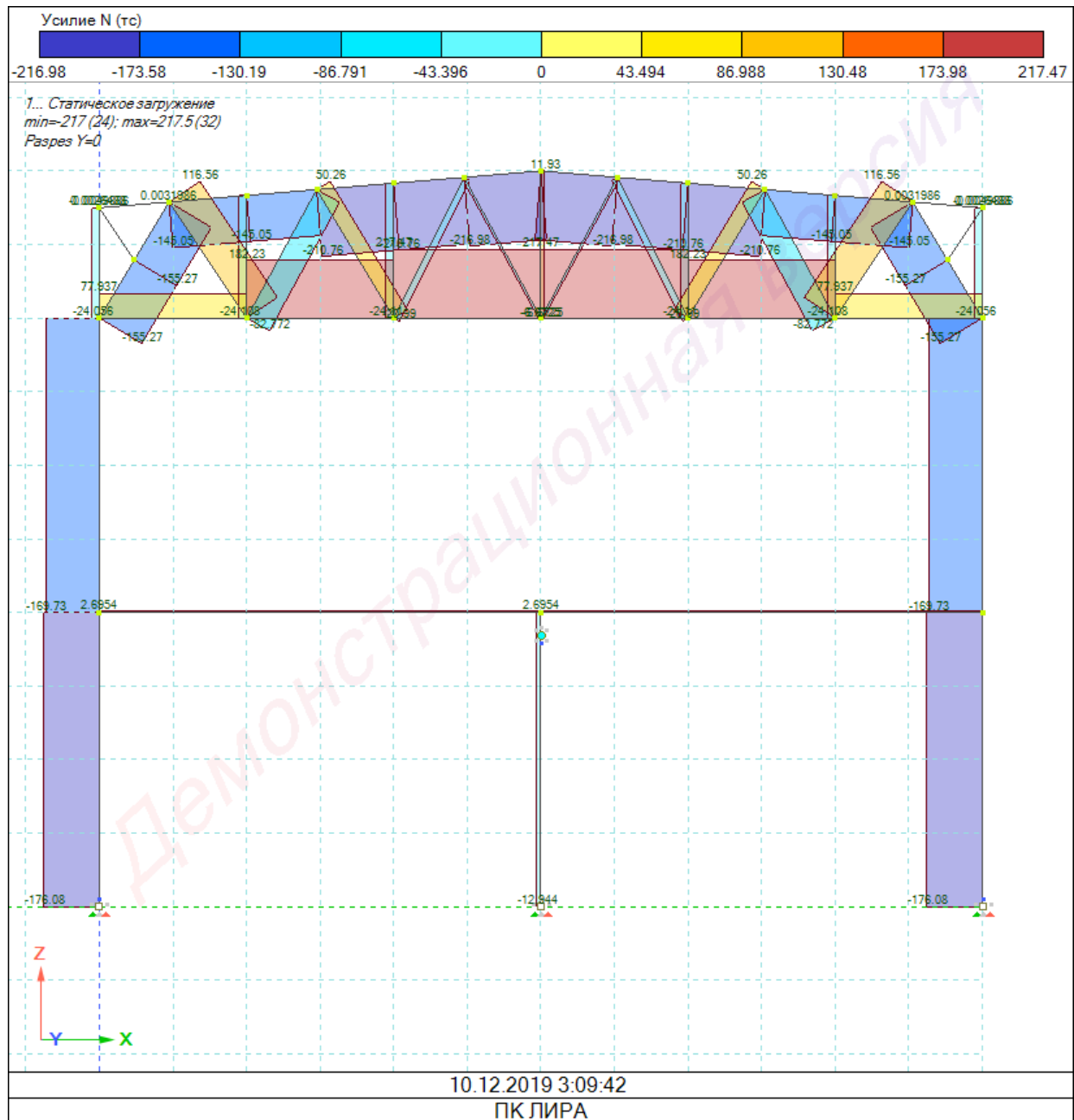


Рис. 3.6 Эпюра усилий M_y от статического нагружения 1

Рис. 3.7 Эпюра усилий N от статического нагружения 1

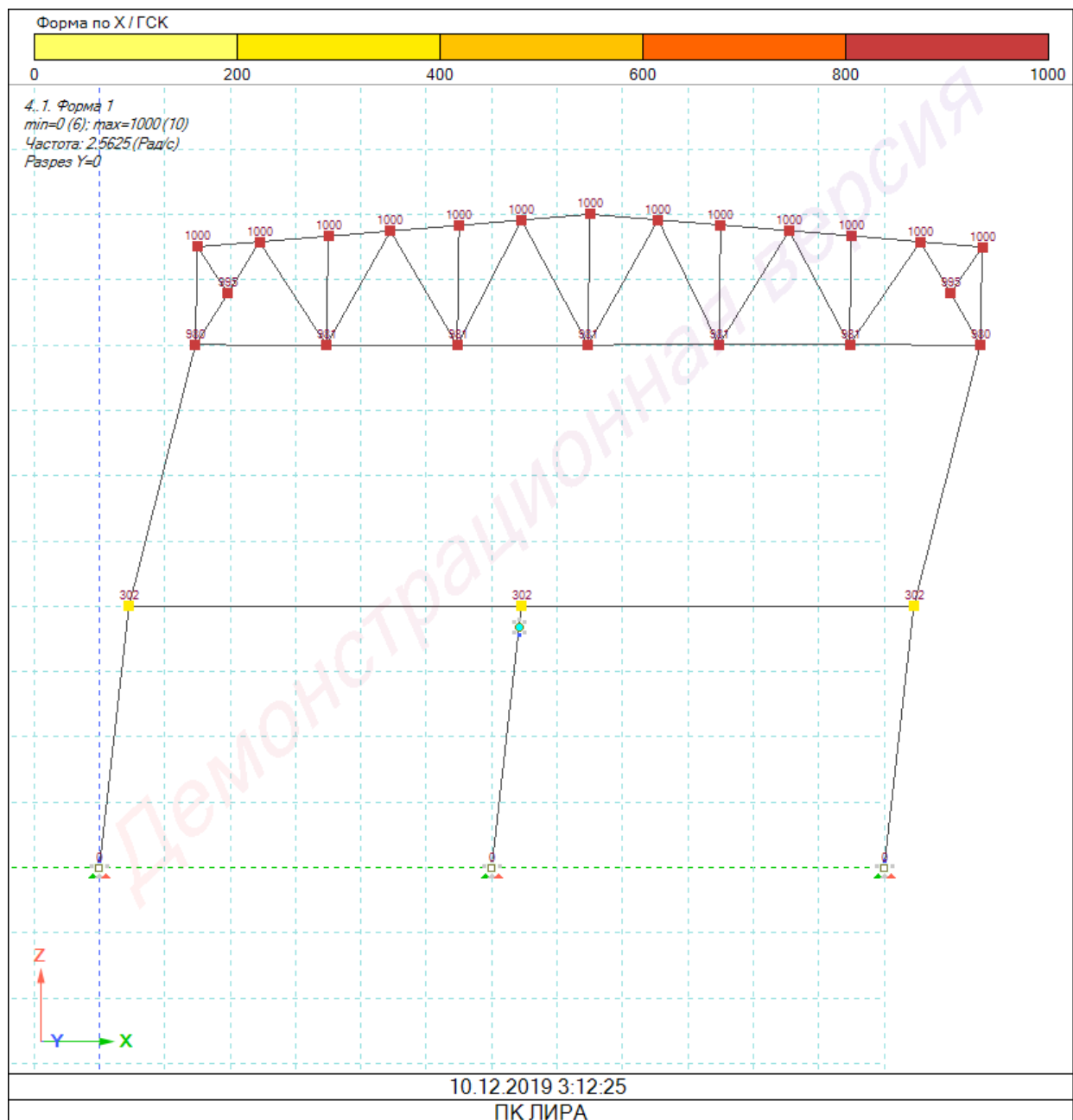


Рис. 3.8 Первая форма колебаний конструкции гармонического воздействия

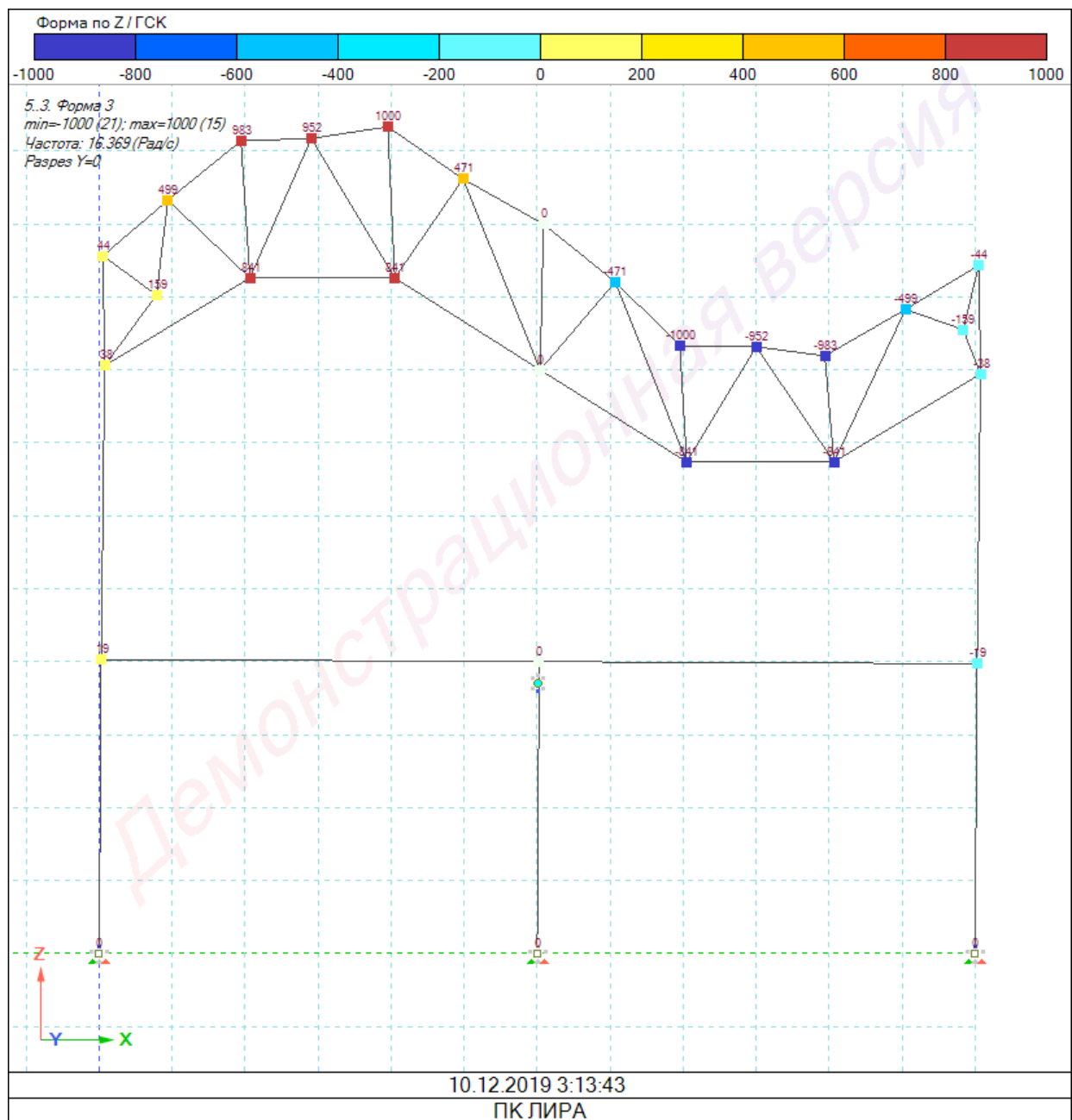


Рис. 3.9 Третья форма колебаний конструкции сейсмического воздействия

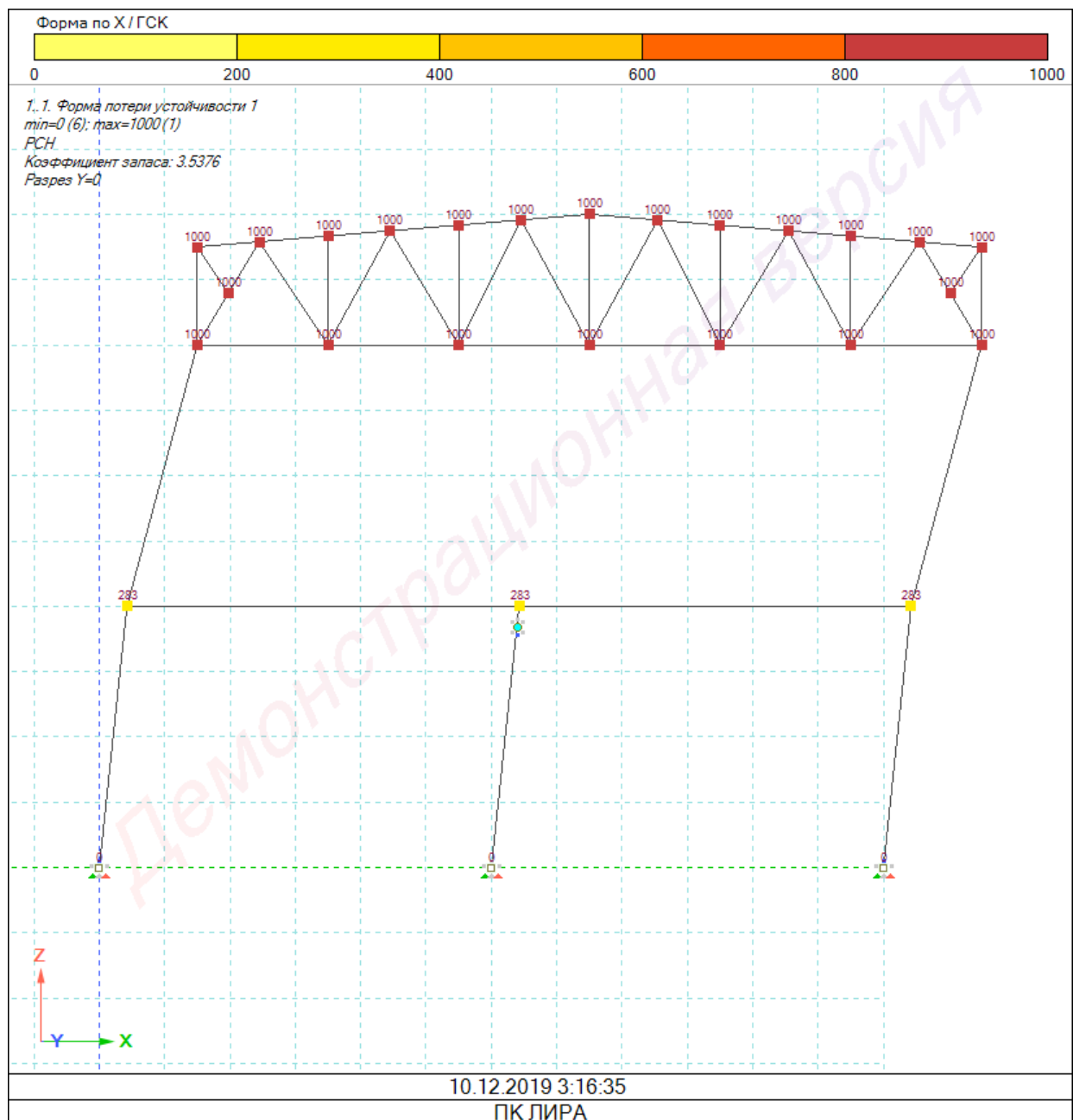


Рис. 3.10 Форма потери устойчивости первого пользовательского сочетания нагрузок

Периоды и частоты собственных колебаний

Загружение	Форма	Собственное значение	Частота (Рад/с)	Период (с)	Коэф. динам. β_x	Коэффициент распределения	Модальная масса (%)	Суммарная модальная масса (%)
4	1	0.390246	2.5625	2.452				
4	2	0.108552	9.2122	0.68205				
4	3	0.061093	16.368	0.38386				
4	4	0.0429708	23.272	0.26999				
4	5	0.0359391	27.825	0.22581				
4	6	0.0332611	30.065	0.20899				
4	7	0.0270124	37.02	0.16972				
4	8	0.0239067	41.829	0.15021				
4	9	0.0238484	41.931	0.14984				
4	10	0.0232023	43.099	0.14578				
4	11	0.0222336	44.977	0.1397				
5	1	0.390145	2.5631	2.4514	1.00987	1.02547	94.7068	94.7068
5	2	0.108552	9.2122	0.68205	1.91453	8.42551E-15	0	94.7068
5	3	0.0610928	16.369	0.38386	2.5	0.00580888	0	94.7083
5	4	0.0429708	23.272	0.26999	2.5	1.70378E-14	0	94.7083
5	5	0.0359391	27.825	0.22581	2.5	0.00199728	0	94.7084

Рис. 3.11 Таблица «Периоды и частоты собственных колебаний»

Коэффициенты запаса

Сочетание	Форма	Коэффициент запаса устойчивости
1	1	3.53756

Рис. 3.12 Таблица «Коэффициенты запаса устойчивости от РСН»

М.К. Проверка. Сводная таблица по РСУ

Номер	I ПС (прочность) (%)	I ПС (общая устойчивость) (%)	Местная устойчивость (%)	II ПС (гибкость) (%)	II ПС (прогибы) (%)	Сечение
1	103	177	84	134		Двутавр прок. 60
2	20	49	54	83		Швеллер прок. 40У
3	105	180	81	135		Двутавр прок. 60
4	88	178	43		32	Двутавр прок. 36
5	99	201			28	Двутавр прок. 36
6	93	157	66	123		Двутавр прок. 60
7	103	175	70	127		Двутавр прок. 60
8	2298	2651	301	4		Коробка прок. 50 х 50 х 2
9	2298	2651	301	4		Коробка прок. 50 х 50 х 2
10	0			15		Коробка прок. 50 х 50 х 2
11	0	0	70	5		Коробка прок. 300 х 300 х 12
12	64	64	41	6		Коробка прок. 300 х 300 х 12
13	357	545	104	73		Коробка прок. 50 х 50 х 2
14	34			2		Коробка прок. 300 х 300 х 12
15	356	495	103	88		Коробка прок. 50 х 50 х 2
16	1726			33		Коробка прок. 50 х 50 х 2
17	64	64	41	6		Коробка прок. 300 х 300 х 12
18	92	93	50	7		Коробка прок. 300 х 300 х 12
19	357	601	107	63		Коробка прок. 50 х 50 х 2
20	80			2		Коробка прок. 300 х 300 х 12
21	1226	2266	209	11		Коробка прок. 50 х 50 х 2
22	745			35		Коробка прок. 50 х 50 х 2
23	92	93	50	7		Коробка прок. 300 х 300 х 12
24	95	96	51	7		Коробка прок. 300 х 300 х 12
25	176			34		Коробка прок. 50 х 50 х 2
26	95			2		Коробка прок. 300 х 300 х 12
27	312	632	110	99		Коробка прок. 50 х 50 х 2
28	100	207	63	130		Коробка прок. 50 х 50 х 2
29	95	96	51	7		Коробка прок. 300 х 300 х 12
30	92	93	50	7		Коробка прок. 300 х 300 х 12
31	357	601	107	63		Коробка прок. 50 х 50 х 2
32	95			2		Коробка прок. 300 х 300 х 12
33	100	207	63	130		Коробка прок. 50 х 50 х 2
34	312	632	110	99		Коробка прок. 50 х 50 х 2
35	92	93	50	7		Коробка прок. 300 х 300 х 12
36	64	64	41	6		Коробка прок. 300 х 300 х 12
37	357	545	104	73		Коробка прок. 50 х 50 х 2
38	80			2		Коробка прок. 300 х 300 х 12
39	745			35		Коробка прок. 50 х 50 х 2
40	1226	2266	209	11		Коробка прок. 50 х 50 х 2
41	2298	2651	301	4		Коробка прок. 50 х 50 х 2
42	2298	2651	301	4		Коробка прок. 50 х 50 х 2
43	0			15		Коробка прок. 50 х 50 х 2
44	64	64	41	6		Коробка прок. 300 х 300 х 12
45	0	0	70	5		Коробка прок. 300 х 300 х 12
46	356	495	103	88		Коробка прок. 50 х 50 х 2
47	34			2		Коробка прок. 300 х 300 х 12
48	1726			33		Коробка прок. 50 х 50 х 2

Рис. 3.13 Таблица «М.К. Проверка. Сводная таблица по РСУ»

М.К. Подбор. Сводная таблица по РСУ

Номер	I ПС (прочность) (%)	I ПС (общая устойчивость) (%)	Местная устойчивость (%)	II ПС (гибкость) (%)	II ПС (прогибы) (%)	Сечение
1	61	95	50	75		Двутавр прок. 70б
2	26	75	54	100		Швеллер прок. 33У
3	62	97	51	75		Двутавр прок. 70б
4	42	76	45		11	Двутавр прок. 50
5	47	86	45		9	Двутавр прок. 50
6	63	99	60	79		Двутавр прок. 70а
7	61	94	47	73		Двутавр прок. 70б
8	97	98	54	6		Коробка прок. 250 х 250 х 10
9	97	98	54	6		Коробка прок. 250 х 250 х 10
10	0			19		Коробка прок. 40 х 40 х 2
11	19	19	43	41		Коробка прок. 40 х 40 х 2
12	95	96	57	9		Коробка прок. 250 х 250 х 9.5
13	83	99	25	37		Коробка прок. 80 х 80 х 6
14	98			4		Коробка прок. 160 х 160 х 8
15	83	97	25	33		Коробка прок. 80 х 80 х 6
16	97			8		Коробка прок. 200 х 200 х 9.5
17	95	96	57	8		Коробка прок. 250 х 250 х 9.5
18	96	97	54	7		Коробка прок. 300 х 300 х 11.5
19	79	98	17	42		Коробка прок. 80 х 80 х 6.5
20	98			2		Коробка прок. 250 х 250 х 12
21	91	97	47	19		Коробка прок. 180 х 180 х 8
22	97			15		Коробка прок. 120 х 120 х 7
23	96	97	54	7		Коробка прок. 300 х 300 х 11.5
24	99	100	55	8		Коробка прок. 300 х 300 х 11.5
25	95			36		Коробка прок. 50 х 50 х 4
26	99			2		Коробка прок. 300 х 300 х 11.5
27	72	95	20	47		Коробка прок. 80 х 80 х 6
28	41	96	9	82		Коробка прок. 50 х 50 х 6
29	99	100	55	8		Коробка прок. 300 х 300 х 11.5
30	96	97	54	7		Коробка прок. 300 х 300 х 11.5
31	79	98	17	42		Коробка прок. 80 х 80 х 6.5
32	99			2		Коробка прок. 300 х 300 х 11.5
33	41	96	9	82		Коробка прок. 50 х 50 х 6
34	72	95	20	47		Коробка прок. 80 х 80 х 6
35	96	97	54	7		Коробка прок. 300 х 300 х 11.5
36	95	96	57	8		Коробка прок. 250 х 250 х 9.5
37	83	99	25	37		Коробка прок. 80 х 80 х 6
38	98			2		Коробка прок. 250 х 250 х 12
39	97			15		Коробка прок. 120 х 120 х 7
40	91	97	47	19		Коробка прок. 180 х 180 х 8
41	97	98	54	6		Коробка прок. 250 х 250 х 10
42	97	98	54	6		Коробка прок. 250 х 250 х 10
43	0			19		Коробка прок. 40 х 40 х 2
44	95	96	57	9		Коробка прок. 250 х 250 х 9.5
45	19	19	43	41		Коробка прок. 40 х 40 х 2
46	83	97	25	33		Коробка прок. 80 х 80 х 6
47	98			4		Коробка прок. 160 х 160 х 8
48	97			8		Коробка прок. 200 х 200 х 9.5

Рис. 3.13 Таблица «М.К. Подбор. Сводная таблица по РСУ»

3.3. Численный расчет в программе SCAD++

Ниже представлена краткая блок-схема численного расчета в ПК SCAD++. Для оформления отчета достаточно вывести те же данные, что и для численного расчета в ПК ЛИРА.

The 'Новый проект' dialog box contains the following fields and options:

- Наименование:** Лаб 5
- Организация:** (empty field)
- Объект:** Расчет рамы промышленн
- Standards:**
 - ☒ Стандарт
 - ☐ Вариация моделей
 - ☐ Монтаж
 - ☐ Форум
- Buttons:** OK (green checkmark), Отмена (red X), Справка (book icon)
- Кoefficient надежности по ответственности:** 1 (dropdown)
- Точность оценки совпадающих узлов:** 0,01 м
- Тип схемы:** 2 - Плоская рама (dropdown)
- Additional buttons:** Единицы измерения, Нормы проектирования

Рис. 3.14 Редактор начальной загрузки

The 'Задание параметров регулярной рамы' dialog box contains the following elements:

- Tables:**

	Длины пролетов м	Количество пролетов
1	6	2

	Высоты этажей м	Количество этажей
1	4	2
- Buttons:** + Добавить, - Удалить (for both tables)
- Связи (Connections):**
 - ☒ Автоматическая установка связей
 - Buttons: X, Y, Z, U_x , U_y , U_z
- Жесткости (Stiffnesses):**
 - ? Колонны
 - ? Ригели
- Buttons:** OK (green checkmark), Отмена (red X), Справка (book icon)
- Тип элемента:** - 2

Рис. 3.15 Задание параметров расчетной схемы

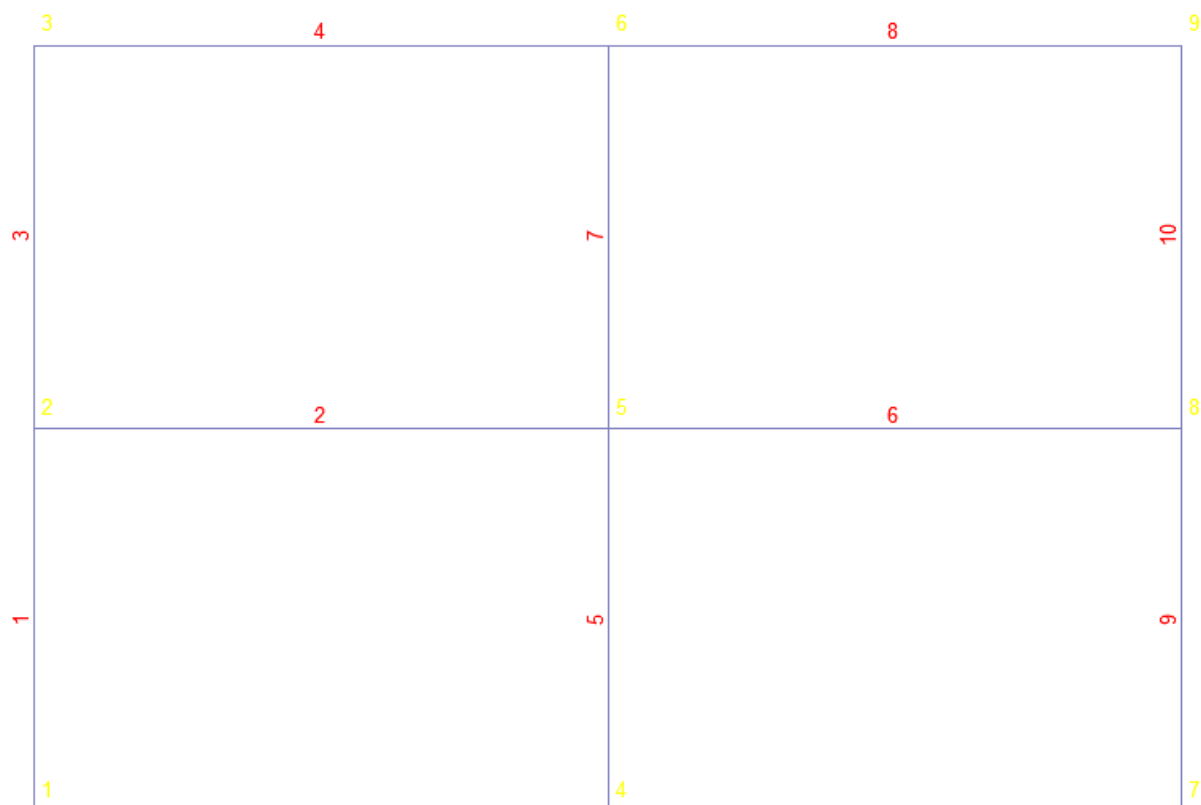


Рис. 3.16 Нумерация узлов и элементов расчетной схемы

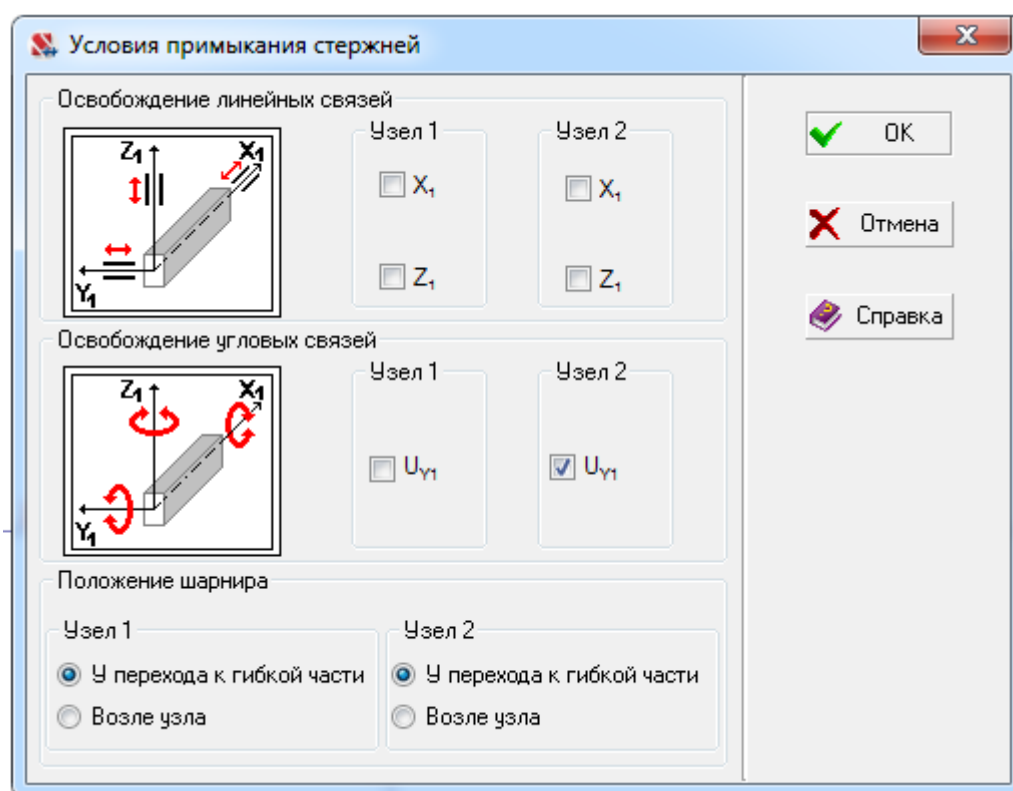


Рис. 3.16 Панель активного режима «Назначить шарниры»

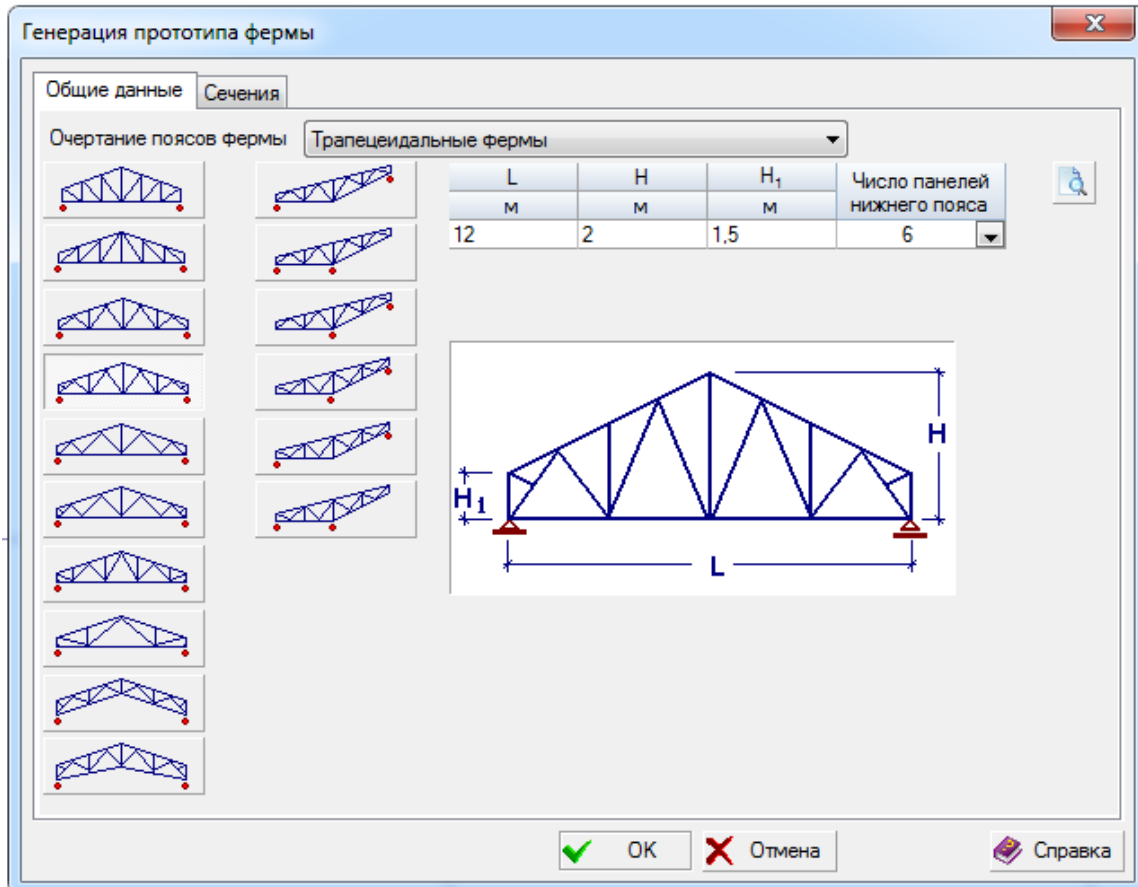


Рис. 3.17 Задание параметров фермы

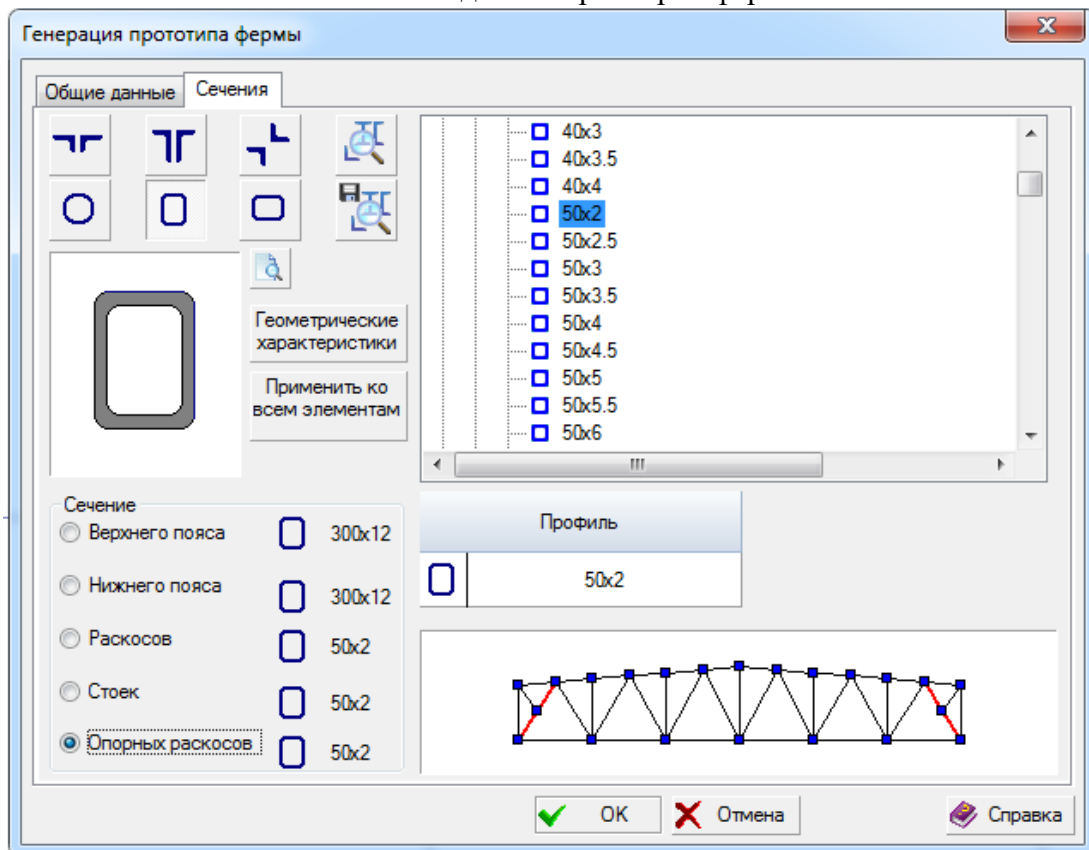


Рис. 3.18 Назначение сечений

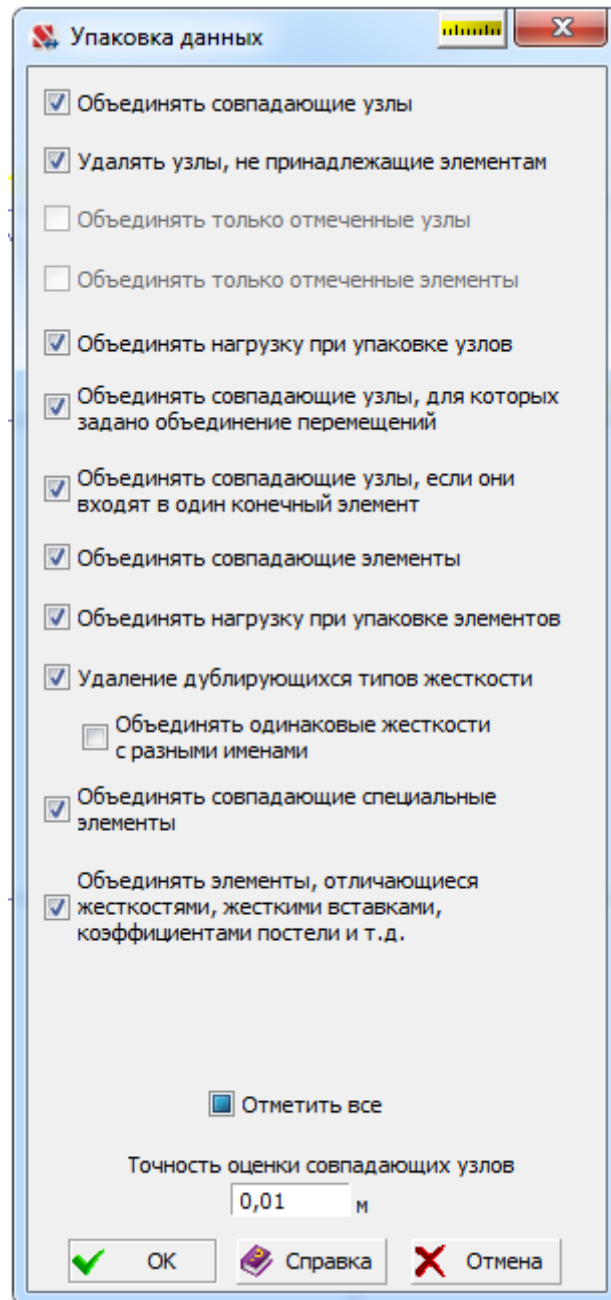


Рис. 3.19 Упаковка модели

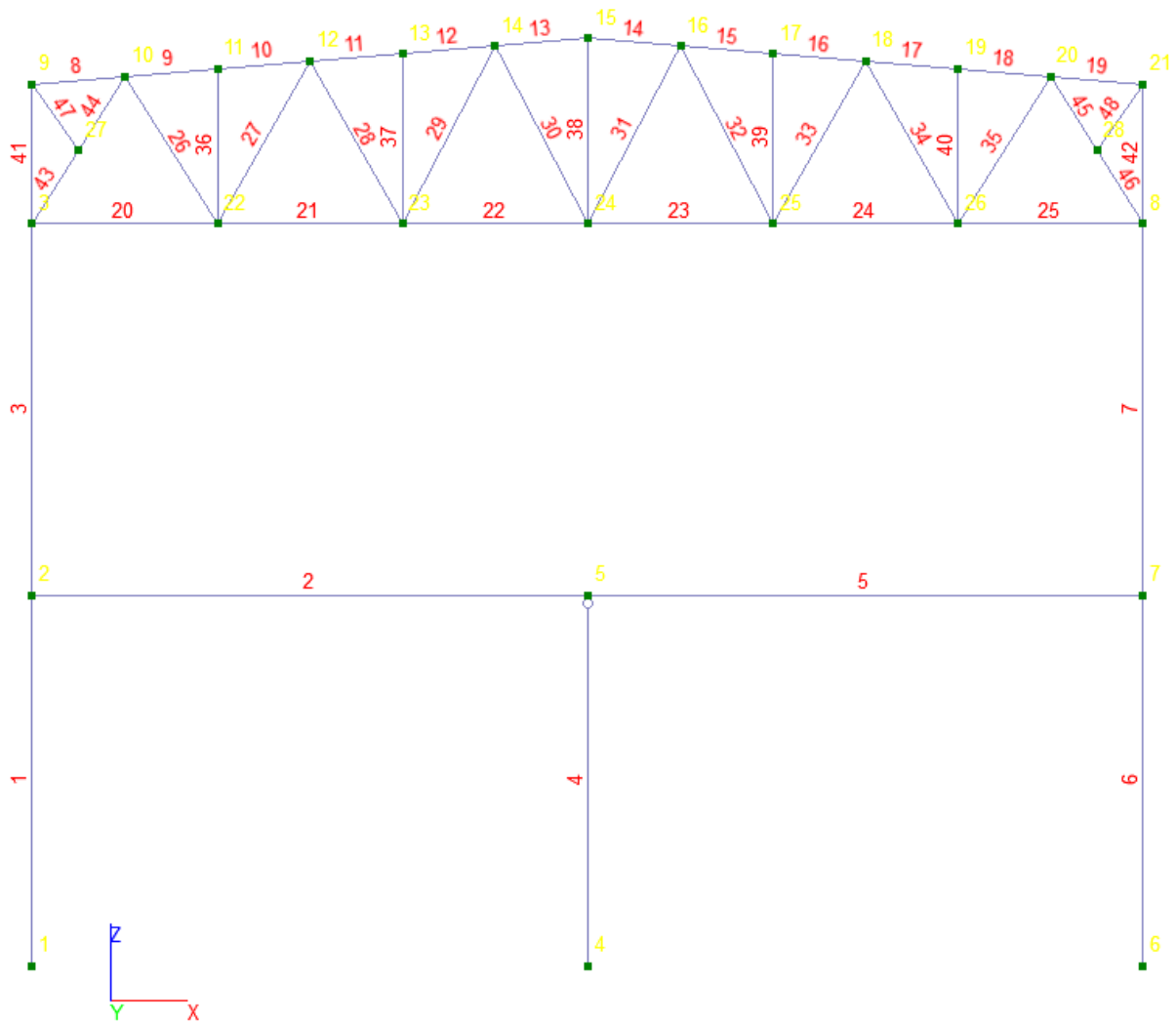


Рис. 3.20 Расчетная схема рамы с номерами узлов и элементов

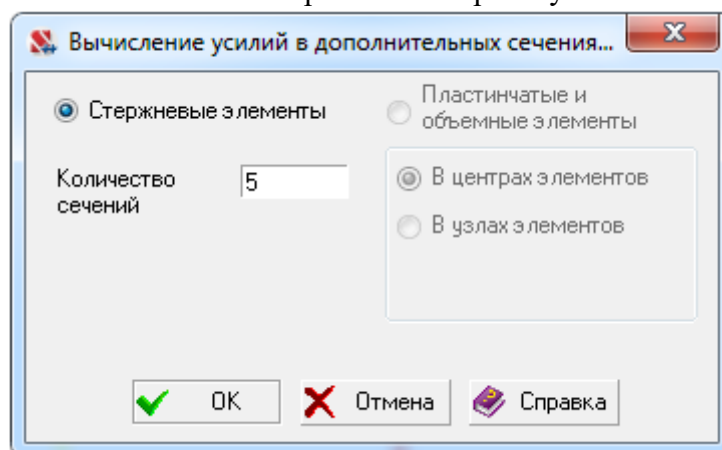


Рис. 3.21 Задание расчетных сечений элементов ригелей

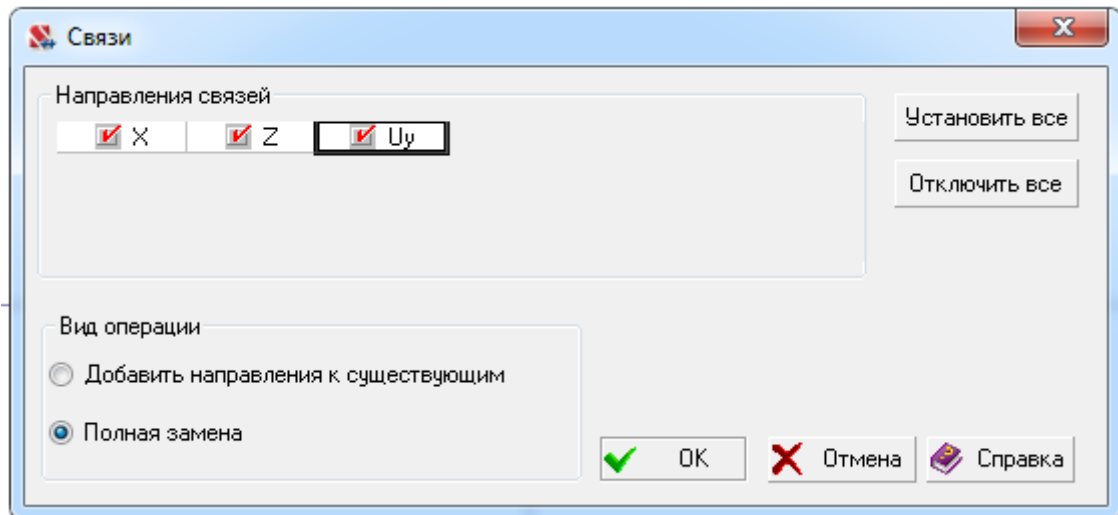


Рис. 3.22 Панель активного режима «Связи»

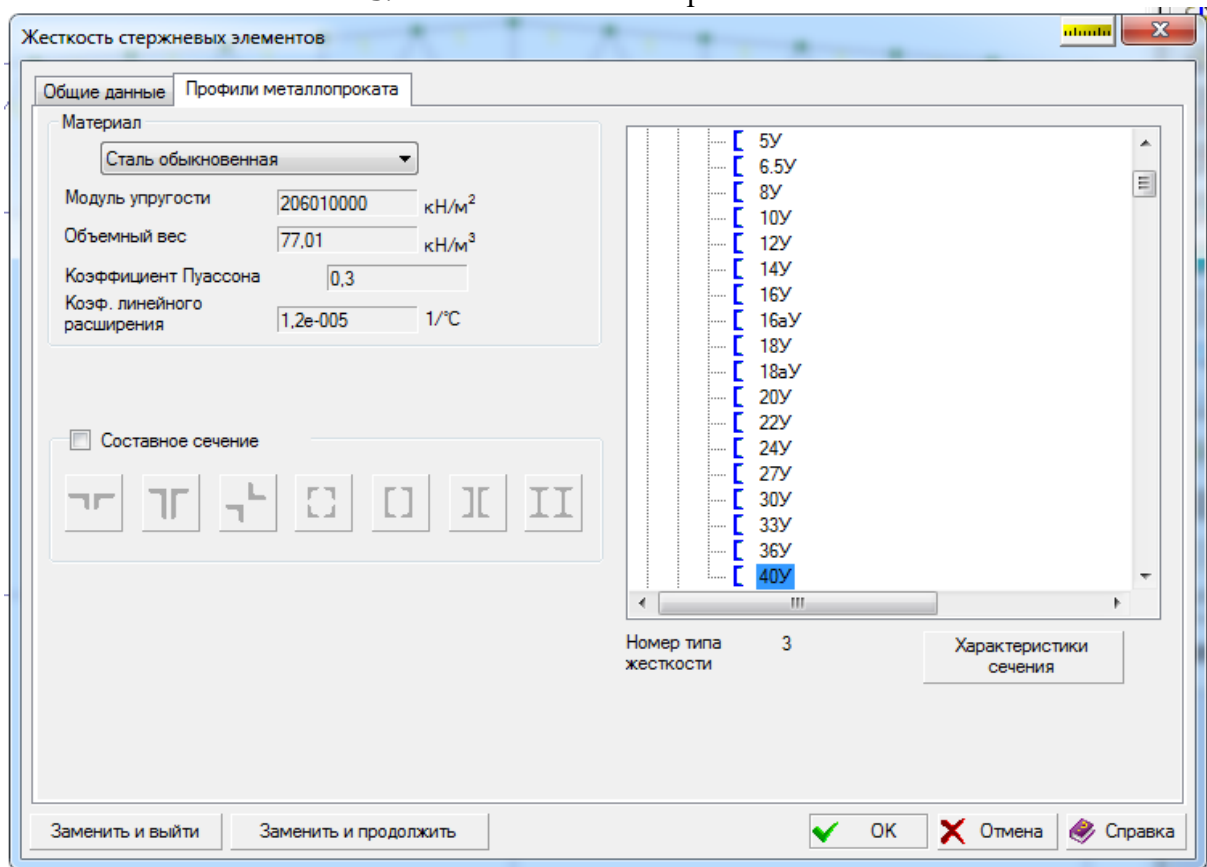


Рис. 3.23 Жесткость стержневых элементов

Конструктивный элемент

Элементы

Сечение: Швеллер с уклоном полок по ГОСТ 8240-97 40У []

Сталь: Ст C235

☒ Коэффициент расчетной длины
☐ Расчетная длина

В плоскости X_1OZ_1 : 1

В плоскости X_1OY_1 : 1

Расстояние между точками раскрепления из плоскости изгиба (при нулевом значении используется длина элемента): 0 м

Коэффициент надежности по ответственности: 1

☒ Коэффициент условий работы: 1
☒ Предельные гибкости:
 Сжатые элементы: 180 - 60а
 Растянутые элементы: 300

☐ Неупругая работа сечения не допускается

Максимально допустимые вертикальные перемещения:	Относительные k^*L	Абсолютные мм
☒ от всех нагрузок	0,01	0,7
☒ от временных нагрузок	0,01	0,7

Имя конструктивного элемента: Средние колонны

Список конечных элементов: 4

Список конструктивных: Средние колонны

Тип конструктивного элемента: Стойка

☐ Дополнительная группа

Рис. 3.24 Редактор параметров конструирования средних колонн

Группы конструктивных элементов для проверки сечений

Элементы

Сечение: Двутавр с уклоном полок по ГОСТ 8239-89 60

Сталь: Ст C235

☒ Коэффициент расчетной длины
☐ Расчетная длина

В плоскости X_1OZ_1 : 1

В плоскости X_1OY_1 : 1

Расстояние между точками раскрепления из плоскости изгиба (при нулевом значении используется длина элемента): 0 м

Коэффициент надежности по ответственности: 1

☒ Коэффициент условий работы: 1
☒ Предельные гибкости:
 Сжатые элементы: 180 - 60а
 Растянутые элементы: 300

☐ Неупругая работа сечения не допускается

Максимально допустимые вертикальные перемещения:	Относительные k^*L	Абсолютные мм
☒ от всех нагрузок	0,01	0,7
☒ от временных нагрузок	0,01	0,7

Имя группы элементов: Крайние колонны

Список конечных элементов: 1 3 6 7

Список групп: Крайние колонны

Тип конструктивной группы: Элемент общего вида

☐ Дополнительная группа

Рис. 3.25 Редактор параметров конструирования для крайних колонн

Группы конструктивных элементов для проверки сечений

Элементы

Сечение: Двутавр с уклоном полок по ГОСТ 8239-89 36 И Заменить сечение

Сталь: Ст C235

☒ Коэффициент расчетной длины

☐ Расчетная длина

В плоскости X_1OZ_1 : 0,25

В плоскости X_1OY_1 : 1

Расстояние между точками раскрепления из плоскости изгиба (при нулевом значении используется длина элемента): 0 м

Коэффициент надежности по ответственности: 1

Коэффициент условий работы: γ_c 1

Предельные гибкости: $[\lambda]$

Сжатые элементы: 180

Растянутые элементы: 300

☐ Неупругая работа сечения не допускается

Максимально допустимые вертикальные перемещения:	Относительные k^*L	Абсолютные мм
☒ от всех нагрузок	4,0-003	Не огранич
☐ от временных нагрузок	0,01	0,7

Имя группы элементов: Балки настила + Добавить ✗ Удалить

Список конечных элементов: 2-5 📄 Копировать

Список групп: Балки настила 📖 Справка

Тип конструктивной группы: Элемент общего вида ✓ Применить ✗ Выход

☐ Дополнительная группа

Рис. 3.26 Редактор параметров конструирования для балок настила

Группы конструктивных элементов для проверки сечений

Элементы

Сечение: Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245 □ Заменить сечение

Сталь: Ст C235

☒ Коэффициент расчетной длины

☐ Расчетная длина

В плоскости X_1OZ_1 : 1

В плоскости X_1OY_1 : 1

Расстояние между точками раскрепления из плоскости изгиба (при нулевом значении используется длина элемента): 0 м

Коэффициент надежности по ответственности: 1

Коэффициент условий работы: γ_c 1

Предельные гибкости: $[\lambda]$

Сжатые элементы: 180 - 60a

Растянутые элементы: 300

☐ Неупругая работа сечения не допускается

Максимально допустимые вертикальные перемещения:	Относительные k^*L	Абсолютные мм
☐ от всех нагрузок	0,01	0,7
☐ от временных нагрузок	0,01	0,7

Имя группы элементов: Элементы верхнего пояса фермы + Добавить ✗ Удалить

Список конечных элементов: 8-19 📄 Копировать

Список групп: Элементы верхнего пояса фермы 📖 Справка

Тип конструктивной группы: Элемент общего вида ✓ Применить ✗ Выход

☐ Дополнительная группа

Рис. 3.27 Редактор параметров конструирования элементов верхнего пояса фермы

Группы конструктивных элементов для проверки сечений

Элементы

Сечение: Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245

Сталь: Ст C235

☒ Коэффициент расчетной длины

☐ Расчетная длина

В плоскости X_1OZ_1 : 0,33

В плоскости X_1OY_1 : 0,33

Расстояние между точками раскрепления из плоскости изгиба (при нулевом значении используется длина элемента): 0 м

Коэффициент надежности по ответственности: 1

Коэффициент условий работы: 1

Предельные гибкости

$[\lambda]$ Сжатые элементы: 180 - 60а

Растянутые элементы: 300

☐ Неупругая работа сечения не допускается

Максимально допустимые вертикальные перемещения:	Относительные k^*L	Абсолютные мм
☐ от всех нагрузок	0,01	0,7
☐ от временных нагрузок	0,01	0,7

Имя группы элементов: Элементы нижнего пояса фермы

Список конечных элементов: 20-25

Список групп: Элементы нижнего пояса фермы

Тип конструктивной группы: Элемент общего вида

☐ Дополнительная группа

Рис. 3.28 Редактор параметров конструирования элементов нижнего пояса фермы

Группы конструктивных элементов для проверки сечений

Элементы

Сечение: Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245

Сталь: Ст C235

☒ Коэффициент расчетной длины

☐ Расчетная длина

В плоскости X_1OZ_1 : 1

В плоскости X_1OY_1 : 1

Расстояние между точками раскрепления из плоскости изгиба (при нулевом значении используется длина элемента): 0 м

Коэффициент надежности по ответственности: 1

Коэффициент условий работы: 1

Предельные гибкости

$[\lambda]$ Сжатые элементы: 210 - 60а

Растянутые элементы: 300

☐ Неупругая работа сечения не допускается

Максимально допустимые вертикальные перемещения:	Относительные k^*L	Абсолютные мм
☐ от всех нагрузок	0,01	0,7
☐ от временных нагрузок	0,01	0,7

Имя группы элементов: Элементы решетки фермы

Список конечных элементов: 26-48

Список групп: Элементы решетки фермы

Тип конструктивной группы: Элемент общего вида

☐ Дополнительная группа

Рис. 3.29 Редактор параметров конструирования элементов решетки фермы

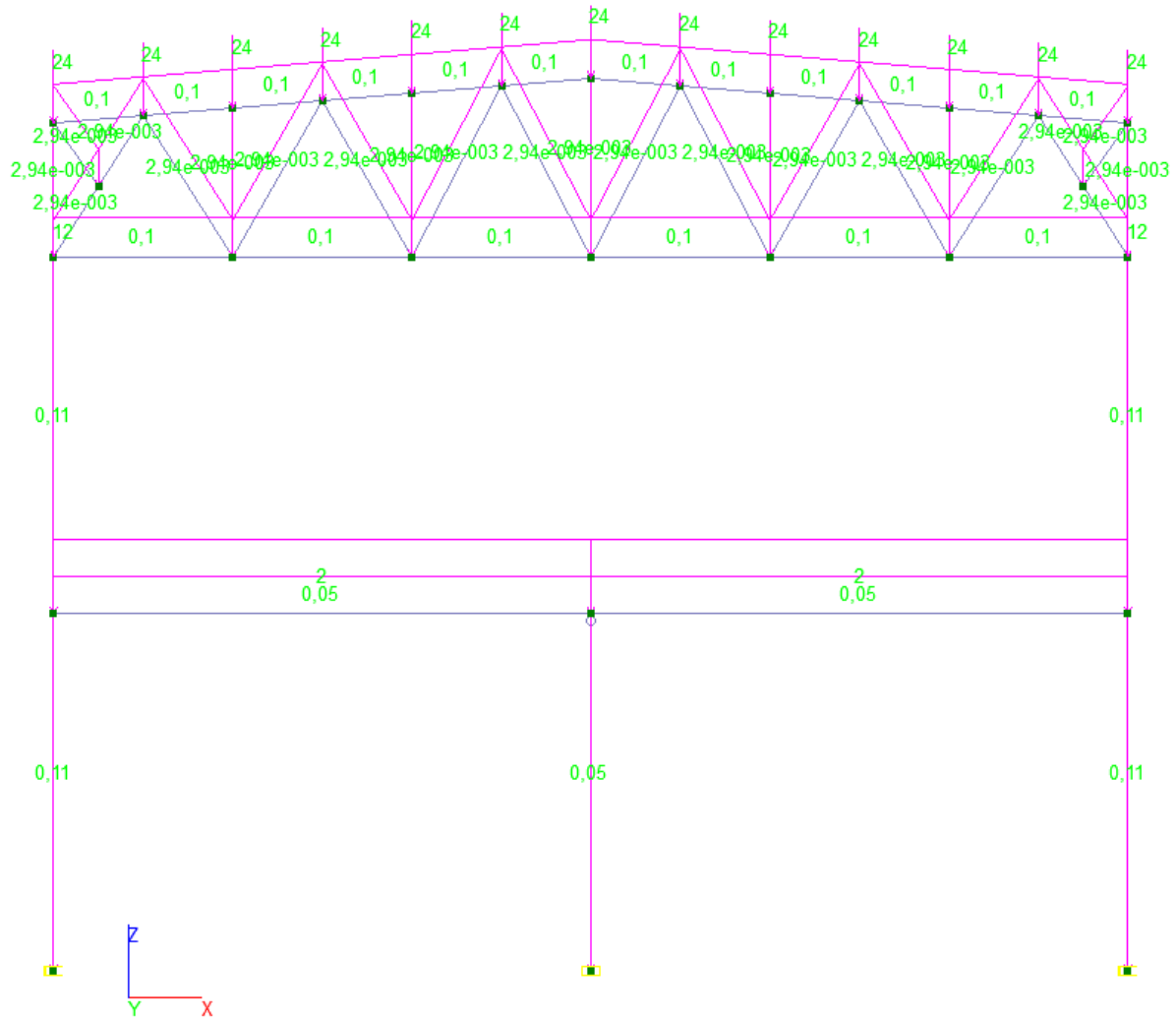


Рис. 3.30 Формирование загрузки №1

Сохранение загрузки

№: 1 Имя: Нагрузка от собственного веса

Тип загрузки: Постоянные на Вид нагрузки: Вес металличе ☒ Нормативная нагрузка

Коэффициент надежности по нагрузке: 1,1 Доля длительности: 1

№	Загрузки	Тип загрузки	Вид нагрузки	Коэффициент надежности по нагрузке	Доля длительности	Нормативное загрузка
1	Нагрузка от собственного веса	Постоянные нагрузки	Вес металл	1,1	1	☒
2	Нагрузка от оборудования	Длительные нагрузки	Вес изоляци	1,2	1	☒

☒ Сохранить и продолжить задание нагрузок
 ☐ Сохранить и перейти к созданию нового загрузки

Рис. 3.31 Панель редактирования загрузки

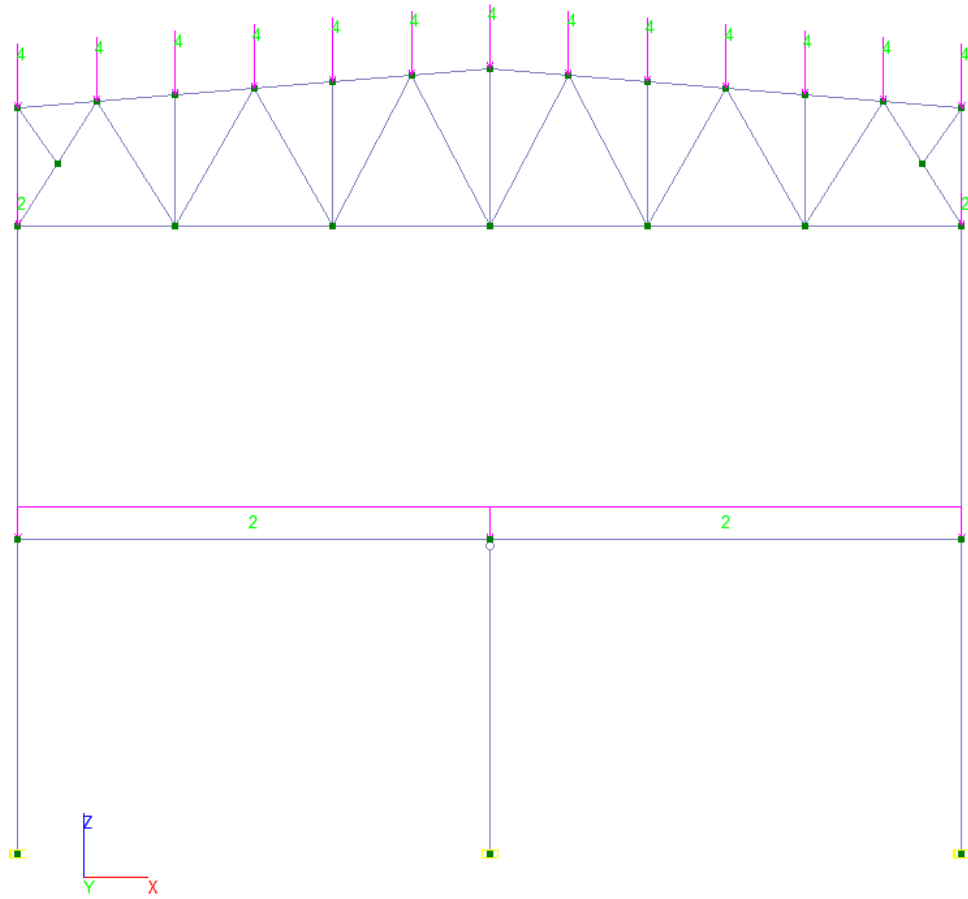


Рис. 3.32 Формирование загрузки №2

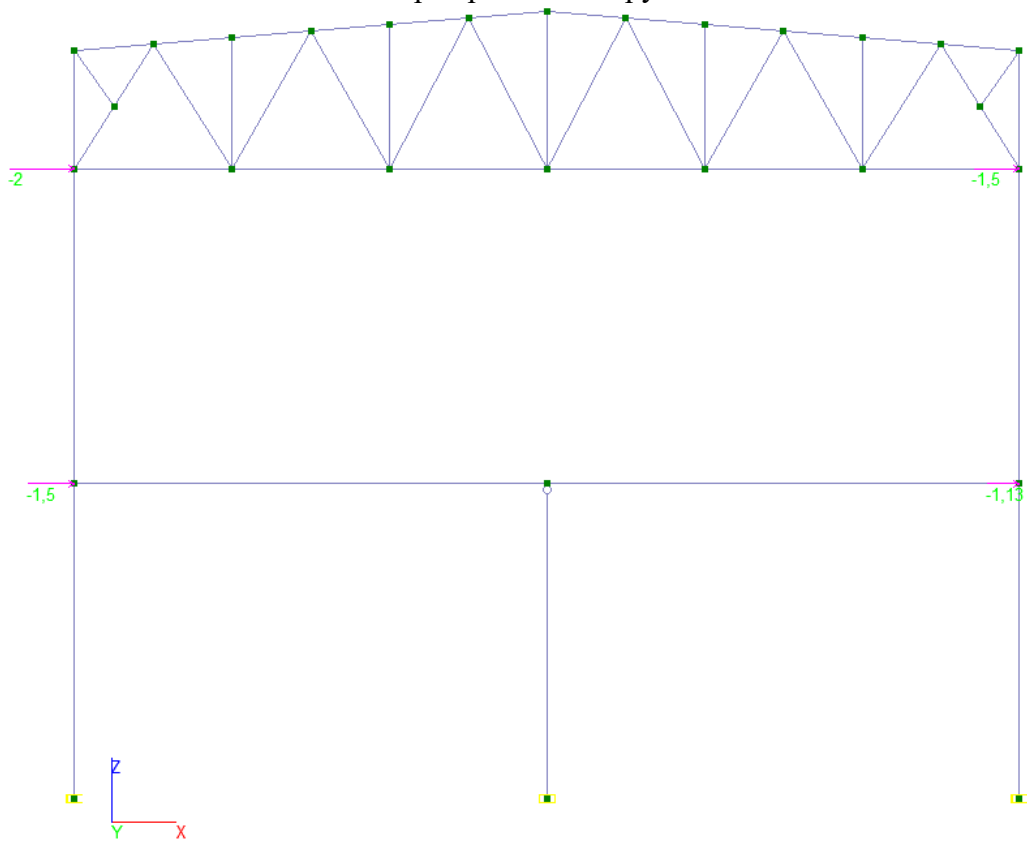


Рис. 3.33 Формирование загрузки №3

Параметры динамических воздействий

Общие данные | Гармонические колебания

Вид воздействия

☐ Сейсмические воздействия
☐ Ветровые воздействия
☒ Прочие воздействия
☐ Прямое интегрирование

Имя загрузки: Гармоническое воздействие

☒ Преобразование статических нагрузок в массы
☐ Расчетные ☒ Нормативные

Номер и имя присоединяемого статического нагружения: 2 Нагрузка от оборудования

Коеф. пересчета: 0.8

+ Записать

Загружение	Коеф. ициент
1 Нагрузка от собственного ве	0.9
2 Нагрузка от оборудования	0.8

X Удалить

Значения параметров взять из загрузки

Наименование
Модальный анализ
Гармонические колебания
Импульс
Импульс с отслеживанием истории
Удар
Удар с отслеживанием истории
Удар с учетом влияния массы ударяющего тела

☐ Анализ в заданном частотном диапазоне
 от 0 рад/сек до 0 рад/сек

☒ Итерации подпространств
☐ Панчоша
☐ Наискорейшего спуска

☐ Автоматическое определение количества форм исходя из % выбранных масс по направлениям:
 X 0 % Y 0 % Z 0 %

☒ OK ☐ Отмена Справка

Параметры динамических воздействий

Общие данные | Гармонические колебания

☐ Расчет с учетом пусковых резонансов
☒ Расчет на заданную частоту
☐ Расчет на заданную частоту с учетом возможной ошибки в определении собственных частот

Число учитываемых форм собственных колебаний: 10

Кэффициент неупругого сопротивления: 0.025

Круговая частота внешнего воздействия: 6.5 рад/сек

Точность вычисления частоты: 0

☒ OK ☐ Отмена Справка

Рис. 3.34 Задание параметров гармонического воздействия

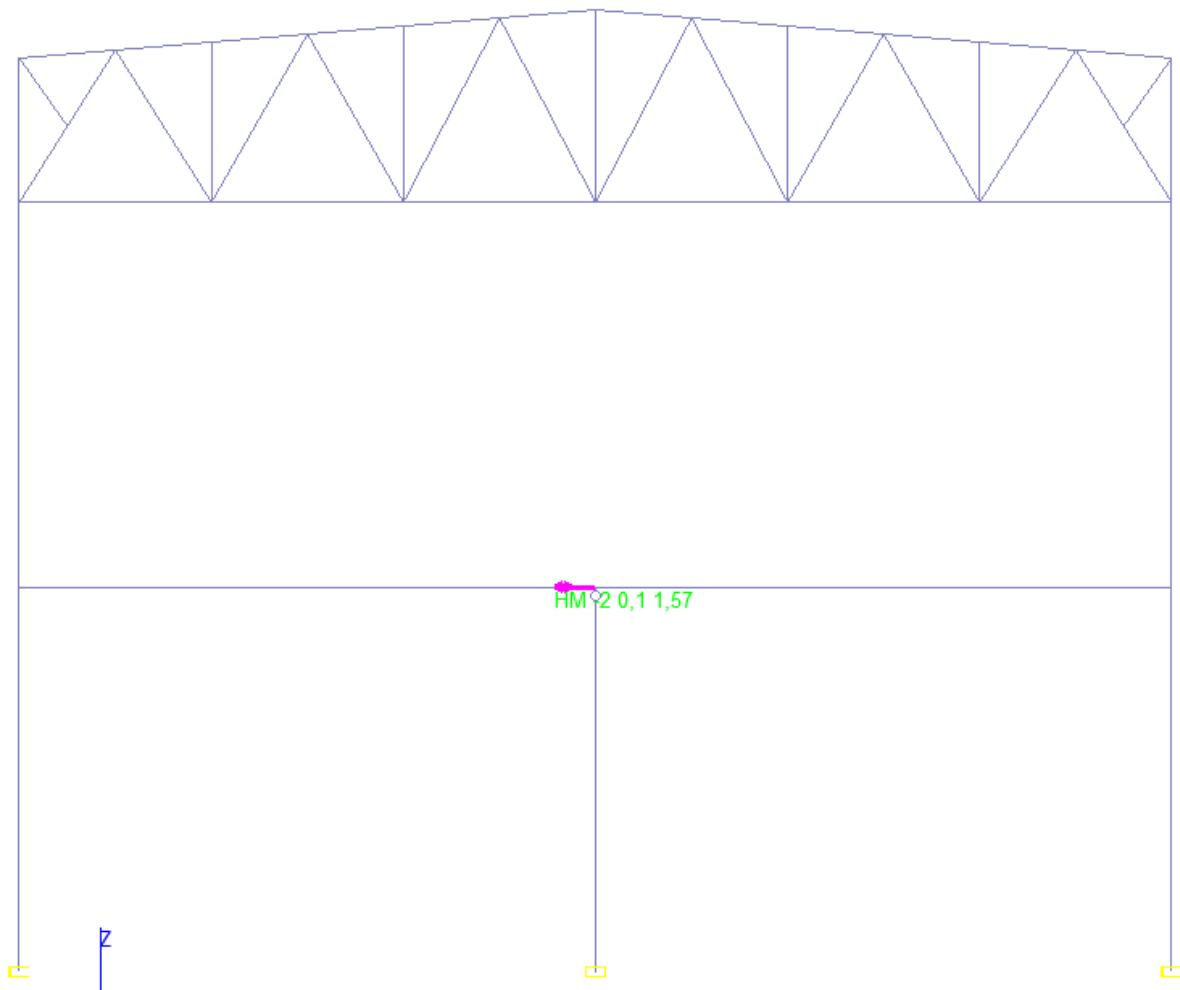


Рис. 3.35 Формирование загрузки №4

Параметры динамических воздействий

Общие данные: Сейсмическое воздействие (01.01.2000)

Вид воздействия:

- ☒ Сейсмическое воздействие
- ☐ Ветровые воздействия
- ☐ Прочие воздействия
- ☐ Прямое интегрирование

Значения параметров взять из загрузки:

Имя загрузки: Сейсмическое воздействие

☒ Преобразование статических нагрузок в массы

☐ Расчетные ☒ Нормативные

Номер и имя присоединяемого статического нагружения: 2 Нагрузка от оборудования

Коеф. пересчета: 0,8

Загружение	Коеф. ициент
1 Нагрузка от собственного ве	0,9
2 Нагрузка от оборудования	0,8

Страна	Шифр	Наименование
СССР	СНиП II-7-81*	Строительство в сейсмических районах
СНГ	Проект для СНГ	Строительство в сейсмических районах
Россия	СНиП II-7-81* (01.01.2000)	Строительство в сейсмических районах
Россия	СП 31-114-2004	Правила проектирования жилых и общественных зданий
Россия	СП 14.13330.2011	Строительство в сейсмических районах (Актуализирован)
Россия	СП 14.13330.2014	Строительство в сейсмических районах (Актуализирован)
Россия	МСГН 4.19.05	МГСН

Определение собственных форм и частот выполнить методом:

- ☒ Итерации подпространств
- ☐ Ланцоша
- ☐ Наискорейшего спуска

☐ Анализ в заданном частотном диапазоне

от 0 рад/сек до 0 рад/сек

☐ Автоматическое определение количества форм исходя из % выбранных масс по направлениям:

X 0 % Y 0 % Z 0 %

Параметры динамических воздействий

Общие данные: Сейсмическое воздействие (01.01.2000)

Число учитываемых форм собственных колебаний:

Направление воздействия:

X: 1

Косинусы углов с осями:

Y: 0

Z: 0

Количество этажей (>= 5):

Поправочный коэффициент:

Тип сооружения: Жилые, общественные, производств

Коеффициенты [СНиП II-7-81*] на 01.01.2000

Допускаемые повреждения (см. табл. 3): Допускаются значительные

Характеристика конструкции (см. табл. 6): Другие

Категория грунта: I категория

Сейсмичность: 7 баллов

Глубина заложения гидротехнического сооружения: м

Рис. 3.36 Задание параметров сейсмического воздействия

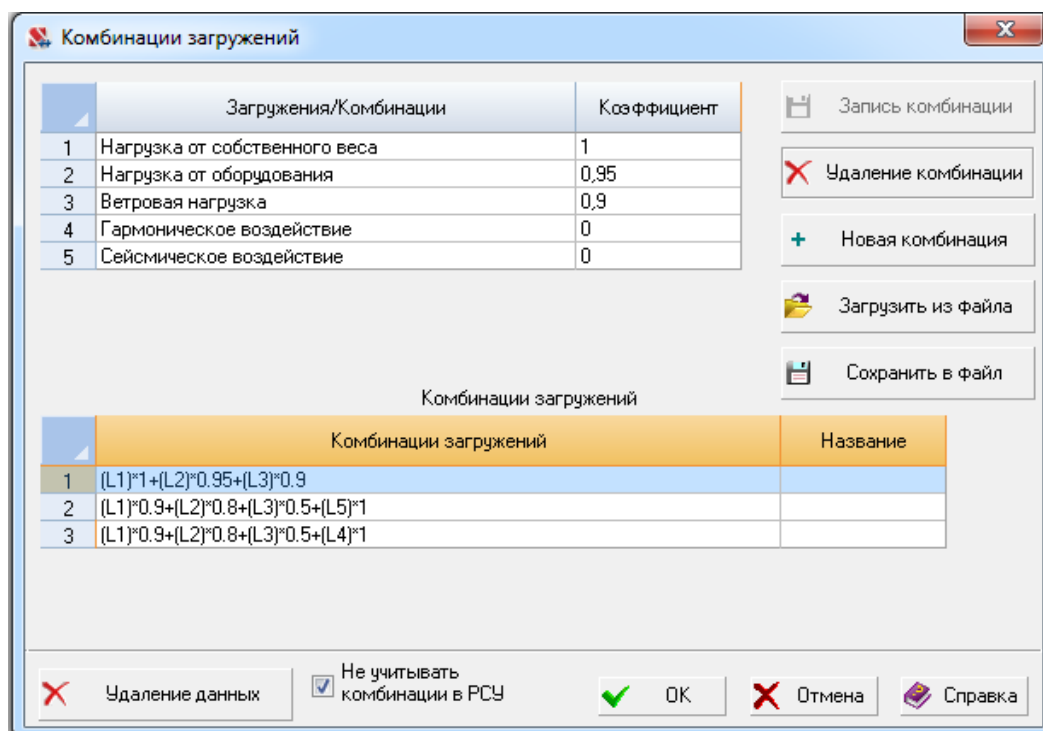


Рис. 3.37 Задание параметров первого пользовательского сочетания

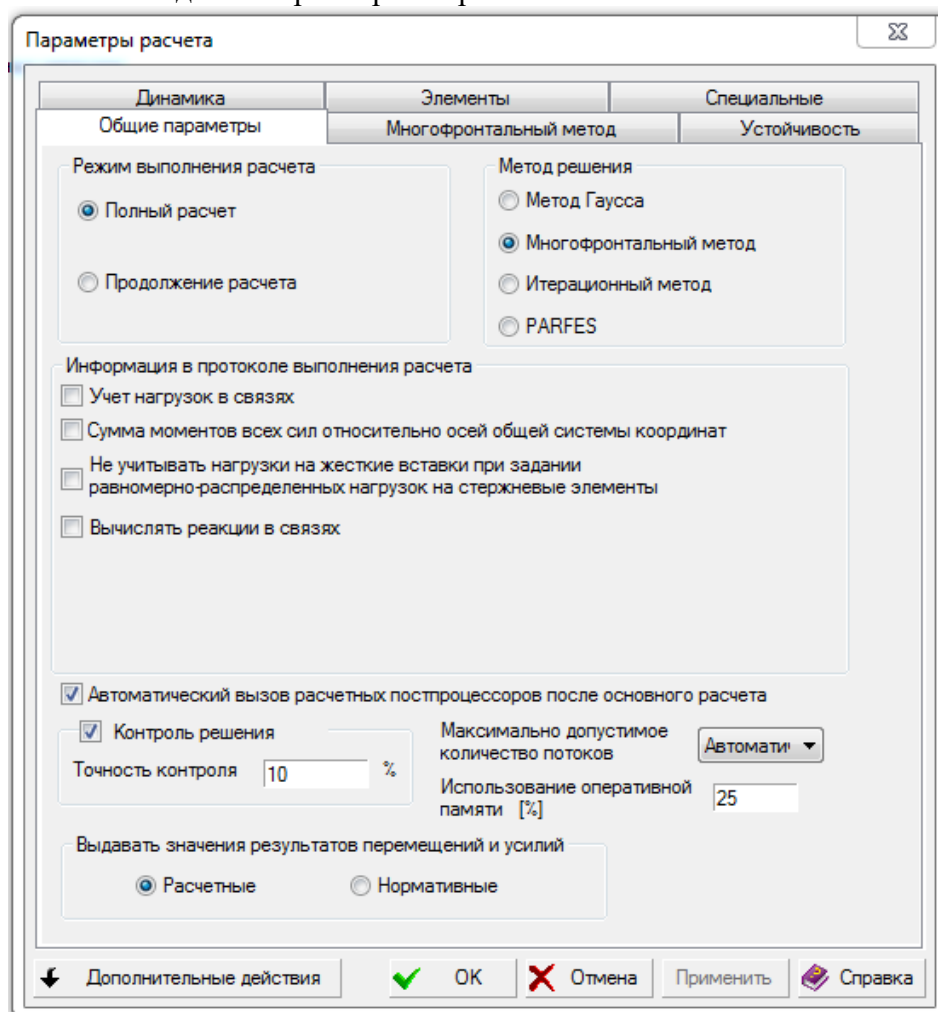


Рис. 3.38 Панель активного режима «Параметры расчета»

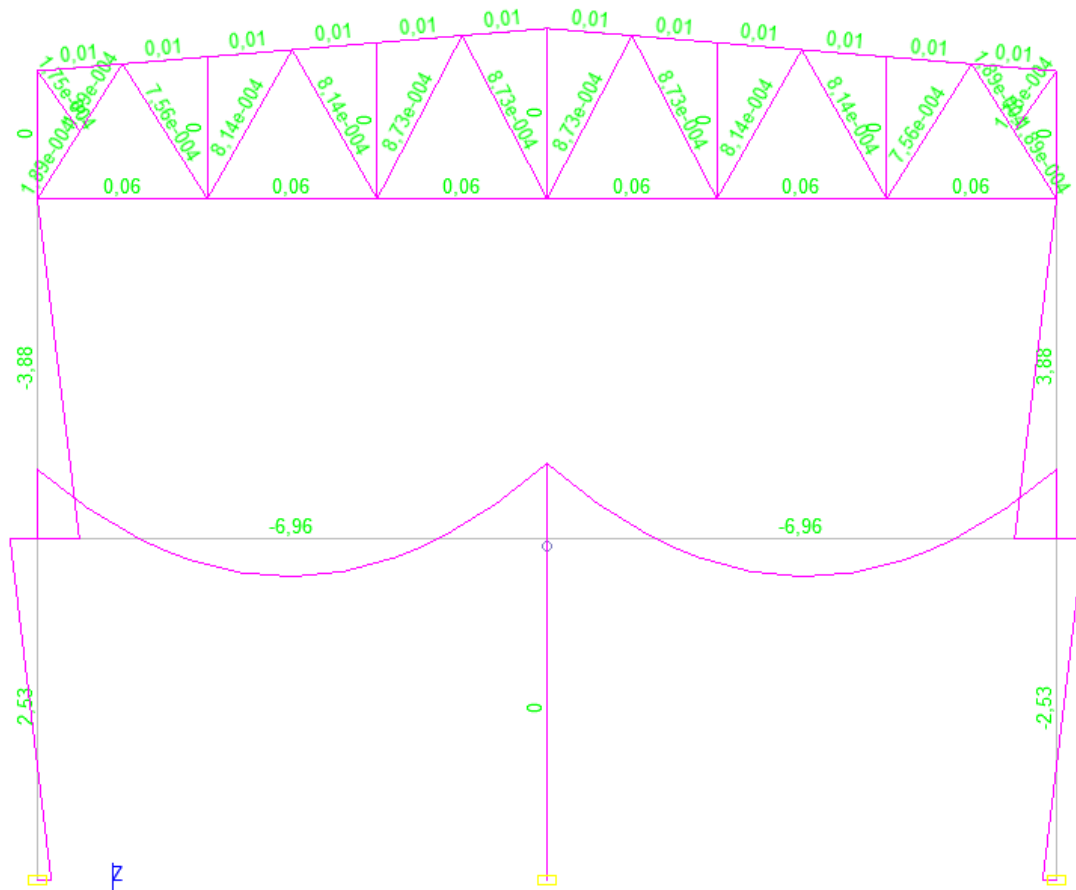


Рис. 3.39 Эпюра усилий M_y от статического нагружения 1

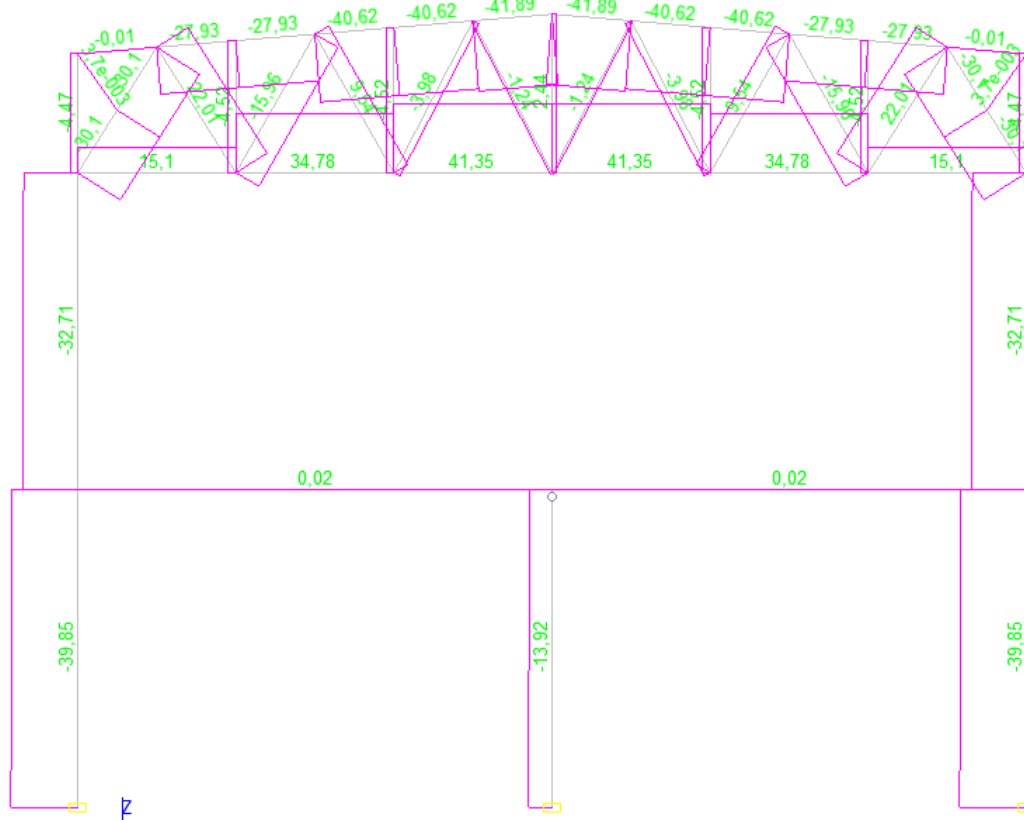


Рис. 3.40 Эпюра усилий N от статического нагружения 1

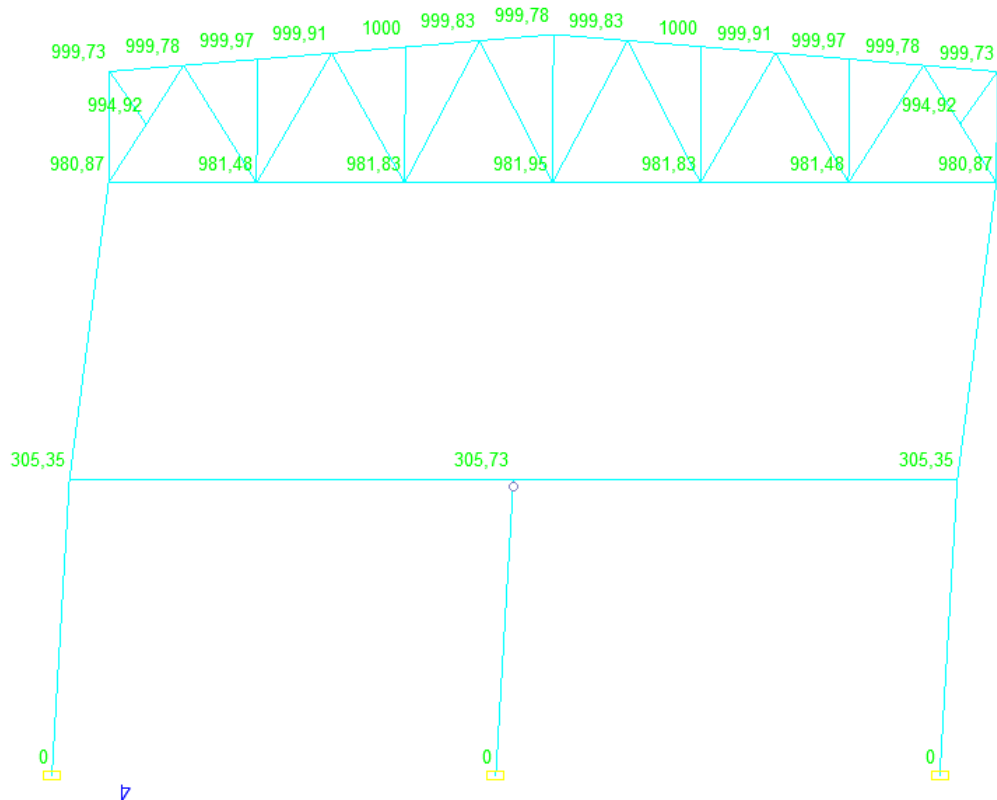


Рис. 3.41 Первая форма колебаний конструкции гармонического воздействия

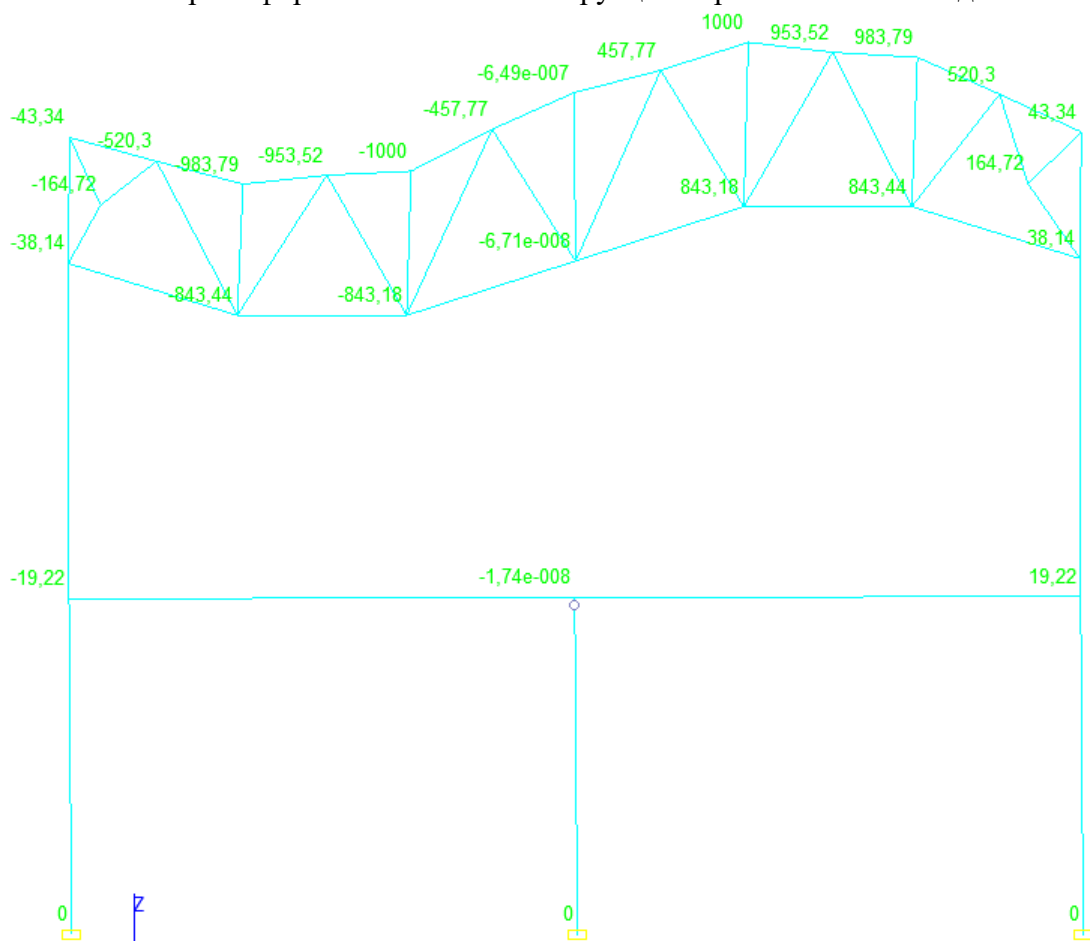


Рис. 3.42 Третья форма колебаний конструкции сейсмического воздействия

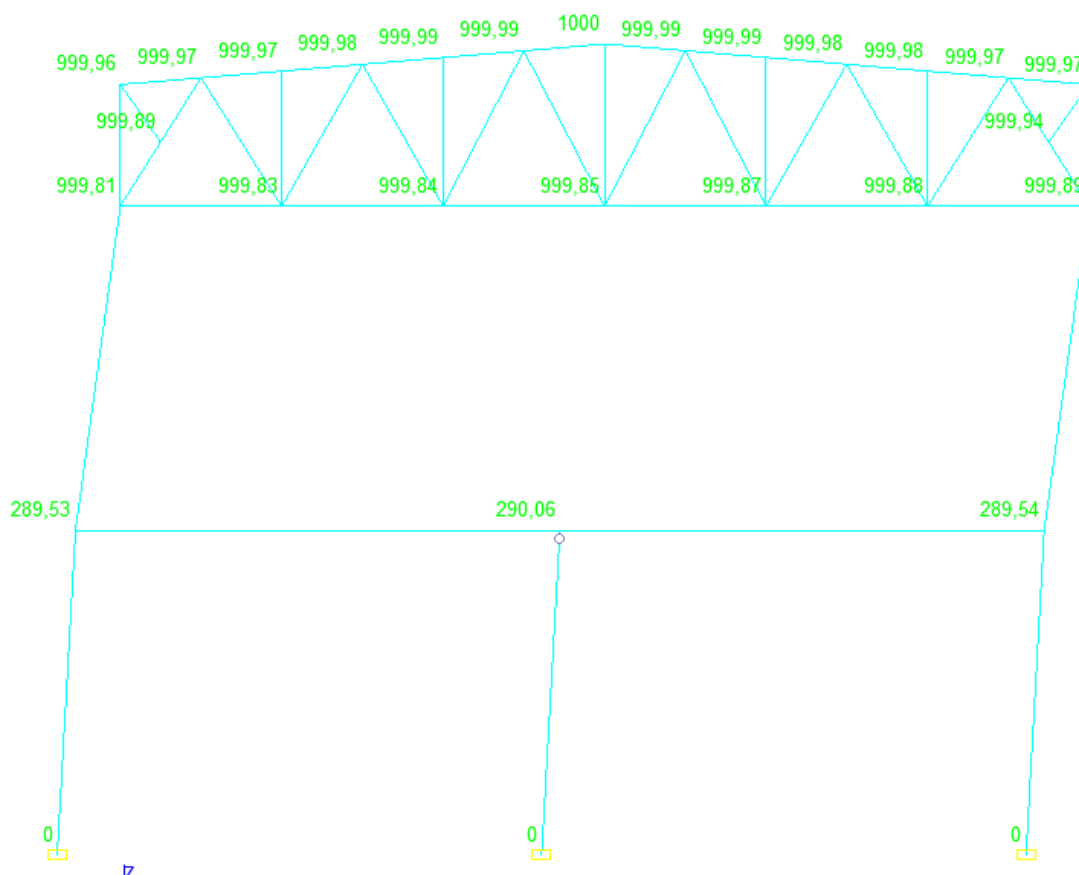


Рис. 3.43 Форма потери устойчивости первого пользовательского сочетания загрузений

Частоты собственных колебаний

Условные обозначения: S - Сумма модальных масс

Частоты собственных колебаний								
Загрузка	Форма	Собств. значение	Частота		Периоды (сек)	Модальные массы (%)		
			1/сек	Гц		Mx	My	Mz
4	1	0,209	4,777	0,761	1,315	85,633	0	0
4	2	0,058	17,342	2,761	0,362	0	0	50,641
4	3	0,032	30,867	4,915	0,203	0,031	0	0
4	4	0,026	38,252	6,091	0,164	14,257	0	0
4	5	0,023	43,853	6,983	0,143	0	0	3,682
4	6	0,019	52,571	8,371	0,119	0	0	0
4	7	0,018	56,812	9,047	0,111	0	0	1,037
4	8	0,013	79,462	12,653	0,079	0	0	0
4	9	0,013	79,61	12,677	0,079	0	0	14,114
4	10	0,012	81,549	12,985	0,077	0	0	0,037
4	S					99,922	100	69,51
5	1	0,209	4,781	0,761	1,313	86,051	0	0
5	2	0,058	17,342	2,761	0,362	0	0	50,641
5	3	0,032	30,868	4,915	0,203	0,025	0	0
5	4	0,026	39,174	6,238	0,16	13,845	0	0
5	5	0,023	43,853	6,983	0,143	0	0	3,682
5	S					99,922	100	54,323

Рис. 3.44 Таблица «Периоды и частоты собственных колебаний»

Коэффициенты запаса устойчивости от комбинаций

Верхняя граница поиска - 100

Коэффициенты запаса устойчивости от комбинаций		
Номер	Наименование загрузки/комбинации	Значение
1	$(L1)*1+(L2)*0.95+(L3)*0.9$	11,307

Рис. 3.45 Таблица «Коэффициенты запаса устойчивости от РСН»

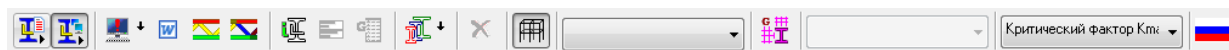


Рис. 3.46 Панель активного режима «Стальные конструкции»

Конструктивный элемент Средние колонны

Профиль: Швеллер с уклоном полок по ГОСТ 8240-97 40У		
Результаты расчета	Проверка	Коэффициент использования
пп.5.24,5.25	Прочность при совместном действии продольной силы и изгибающих моментов без учета пластики	0,19
п.5.3	Устойчивость при сжатии в плоскости XOY (XOU)	0,47
п.5.3	Устойчивость при сжатии в плоскости XOZ (XOV))	0,2
п.5.1	Прочность при центральном сжатии/растяжении	0,19
пп.6.15,6.16	Предельная гибкость в плоскости XOY	0,83
пп.6.15,6.16	Предельная гибкость в плоскости XOZ	0,17

Коэффициент использования 0,83 - Предельная гибкость в плоскости XOY**Конструктивная группа Крайние колонны. Элемент № 1****Сечение**

Профиль: Двутавр с уклоном полок по ГОСТ 8239-89 60		
Результаты расчета	Проверка	Коэффициент использования
п.5.12	Прочность при действии изгибающего момента M_y	0,27
пп.5.12,5.18	Прочность при действии поперечной силы Q_z	0,03
пп.5.24,5.25	Прочность при совместном действии продольной силы и изгибающих моментов без учета пластики	0,49
п.5.3	Устойчивость при сжатии в плоскости XOY (XOU)	0,51
п.5.3	Устойчивость при сжатии в плоскости XOZ (XOV))	0,25
п.5.27	Устойчивость в плоскости действия момента M_y при внецентренном сжатии	0,41
пп.5.30-5.32	Устойчивость из плоскости действия момента M_y при внецентренном сжатии	0,81
п. 5.14*	Прочность по приведенным напряжениям при одновременном действии изгибающего	0,22

	момента и поперечной силы	
пп.6.15,6.16	Предельная гибкость в плоскости XOY	0,76
пп.6.15,6.16	Предельная гибкость в плоскости XOZ	0,11

Коэффициент использования 0,81 - Устойчивость из плоскости действия момента M_y при внецентренном сжатии

Конструктивная группа Крайние колонны. Элемент № 3

Сечение

Профиль: Двутавр с уклоном полок по ГОСТ 8239-89 60		
Результаты расчета	Проверка	Коэффициент использования
п.5.12	Прочность при действии изгибающего момента M_y	0,13
пп.5.12,5.18	Прочность при действии поперечной силы Q_z	0,02
пп.5.24,5.25	Прочность при совместном действии продольной силы и изгибающих моментов без учета пластики	0,33
п.5.3	Устойчивость при сжатии в плоскости XOY (XOU)	0,42
п.5.3	Устойчивость при сжатии в плоскости XOZ (XOV))	0,21
п.5.27	Устойчивость в плоскости действия момента M_y при внецентренном сжатии	0,29
пп.5.30-5.32	Устойчивость из плоскости действия момента M_y при внецентренном сжатии	0,58
п.5.1	Прочность при центральном сжатии/растяжении	0,2
п. 5.14*	Прочность по приведенным напряжениям при одновременном действии изгибающего момента и поперечной силы	0,11
пп.6.15,6.16	Предельная гибкость в плоскости XOY	0,75
пп.6.15,6.16	Предельная гибкость в плоскости XOZ	0,11

Коэффициент использования 0,75 - Предельная гибкость в плоскости XOY

Конструктивная группа Крайние колонны. Элемент № 6

Сечение

Профиль: Двутавр с уклоном полок по ГОСТ 8239-89 60		
Результаты расчета	Проверка	Коэффициент использования
п.5.12	Прочность при действии изгибающего момента M_y	0,33
пп.5.12,5.18	Прочность при действии поперечной силы Q_z	0,06
пп.5.24,5.25	Прочность при совместном действии продольной силы и изгибающих моментов без учета пластики	0,57
п.5.3	Устойчивость при сжатии в плоскости XOY (XOU)	0,52
п.5.3	Устойчивость при сжатии в плоскости XOZ	0,25

	(XOV))	
п.5.27	Устойчивость в плоскости действия момента M_y при внецентренном сжатии	0,47
пп.5.30-5.32	Устойчивость из плоскости действия момента M_y при внецентренном сжатии	0,94
п. 5.14*	Прочность по приведенным напряжениям при одновременном действии изгибающего момента и поперечной силы	0,27
пп.6.15,6.16	Предельная гибкость в плоскости XOY	0,76
пп.6.15,6.16	Предельная гибкость в плоскости XOZ	0,11

Коэффициент использования 0,94 - Устойчивость из плоскости действия момента M_y при внецентренном сжатии

Конструктивная группа Крайние колонны. Элемент № 7

Сечение

Профиль: Двутавр с уклоном полок по ГОСТ 8239-89 60

Результаты расчета	Проверка	Коэффициент использования
п.5.12	Прочность при действии изгибающего момента M_y	0,26
пп.5.12,5.18	Прочность при действии поперечной силы Q_z	0,05
пп.5.24,5.25	Прочность при совместном действии продольной силы и изгибающих моментов без учета пластики	0,46
п.5.3	Устойчивость при сжатии в плоскости XOY (XOU)	0,42
п.5.3	Устойчивость при сжатии в плоскости XOZ (XOV))	0,21
п.5.27	Устойчивость в плоскости действия момента M_y при внецентренном сжатии	0,38
пп.5.30-5.32	Устойчивость из плоскости действия момента M_y при внецентренном сжатии	0,75
п.5.1	Прочность при центральном сжатии/растяжении	0,2
п. 5.14*	Прочность по приведенным напряжениям при одновременном действии изгибающего момента и поперечной силы	0,21
пп.6.15,6.16	Предельная гибкость в плоскости XOY	0,75
пп.6.15,6.16	Предельная гибкость в плоскости XOZ	0,11

Коэффициент использования 0,75 - Предельная гибкость в плоскости XOY

Конструктивная группа Балки настила. Элемент № 2

Сечение

Профиль: Двутавр с уклоном полок по ГОСТ 8239-89 36

Максимально допустимые вертикальные перемещения:		Относительные $k \cdot L$	Абсолютные мм
+	от всех нагрузок	4,е-003	Не ограничены

Результаты расчета	Проверка	Коэффициент использования
п.5.12	Прочность при действии изгибающего момента M_y	0,8
пп.5.12,5.18	Прочность при действии поперечной силы Q_z	0,45
пп.5.24,5.25	Прочность при совместном действии продольной силы и изгибающих моментов без учета пластики	0,8
п.5.3	Устойчивость при сжатии в плоскости XOY (XOU)	0,01
п.5.3	Устойчивость при сжатии в плоскости XOZ (XOV))	$1,52 \cdot 10^{-003}$
п.5.27	Устойчивость в плоскости действия момента M_y при внецентренном сжатии	0,02
пп.5.30-5.32	Устойчивость из плоскости действия момента M_y при внецентренном сжатии	0,05
п. 5.14*	Прочность по приведенным напряжениям при одновременном действии изгибающего момента и поперечной силы	0,71
п.5.15	Устойчивость плоской формы изгиба	1,72
пп.6.15,6.16	Предельная гибкость в плоскости XOY	1,15
пп.6.15,6.16	Предельная гибкость в плоскости XOZ	0,06
СНиП 2.01.07-85 (Дополнения. Раздел 10)	Вертикальные перемещения	0,04

Коэффициент использования 1,72 - Устойчивость плоской формы изгиба

Конструктивная группа Балки настила. Элемент № 5

Сечение

Профиль: Двутавр с уклоном полок по ГОСТ 8239-89 36				
Максимально допустимые вертикальные перемещения:		Относительные		Абсолютные
		$k \cdot L$		мм
+	от всех нагрузок	4,e-003		Не ограничены
Результаты расчета	Проверка			Коэффициент использования
п.5.12	Прочность при действии изгибающего момента M_y			0,95
пп.5.12,5.18	Прочность при действии поперечной силы Q_z			0,44
пп.5.24,5.25	Прочность при совместном действии продольной силы и изгибающих моментов без учета пластики			0,95
п.5.3	Устойчивость при сжатии в плоскости XOY (XOU)			0,01
п.5.3	Устойчивость при сжатии в плоскости XOZ (XOV))			$1,52 \cdot 10^{-003}$
п.5.27	Устойчивость в плоскости действия момента M_y при внецентренном сжатии			0,02
пп.5.30-5.32	Устойчивость из плоскости действия момента M_y при внецентренном сжатии			0,05

Профиль: Двутавр с уклоном полок по ГОСТ 8239-89 36			
Максимально допустимые вертикальные перемещения:		Относительные	Абсолютные
		k*L	мм
+	от всех нагрузок	4,е-003	Не ограничены
Результаты расчета		Проверка	Коэффициент использования
п. 5.14*		Прочность по приведенным напряжениям при одновременном действии изгибающего момента и поперечной силы	0,82
п.5.15		Устойчивость плоской формы изгиба	2,04
пп.6.15,6.16		Предельная гибкость в плоскости XOY	1,15
пп.6.15,6.16		Предельная гибкость в плоскости XOZ	0,06
СНиП 2.01.07-85 (Дополнения. Раздел 10)		Вертикальные перемещения	0,04

Коэффициент использования 2,04 - Устойчивость плоской формы изгиба

Конструктивная группа Элементы верхнего пояса фермы. Элемент № 8

Сечение

Профиль: Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245-2003 300x12

Результаты расчета	Проверка	Коэффициент использования
п.5.12	Прочность при действии изгибающего момента M_y	$5,15 \cdot 10^{-004}$
пп.5.12,5.18	Прочность при действии поперечной силы Q_z	$7,35 \cdot 10^{-004}$
пп.5.24,5.25	Прочность при совместном действии продольной силы и изгибающих моментов без учета пластики	$6,72 \cdot 10^{-004}$
п.5.3	Устойчивость при сжатии в плоскости XOY (XOU)	$3,57 \cdot 10^{-004}$
п.5.3	Устойчивость при сжатии в плоскости XOZ (XOV)	$3,57 \cdot 10^{-004}$
п.5.27	Устойчивость в плоскости действия момента M_y при внецентренном сжатии	$6,05 \cdot 10^{-004}$
п. 5.34	Устойчивость при сжатии с изгибом в двух плоскостях	$3,57 \cdot 10^{-004}$
пп.5.30-5.32	Устойчивость из плоскости действия момента M_y при внецентренном сжатии	$6,91 \cdot 10^{-004}$
п.5.1	Прочность при центральном сжатии/растяжении	$3,26 \cdot 10^{-004}$
п.5.15	Устойчивость плоской формы изгиба	$5,15 \cdot 10^{-004}$
пп.6.15,6.16	Предельная гибкость в плоскости XOY	0,06
пп.6.15,6.16	Предельная гибкость в плоскости XOZ	0,06

Коэффициент использования 0,06 - Предельная гибкость в плоскости XOY

Конструктивная группа Элементы верхнего пояса фермы. Элемент № 9

Сечение

Профиль: Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245-2003 300x12

Результаты расчета	Проверка	Коэффициент использования
п.5.12	Прочность при действии изгибающего момента M_y	$5,15 \cdot 10^{-004}$
пп.5.12,5.18	Прочность при действии поперечной силы Q_z	$7,35 \cdot 10^{-004}$
пп.5.24,5.25	Прочность при совместном действии продольной силы и изгибающих моментов без учета пластики	0,18
п.5.3	Устойчивость при сжатии в плоскости XOY (XOU)	0,18
п.5.3	Устойчивость при сжатии в плоскости XOZ (XOV))	0,18
п.5.27	Устойчивость в плоскости действия момента M_y при внецентренном сжатии	0,18
п. 5.34	Устойчивость при сжатии с изгибом в двух плоскостях	0,18
пп.5.30-5.32	Устойчивость из плоскости действия момента M_y при внецентренном сжатии	0,18
п.5.1	Прочность при центральном сжатии/растяжении	0,18
пп.6.15,6.16	Предельная гибкость в плоскости XOY	0,06
пп.6.15,6.16	Предельная гибкость в плоскости XOZ	0,06

Коэффициент использования 0,18 - Устойчивость из плоскости действия момента M_y при внецентренном сжатии

Конструктивная группа Элементы верхнего пояса фермы. Элемент № 10

Сечение

Профиль: Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245-2003 300x12

Результаты расчета	Проверка	Коэффициент использования
п.5.12	Прочность при действии изгибающего момента M_y	$5,15 \cdot 10^{-004}$
пп.5.12,5.18	Прочность при действии поперечной силы Q_z	$7,35 \cdot 10^{-004}$
пп.5.24,5.25	Прочность при совместном действии продольной силы и изгибающих моментов без учета пластики	0,18
п.5.3	Устойчивость при сжатии в плоскости XOY (XOU)	0,18
п.5.3	Устойчивость при сжатии в плоскости XOZ (XOV))	0,18
п.5.27	Устойчивость в плоскости действия момента M_y при внецентренном сжатии	0,18
п. 5.34	Устойчивость при сжатии с изгибом в двух плоскостях	0,18
пп.5.30-5.32	Устойчивость из плоскости действия момента M_y при внецентренном сжатии	0,18
п.5.1	Прочность при центральном	0,18

	сжатии/растяжении	
пп.6.15,6.16	Предельная гибкость в плоскости XOY	0,06
пп.6.15,6.16	Предельная гибкость в плоскости XOZ	0,06

Коэффициент использования 0,18 - Устойчивость из плоскости действия момента M_y при внецентренном сжатии

Конструктивная группа Элементы верхнего пояса фермы. Элемент № 11

Сечение

Профиль: Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245-2003 300х12

Результаты расчета	Проверка	Коэффициент использования
п.5.12	Прочность при действии изгибающего момента M_y	$5,15 \cdot 10^{-004}$
пп.5.12,5.18	Прочность при действии поперечной силы Q_z	$7,35 \cdot 10^{-004}$
пп.5.24,5.25	Прочность при совместном действии продольной силы и изгибающих моментов без учета пластики	0,26
п.5.3	Устойчивость при сжатии в плоскости XOY (XOU)	0,26
п.5.3	Устойчивость при сжатии в плоскости XOZ (XOV))	0,26
п.5.27	Устойчивость в плоскости действия момента M_y при внецентренном сжатии	0,26
п. 5.34	Устойчивость при сжатии с изгибом в двух плоскостях	0,26
пп.5.30-5.32	Устойчивость из плоскости действия момента M_y при внецентренном сжатии	0,26
п.5.1	Прочность при центральном сжатии/растяжении	0,26
пп.6.15,6.16	Предельная гибкость в плоскости XOY	0,06
пп.6.15,6.16	Предельная гибкость в плоскости XOZ	0,06

Коэффициент использования 0,26 - Устойчивость из плоскости действия момента M_y при внецентренном сжатии

Конструктивная группа Элементы верхнего пояса фермы. Элемент № 12

Сечение

Профиль: Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245-2003 300х12

Результаты расчета	Проверка	Коэффициент использования
п.5.12	Прочность при действии изгибающего момента M_y	$5,15 \cdot 10^{-004}$
пп.5.12,5.18	Прочность при действии поперечной силы Q_z	$7,35 \cdot 10^{-004}$
пп.5.24,5.25	Прочность при совместном действии продольной силы и изгибающих моментов без учета пластики	0,26
п.5.3	Устойчивость при сжатии в плоскости XOY (XOU)	0,26

п.5.3	Устойчивость при сжатии в плоскости XOZ (XOV))	0,26
п.5.27	Устойчивость в плоскости действия момента M_y при внецентренном сжатии	0,26
п. 5.34	Устойчивость при сжатии с изгибом в двух плоскостях	0,26
пп.5.30-5.32	Устойчивость из плоскости действия момента M_y при внецентренном сжатии	0,26
п.5.1	Прочность при центральном сжатии/растяжении	0,26
пп.6.15,6.16	Предельная гибкость в плоскости XOY	0,06
пп.6.15,6.16	Предельная гибкость в плоскости XOZ	0,06

Коэффициент использования 0,26 - Устойчивость из плоскости действия момента M_y при внецентренном сжатии

Конструктивная группа Элементы верхнего пояса фермы. Элемент № 13

Сечение

Профиль: Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245-2003 300х12

Результаты расчета	Проверка	Коэффициент использования
п.5.12	Прочность при действии изгибающего момента M_y	$5,15 \cdot 10^{-004}$
пп.5.12,5.18	Прочность при действии поперечной силы Q_z	$7,35 \cdot 10^{-004}$
пп.5.24,5.25	Прочность при совместном действии продольной силы и изгибающих моментов без учета пластики	0,27
п.5.3	Устойчивость при сжатии в плоскости XOY (XOU)	0,27
п.5.3	Устойчивость при сжатии в плоскости XOZ (XOV))	0,27
п.5.27	Устойчивость в плоскости действия момента M_y при внецентренном сжатии	0,27
п. 5.34	Устойчивость при сжатии с изгибом в двух плоскостях	0,27
пп.5.30-5.32	Устойчивость из плоскости действия момента M_y при внецентренном сжатии	0,27
п.5.1	Прочность при центральном сжатии/растяжении	0,27
пп.6.15,6.16	Предельная гибкость в плоскости XOY	0,06
пп.6.15,6.16	Предельная гибкость в плоскости XOZ	0,06

Коэффициент использования 0,27 - Устойчивость из плоскости действия момента M_y при внецентренном сжатии

Конструктивная группа Элементы верхнего пояса фермы. Элемент № 14

Сечение

Профиль: Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245-2003 300х12

Результаты расчета	Проверка	Коэффициент использования
п.5.12	Прочность при действии изгибающего момента M_y	$5,15 \cdot 10^{-004}$
пп.5.12,5.18	Прочность при действии поперечной силы Q_z	$7,35 \cdot 10^{-004}$
пп.5.24,5.25	Прочность при совместном действии продольной силы и изгибающих моментов без учета пластики	0,27
п.5.3	Устойчивость при сжатии в плоскости XOY (XOU)	0,27
п.5.3	Устойчивость при сжатии в плоскости XOZ (XOV))	0,27
п.5.27	Устойчивость в плоскости действия момента M_y при внецентренном сжатии	0,27
п. 5.34	Устойчивость при сжатии с изгибом в двух плоскостях	0,27
пп.5.30-5.32	Устойчивость из плоскости действия момента M_y при внецентренном сжатии	0,27
п.5.1	Прочность при центральном сжатии/растяжении	0,27
пп.6.15,6.16	Предельная гибкость в плоскости XOY	0,06
пп.6.15,6.16	Предельная гибкость в плоскости XOZ	0,06

Коэффициент использования 0,27 - Устойчивость из плоскости действия момента M_y при внецентренном сжатии

Конструктивная группа Элементы верхнего пояса фермы. Элемент № 15

Сечение

Профиль: Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245-2003 300х12

Результаты расчета	Проверка	Коэффициент использования
п.5.12	Прочность при действии изгибающего момента M_y	$5,15 \cdot 10^{-004}$
пп.5.12,5.18	Прочность при действии поперечной силы Q_z	$7,35 \cdot 10^{-004}$
пп.5.24,5.25	Прочность при совместном действии продольной силы и изгибающих моментов без учета пластики	0,26
п.5.3	Устойчивость при сжатии в плоскости XOY (XOU)	0,26
п.5.3	Устойчивость при сжатии в плоскости XOZ (XOV))	0,26
п.5.27	Устойчивость в плоскости действия момента M_y при внецентренном сжатии	0,26
п. 5.34	Устойчивость при сжатии с изгибом в двух	0,26

	плоскостях	
пп.5.30-5.32	Устойчивость из плоскости действия момента M_y при внецентренном сжатии	0,26
п.5.1	Прочность при центральном сжатии/растяжении	0,26
пп.6.15,6.16	Предельная гибкость в плоскости XOY	0,06
пп.6.15,6.16	Предельная гибкость в плоскости XOZ	0,06

Коэффициент использования 0,26 - Устойчивость из плоскости действия момента M_y при внецентренном сжатии

Конструктивная группа Элементы верхнего пояса фермы. Элемент № 16
Сечение

Профиль: Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245-2003 300х12

Результаты расчета	Проверка	Коэффициент использования
п.5.12	Прочность при действии изгибающего момента M_y	$5,15 \cdot 10^{-004}$
пп.5.12,5.18	Прочность при действии поперечной силы Q_z	$7,35 \cdot 10^{-004}$
пп.5.24,5.25	Прочность при совместном действии продольной силы и изгибающих моментов без учета пластики	0,26
п.5.3	Устойчивость при сжатии в плоскости XOY (XOU)	0,26
п.5.3	Устойчивость при сжатии в плоскости XOZ (XOV)	0,26
п.5.27	Устойчивость в плоскости действия момента M_y при внецентренном сжатии	0,26
п. 5.34	Устойчивость при сжатии с изгибом в двух плоскостях	0,26
пп.5.30-5.32	Устойчивость из плоскости действия момента M_y при внецентренном сжатии	0,26
п.5.1	Прочность при центральном сжатии/растяжении	0,26
пп.6.15,6.16	Предельная гибкость в плоскости XOY	0,06
пп.6.15,6.16	Предельная гибкость в плоскости XOZ	0,06

Коэффициент использования 0,26 - Устойчивость из плоскости действия момента M_y при внецентренном сжатии

Конструктивная группа Элементы верхнего пояса фермы. Элемент № 17
Сечение

Профиль: Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245-2003 300х12

Результаты расчета	Проверка	Коэффициент использования
п.5.12	Прочность при действии изгибающего момента M_y	$5,15 \cdot 10^{-004}$
пп.5.12,5.18	Прочность при действии поперечной силы Q_z	$7,35 \cdot 10^{-004}$

пп.5.24,5.25	Прочность при совместном действии продольной силы и изгибающих моментов без учета пластики	0,18
п.5.3	Устойчивость при сжатии в плоскости XOY (XOU)	0,18
п.5.3	Устойчивость при сжатии в плоскости XOZ (XOV))	0,18
п.5.27	Устойчивость в плоскости действия момента Mu при внецентренном сжатии	0,18
п. 5.34	Устойчивость при сжатии с изгибом в двух плоскостях	0,18
пп.5.30-5.32	Устойчивость из плоскости действия момента Mu при внецентренном сжатии	0,18
п.5.1	Прочность при центральном сжатии/растяжении	0,18
пп.6.15,6.16	Предельная гибкость в плоскости XOY	0,06
пп.6.15,6.16	Предельная гибкость в плоскости XOZ	0,06

Коэффициент использования 0,18 - Устойчивость из плоскости действия момента Mu при внецентренном сжатии

Конструктивная группа Элементы верхнего пояса фермы. Элемент № 18

Сечение

Профиль: Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245-2003 300x12

Результаты расчета	Проверка	Коэффициент использования
п.5.12	Прочность при действии изгибающего момента Mu	$5,15 \cdot 10^{-004}$
пп.5.12,5.18	Прочность при действии поперечной силы Qz	$7,35 \cdot 10^{-004}$
пп.5.24,5.25	Прочность при совместном действии продольной силы и изгибающих моментов без учета пластики	0,18
п.5.3	Устойчивость при сжатии в плоскости XOY (XOU)	0,18
п.5.3	Устойчивость при сжатии в плоскости XOZ (XOV))	0,18
п.5.27	Устойчивость в плоскости действия момента Mu при внецентренном сжатии	0,18
п. 5.34	Устойчивость при сжатии с изгибом в двух плоскостях	0,18
пп.5.30-5.32	Устойчивость из плоскости действия момента Mu при внецентренном сжатии	0,18
п.5.1	Прочность при центральном сжатии/растяжении	0,18
пп.6.15,6.16	Предельная гибкость в плоскости XOY	0,06
пп.6.15,6.16	Предельная гибкость в плоскости XOZ	0,06

Коэффициент использования 0,18 - Устойчивость из плоскости действия момента Mu при внецентренном сжатии

Конструктивная группа Элементы верхнего пояса фермы. Элемент № 19

Сечение

Профиль: Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245-2003 300х12

Результаты расчета	Проверка	Коэффициент использования
п.5.12	Прочность при действии изгибающего момента M_y	$5,15 \cdot 10^{-004}$
пп.5.12,5.18	Прочность при действии поперечной силы Q_z	$7,35 \cdot 10^{-004}$
пп.5.24,5.25	Прочность при совместном действии продольной силы и изгибающих моментов без учета пластики	$6,72 \cdot 10^{-004}$
п.5.3	Устойчивость при сжатии в плоскости XOY (XOU)	$3,57 \cdot 10^{-004}$
п.5.3	Устойчивость при сжатии в плоскости XOZ (XOV))	$3,57 \cdot 10^{-004}$
п.5.27	Устойчивость в плоскости действия момента M_y при внецентренном сжатии	$6,05 \cdot 10^{-004}$
п. 5.34	Устойчивость при сжатии с изгибом в двух плоскостях	$3,57 \cdot 10^{-004}$
пп.5.30-5.32	Устойчивость из плоскости действия момента M_y при внецентренном сжатии	$6,91 \cdot 10^{-004}$
п.5.1	Прочность при центральном сжатии/растяжении	$3,26 \cdot 10^{-004}$
п.5.15	Устойчивость плоской формы изгиба	$5,15 \cdot 10^{-004}$
пп.6.15,6.16	Предельная гибкость в плоскости XOY	0,06
пп.6.15,6.16	Предельная гибкость в плоскости XOZ	0,06

Коэффициент использования 0,06 - Предельная гибкость в плоскости XOY

Конструктивная группа Элементы нижнего пояса фермы. Элемент № 20

Сечение

Профиль: Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245-2003 300х12

Результаты расчета	Проверка	Коэффициент использования
п.5.12	Прочность при действии изгибающего момента M_y	$2,05 \cdot 10^{-003}$
пп.5.12,5.18	Прочность при действии поперечной силы Q_z	$1,47 \cdot 10^{-003}$
пп.5.24,5.25	Прочность при совместном действии продольной силы и изгибающих моментов без учета пластики	0,1
п.5.1	Прочность при центральном сжатии/растяжении	0,1
пп.6.15,6.16	Предельная гибкость в плоскости XOY	0,02
пп.6.15,6.16	Предельная гибкость в плоскости XOZ	0,02

Коэффициент использования 0,1 - Прочность при совместном действии продольной силы и изгибающих моментов без учета пластики

Конструктивная группа Элементы нижнего пояса фермы. Элемент № 21

Сечение

Профиль: Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245-2003 300х12

Результаты расчета	Проверка	Коэффициент использования
п.5.12	Прочность при действии изгибающего момента M_y	$2,05 \cdot 10^{-003}$
пп.5.12,5.18	Прочность при действии поперечной силы Q_z	$1,47 \cdot 10^{-003}$
пп.5.24,5.25	Прочность при совместном действии продольной силы и изгибающих моментов с учетом пластики	0,11
пп.5.24,5.25	Прочность при совместном действии продольной силы и изгибающих моментов без учета пластики	0,08
п.5.1	Прочность при центральном сжатии/растяжении	0,22
пп.6.15,6.16	Предельная гибкость в плоскости XOY	0,02
пп.6.15,6.16	Предельная гибкость в плоскости XOZ	0,02

Коэффициент использования 0,22 - Прочность при центральном сжатии/растяжении

Конструктивная группа Элементы нижнего пояса фермы. Элемент № 22

Сечение

Профиль: Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245-2003 300х12

Результаты расчета	Проверка	Коэффициент использования
п.5.12	Прочность при действии изгибающего момента M_y	$2,05 \cdot 10^{-003}$
пп.5.12,5.18	Прочность при действии поперечной силы Q_z	$1,47 \cdot 10^{-003}$
пп.5.24,5.25	Прочность при совместном действии продольной силы и изгибающих моментов с учетом пластики	0,14
п.5.1	Прочность при центральном сжатии/растяжении	0,26
пп.6.15,6.16	Предельная гибкость в плоскости XOY	0,02
пп.6.15,6.16	Предельная гибкость в плоскости XOZ	0,02

Коэффициент использования 0,26 - Прочность при центральном сжатии/растяжении

Конструктивная группа Элементы нижнего пояса фермы. Элемент № 23

Сечение

Профиль: Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245-2003 300х12

Результаты расчета	Проверка	Коэффициент использования
п.5.12	Прочность при действии изгибающего момента M_y	$2,05 \cdot 10^{-003}$

пп.5.12,5.18	Прочность при действии поперечной силы Q_z	$1,47 \cdot 10^{-003}$
пп.5.24,5.25	Прочность при совместном действии продольной силы и изгибающих моментов с учетом пластики	0,14
п.5.1	Прочность при центральном сжатии/растяжении	0,26
пп.6.15,6.16	Предельная гибкость в плоскости XOY	0,02
пп.6.15,6.16	Предельная гибкость в плоскости XOZ	0,02

Коэффициент использования 0,26 - Прочность при центральном сжатии/растяжении

Конструктивная группа Элементы нижнего пояса фермы. Элемент № 24

Сечение

Профиль: Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245-2003 300x12

Результаты расчета	Проверка	Коэффициент использования
п.5.12	Прочность при действии изгибающего момента M_y	$2,05 \cdot 10^{-003}$
пп.5.12,5.18	Прочность при действии поперечной силы Q_z	$1,47 \cdot 10^{-003}$
пп.5.24,5.25	Прочность при совместном действии продольной силы и изгибающих моментов с учетом пластики	0,11
пп.5.24,5.25	Прочность при совместном действии продольной силы и изгибающих моментов без учета пластики	0,08
п.5.1	Прочность при центральном сжатии/растяжении	0,22
пп.6.15,6.16	Предельная гибкость в плоскости XOY	0,02
пп.6.15,6.16	Предельная гибкость в плоскости XOZ	0,02

Коэффициент использования 0,22 - Прочность при центральном сжатии/растяжении

Конструктивная группа Элементы нижнего пояса фермы. Элемент № 25

Сечение

Профиль: Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245-2003 300x12

Результаты расчета	Проверка	Коэффициент использования
п.5.12	Прочность при действии изгибающего момента M_y	$2,05 \cdot 10^{-003}$
пп.5.12,5.18	Прочность при действии поперечной силы Q_z	$1,47 \cdot 10^{-003}$
пп.5.24,5.25	Прочность при совместном действии продольной силы и изгибающих моментов без учета пластики	0,1
п.5.1	Прочность при центральном сжатии/растяжении	0,1
пп.6.15,6.16	Предельная гибкость в плоскости XOY	0,02
пп.6.15,6.16	Предельная гибкость в плоскости XOZ	0,02

Коэффициент использования 0,1 - Прочность при совместном действии продольной силы и изгибающих моментов без учета пластики

Конструктивная группа Элементы решетки фермы. Элемент № 26

Сечение

Профиль: Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245-2003 50х2

Результаты расчета	Проверка	Коэффициент использования
п.5.12	Прочность при действии изгибающего момента M_y	0,01
пп.5.12,5.18	Прочность при действии поперечной силы Q_z	$7,26 \cdot 10^{-004}$
пп.5.24,5.25	Прочность при совместном действии продольной силы и изгибающих моментов с учетом пластики	11,09
п.5.1	Прочность при центральном сжатии/растяжении	4,97
пп.6.15,6.16	Предельная гибкость в плоскости XOY	0,32
пп.6.15,6.16	Предельная гибкость в плоскости XOZ	0,32

Коэффициент использования 11,09 - Прочность при совместном действии продольной силы и изгибающих моментов с учетом пластики

Конструктивная группа Элементы решетки фермы. Элемент № 27

Сечение

Профиль: Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245-2003 50х2

Результаты расчета	Проверка	Коэффициент использования
п.5.12	Прочность при действии изгибающего момента M_y	0,01
пп.5.12,5.18	Прочность при действии поперечной силы Q_z	$7,26 \cdot 10^{-004}$
пп.5.24,5.25	Прочность при совместном действии продольной силы и изгибающих моментов без учета пластики	3,62
п.5.3	Устойчивость при сжатии в плоскости XOY (XOU)	6,8
п.5.3	Устойчивость при сжатии в плоскости XOZ (XOV))	6,8
п.5.27	Устойчивость в плоскости действия момента M_y при внецентренном сжатии	6,8
п. 5.34	Устойчивость при сжатии с изгибом в двух плоскостях	6,8
пп.5.30-5.32	Устойчивость из плоскости действия момента M_y при внецентренном сжатии	6,8
п.5.1	Прочность при центральном сжатии/растяжении	3,62
пп.6.15,6.16	Предельная гибкость в плоскости XOY	0,69
пп.6.15,6.16	Предельная гибкость в плоскости XOZ	0,69

Коэффициент использования 6,8 - Устойчивость при сжатии в плоскости XOY (XOU)

Конструктивная группа Элементы решетки фермы. Элемент № 28

Сечение

Профиль: Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245-2003 50х2

Результаты расчета	Проверка	Коэффициент использования
п.5.12	Прочность при действии изгибающего момента M_y	0,01
пп.5.12,5.18	Прочность при действии поперечной силы Q_z	$7,26 \cdot 10^{-004}$
пп.5.24,5.25	Прочность при совместном действии продольной силы и изгибающих моментов с учетом пластики	3,16
п.5.1	Прочность при центральном сжатии/растяжении	2,15
пп.6.15,6.16	Предельная гибкость в плоскости XOY	0,35
пп.6.15,6.16	Предельная гибкость в плоскости XOZ	0,35

Коэффициент использования 3,16 - Прочность при совместном действии продольной силы и изгибающих моментов с учетом пластики

Конструктивная группа Элементы решетки фермы. Элемент № 29

Сечение

Профиль: Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245-2003 50х2

Результаты расчета	Проверка	Коэффициент использования
п.5.12	Прочность при действии изгибающего момента M_y	0,01
пп.5.12,5.18	Прочность при действии поперечной силы Q_z	$7,26 \cdot 10^{-004}$
пп.5.24,5.25	Прочность при совместном действии продольной силы и изгибающих моментов без учета пластики	0,91
п.5.3	Устойчивость при сжатии в плоскости XOY (XOU)	1,87
п.5.3	Устойчивость при сжатии в плоскости XOZ (XOV)	1,87
п.5.27	Устойчивость в плоскости действия момента M_y при внецентренном сжатии	1,87
п. 5.34	Устойчивость при сжатии с изгибом в двух плоскостях	1,87
пп.5.30-5.32	Устойчивость из плоскости действия момента M_y при внецентренном сжатии	1,87
п.5.1	Прочность при центральном сжатии/растяжении	0,91
пп.6.15,6.16	Предельная гибкость в плоскости XOY	0,74
пп.6.15,6.16	Предельная гибкость в плоскости XOZ	0,74

Коэффициент использования 1,87 - Устойчивость при сжатии в плоскости XOY (XOU)

Конструктивная группа Элементы решетки фермы. Элемент № 30

Сечение

Профиль: Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245-2003 50х2

Результаты расчета	Проверка	Коэффициент использования
п.5.12	Прочность при действии изгибающего момента M_y	0,01
пп.5.12,5.18	Прочность при действии поперечной силы Q_z	$7,26 \cdot 10^{-004}$
пп.5.24,5.25	Прочность при совместном действии продольной силы и изгибающих моментов без учета пластики	0,29
п.5.3	Устойчивость при сжатии в плоскости XOY (XOU)	0,6
п.5.3	Устойчивость при сжатии в плоскости XOZ (XOV))	0,6
п.5.27	Устойчивость в плоскости действия момента M_y при внецентренном сжатии	0,59
п. 5.34	Устойчивость при сжатии с изгибом в двух плоскостях	0,6
пп.5.30-5.32	Устойчивость из плоскости действия момента M_y при внецентренном сжатии	0,6
п.5.1	Прочность при центральном сжатии/растяжении	0,29
пп.6.15,6.16	Предельная гибкость в плоскости XOY	0,64
пп.6.15,6.16	Предельная гибкость в плоскости XOZ	0,64

Коэффициент использования 0,64 - Предельная гибкость в плоскости XOY

Конструктивная группа Элементы решетки фермы. Элемент № 31

Сечение

Профиль: Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245-2003 50х2

Результаты расчета	Проверка	Коэффициент использования
п.5.12	Прочность при действии изгибающего момента M_y	0,01
пп.5.12,5.18	Прочность при действии поперечной силы Q_z	$7,26 \cdot 10^{-004}$
пп.5.24,5.25	Прочность при совместном действии продольной силы и изгибающих моментов без учета пластики	0,29
п.5.3	Устойчивость при сжатии в плоскости XOY (XOU)	0,6
п.5.3	Устойчивость при сжатии в плоскости XOZ (XOV))	0,6
п.5.27	Устойчивость в плоскости действия момента M_y при внецентренном сжатии	0,59
п. 5.34	Устойчивость при сжатии с изгибом в двух плоскостях	0,6

Профиль: Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245-2003 50х2

Результаты расчета	Проверка	Коэффициент использования
пп.5.30-5.32	Устойчивость из плоскости действия момента M_y при внецентренном сжатии	0,6
п.5.1	Прочность при центральном сжатии/растяжении	0,29
пп.6.15,6.16	Предельная гибкость в плоскости XOY	0,64
пп.6.15,6.16	Предельная гибкость в плоскости XOZ	0,64

Коэффициент использования 0,64 - Предельная гибкость в плоскости XOY

Конструктивная группа Элементы решетки фермы. Элемент № 32

Сечение

Профиль: Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245-2003 50х2

Результаты расчета	Проверка	Коэффициент использования
п.5.12	Прочность при действии изгибающего момента M_y	0,01
пп.5.12,5.18	Прочность при действии поперечной силы Q_z	$7,26 \cdot 10^{-004}$
пп.5.24,5.25	Прочность при совместном действии продольной силы и изгибающих моментов без учета пластики	0,91
п.5.3	Устойчивость при сжатии в плоскости XOY (XOU)	1,87
п.5.3	Устойчивость при сжатии в плоскости XOZ (XOV)	1,87
п.5.27	Устойчивость в плоскости действия момента M_y при внецентренном сжатии	1,87
п. 5.34	Устойчивость при сжатии с изгибом в двух плоскостях	1,87
пп.5.30-5.32	Устойчивость из плоскости действия момента M_y при внецентренном сжатии	1,87
п.5.1	Прочность при центральном сжатии/растяжении	0,91
пп.6.15,6.16	Предельная гибкость в плоскости XOY	0,74
пп.6.15,6.16	Предельная гибкость в плоскости XOZ	0,74

Коэффициент использования 1,87 - Устойчивость при сжатии в плоскости XOY (XOU)

Конструктивная группа Элементы решетки фермы. Элемент № 33

Сечение

Профиль: Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245-2003 50х2

Результаты расчета	Проверка	Коэффициент использования
п.5.12	Прочность при действии изгибающего момента M_y	0,01

пп.5.12,5.18	Прочность при действии поперечной силы Q_z	$7,26 \cdot 10^{-004}$
пп.5.24,5.25	Прочность при совместном действии продольной силы и изгибающих моментов с учетом пластики	3,16
п.5.1	Прочность при центральном сжатии/растяжении	2,15
пп.6.15,6.16	Предельная гибкость в плоскости XOY	0,35
пп.6.15,6.16	Предельная гибкость в плоскости XOZ	0,35

Коэффициент использования 3,16 - Прочность при совместном действии продольной силы и изгибающих моментов с учетом пластики

Конструктивная группа Элементы решетки фермы. Элемент № 34

Сечение

Профиль: Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245-2003 50х2

Результаты расчета	Проверка	Коэффициент использования
п.5.12	Прочность при действии изгибающего момента M_y	0,01
пп.5.12,5.18	Прочность при действии поперечной силы Q_z	$7,26 \cdot 10^{-004}$
пп.5.24,5.25	Прочность при совместном действии продольной силы и изгибающих моментов без учета пластики	3,62
п.5.3	Устойчивость при сжатии в плоскости XOY (XOU)	6,8
п.5.3	Устойчивость при сжатии в плоскости XOZ (XOV))	6,8
п.5.27	Устойчивость в плоскости действия момента M_y при внецентренном сжатии	6,8
п. 5.34	Устойчивость при сжатии с изгибом в двух плоскостях	6,8
пп.5.30-5.32	Устойчивость из плоскости действия момента M_y при внецентренном сжатии	6,8
п.5.1	Прочность при центральном сжатии/растяжении	3,62
пп.6.15,6.16	Предельная гибкость в плоскости XOY	0,69
пп.6.15,6.16	Предельная гибкость в плоскости XOZ	0,69

Коэффициент использования 6,8 - Устойчивость при сжатии в плоскости XOY (XOU)

Конструктивная группа Элементы решетки фермы. Элемент № 35

Сечение

Профиль: Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245-2003 50х2

Результаты расчета	Проверка	Коэффициент использования
п.5.12	Прочность при действии изгибающего момента M_y	0,01

пп.5.12,5.18	Прочность при действии поперечной силы Q_z	$7,26 \cdot 10^{-004}$
пп.5.24,5.25	Прочность при совместном действии продольной силы и изгибающих моментов с учетом пластики	11,09
п.5.1	Прочность при центральном сжатии/растяжении	4,97
пп.6.15,6.16	Предельная гибкость в плоскости XOY	0,32
пп.6.15,6.16	Предельная гибкость в плоскости XOZ	0,32

Коэффициент использования 11,09 - Прочность при совместном действии продольной силы и изгибающих моментов с учетом пластики

Конструктивная группа Элементы решетки фермы. Элемент № 36

Сечение

Профиль: Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245-2003 50х2

Результаты расчета	Проверка	Коэффициент использования
пп.5.24,5.25	Прочность при совместном действии продольной силы и изгибающих моментов без учета пластики	1,04
п.5.3	Устойчивость при сжатии в плоскости XOY (XOU)	1,58
п.5.3	Устойчивость при сжатии в плоскости XOZ (XOV))	1,58
п. 5.34	Устойчивость при сжатии с изгибом в двух плоскостях	1,58
п.5.1	Прочность при центральном сжатии/растяжении	1,04
пп.6.15,6.16	Предельная гибкость в плоскости XOY	0,57
пп.6.15,6.16	Предельная гибкость в плоскости XOZ	0,57

Коэффициент использования 1,58 - Устойчивость при сжатии в плоскости XOY (XOU)

Конструктивная группа Элементы решетки фермы. Элемент № 37

Сечение

Профиль: Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245-2003 50х2

Результаты расчета	Проверка	Коэффициент использования
пп.5.24,5.25	Прочность при совместном действии продольной силы и изгибающих моментов без учета пластики	1,06
п.5.3	Устойчивость при сжатии в плоскости XOY (XOU)	1,79
п.5.3	Устойчивость при сжатии в плоскости XOZ (XOV))	1,79
п. 5.34	Устойчивость при сжатии с изгибом в двух плоскостях	1,79

п.5.1	Прочность при центральном сжатии/растяжении	1,06
пп.6.15,6.16	Предельная гибкость в плоскости XOY	0,63
пп.6.15,6.16	Предельная гибкость в плоскости XOZ	0,63

Коэффициент использования 1,79 - Устойчивость при сжатии в плоскости XOY (XOU)

Конструктивная группа Элементы решетки фермы. Элемент № 38

Сечение

Профиль: Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245-2003 50х2

Результаты расчета	Проверка	Коэффициент использования
пп.5.24,5.25	Прочность при совместном действии продольной силы и изгибающих моментов с учетом пластики	0,41
п.5.1	Прочность при центральном сжатии/растяжении	0,55
пп.6.15,6.16	Предельная гибкость в плоскости XOY	0,34
пп.6.15,6.16	Предельная гибкость в плоскости XOZ	0,34

Коэффициент использования 0,55 - Прочность при центральном сжатии/растяжении

Конструктивная группа Элементы решетки фермы. Элемент № 39

Сечение

Профиль: Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245-2003 50х2

Результаты расчета	Проверка	Коэффициент использования
пп.5.24,5.25	Прочность при совместном действии продольной силы и изгибающих моментов без учета пластики	1,06
п.5.3	Устойчивость при сжатии в плоскости XOY (XOU)	1,79
п.5.3	Устойчивость при сжатии в плоскости XOZ (XOV))	1,79
п. 5.34	Устойчивость при сжатии с изгибом в двух плоскостях	1,79
п.5.1	Прочность при центральном сжатии/растяжении	1,06
пп.6.15,6.16	Предельная гибкость в плоскости XOY	0,63
пп.6.15,6.16	Предельная гибкость в плоскости XOZ	0,63

Коэффициент использования 1,79 - Устойчивость при сжатии в плоскости XOY (XOU)

Конструктивная группа Элементы решетки фермы. Элемент № 40

Сечение

Профиль: Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245-2003 50х2

Результаты расчета	Проверка	Коэффициент использования
пп.5.24,5.25	Прочность при совместном действии продольной силы и изгибающих моментов без учета пластики	1,04
п.5.3	Устойчивость при сжатии в плоскости XOY (XOU)	1,58
п.5.3	Устойчивость при сжатии в плоскости XOZ (XOV))	1,58
п. 5.34	Устойчивость при сжатии с изгибом в двух плоскостях	1,58
п.5.1	Прочность при центральном сжатии/растяжении	1,04
пп.6.15,6.16	Предельная гибкость в плоскости XOY	0,57
пп.6.15,6.16	Предельная гибкость в плоскости XOZ	0,57

Коэффициент использования 1,58 - Устойчивость при сжатии в плоскости XOY (XOU)

Конструктивная группа Элементы решетки фермы. Элемент № 41

Сечение

Профиль: Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245-2003 50х2

Результаты расчета	Проверка	Коэффициент использования
пп.5.24,5.25	Прочность при совместном действии продольной силы и изгибающих моментов без учета пластики	1,03
п.5.3	Устойчивость при сжатии в плоскости XOY (XOU)	1,43
п.5.3	Устойчивость при сжатии в плоскости XOZ (XOV))	1,43
п. 5.34	Устойчивость при сжатии с изгибом в двух плоскостях	1,43
п.5.1	Прочность при центральном сжатии/растяжении	1,03
пп.6.15,6.16	Предельная гибкость в плоскости XOY	0,51
пп.6.15,6.16	Предельная гибкость в плоскости XOZ	0,51

Коэффициент использования 1,43 - Устойчивость при сжатии в плоскости XOY (XOU)

Конструктивная группа Элементы решетки фермы. Элемент № 42

Сечение

Профиль: Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245-2003 50х2

Результаты расчета	Проверка	Коэффициент использования
пп.5.24,5.25	Прочность при совместном действии продольной силы и изгибающих моментов без учета пластики	1,03
п.5.3	Устойчивость при сжатии в плоскости XOY (XOU)	1,43
п.5.3	Устойчивость при сжатии в плоскости XOZ (XOV))	1,43
п. 5.34	Устойчивость при сжатии с изгибом в двух плоскостях	1,43
п.5.1	Прочность при центральном сжатии/растяжении	1,03
пп.6.15,6.16	Предельная гибкость в плоскости XOY	0,51
пп.6.15,6.16	Предельная гибкость в плоскости XOZ	0,51

Коэффициент использования 1,43 - Устойчивость при сжатии в плоскости XOY (XOU)

Конструктивная группа Элементы решетки фермы. Элемент № 43

Сечение

Профиль: Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245-2003 50х2

Результаты расчета	Проверка	Коэффициент использования
п.5.12	Прочность при действии изгибающего момента M_y	$1,43 \cdot 10^{-003}$
пп.5.12,5.18	Прочность при действии поперечной силы Q_z	$3,63 \cdot 10^{-004}$
пп.5.24,5.25	Прочность при совместном действии продольной силы и изгибающих моментов без учета пластики	6,82
п.5.3	Устойчивость при сжатии в плоскости XOY (XOU)	7,89
п.5.3	Устойчивость при сжатии в плоскости XOZ (XOV))	7,89
п.5.27	Устойчивость в плоскости действия момента M_y при внецентренном сжатии	7,89
п. 5.34	Устойчивость при сжатии с изгибом в двух плоскостях	7,89
пп.5.30-5.32	Устойчивость из плоскости действия момента M_y при внецентренном сжатии	7,89
п.5.1	Прочность при центральном сжатии/растяжении	6,82
пп.6.15,6.16	Предельная гибкость в плоскости XOY	0,32
пп.6.15,6.16	Предельная гибкость в плоскости XOZ	0,32

Коэффициент использования 7,89 - Устойчивость при сжатии в плоскости XOY (XOU)

Конструктивная группа Элементы решетки фермы. Элемент № 44**Сечение**

Профиль: Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245-2003 50х2

Результаты расчета	Проверка	Коэффициент использования
п.5.12	Прочность при действии изгибающего момента M_y	$1,43 \cdot 10^{-003}$
пп.5.12,5.18	Прочность при действии поперечной силы Q_z	$3,63 \cdot 10^{-004}$
пп.5.24,5.25	Прочность при совместном действии продольной силы и изгибающих моментов без учета пластики	6,82
п.5.3	Устойчивость при сжатии в плоскости XOY (XOU)	7,89
п.5.3	Устойчивость при сжатии в плоскости XOZ (XOV))	7,89
п.5.27	Устойчивость в плоскости действия момента M_y при внецентренном сжатии	7,89
п. 5.34	Устойчивость при сжатии с изгибом в двух плоскостях	7,89
пп.5.30-5.32	Устойчивость из плоскости действия момента M_y при внецентренном сжатии	7,89
п.5.1	Прочность при центральном сжатии/растяжении	6,82
пп.6.15,6.16	Предельная гибкость в плоскости XOY	0,32
пп.6.15,6.16	Предельная гибкость в плоскости XOZ	0,32

Коэффициент использования 7,89 - Устойчивость при сжатии в плоскости XOY (XOU)**Конструктивная группа Элементы решетки фермы. Элемент № 45****Сечение**

Профиль: Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245-2003 50х2

Результаты расчета	Проверка	Коэффициент использования
п.5.12	Прочность при действии изгибающего момента M_y	$1,43 \cdot 10^{-003}$
пп.5.12,5.18	Прочность при действии поперечной силы Q_z	$3,63 \cdot 10^{-004}$
пп.5.24,5.25	Прочность при совместном действии продольной силы и изгибающих моментов без учета пластики	6,82
п.5.3	Устойчивость при сжатии в плоскости XOY (XOU)	7,89
п.5.3	Устойчивость при сжатии в плоскости XOZ (XOV))	7,89
п.5.27	Устойчивость в плоскости действия момента M_y при внецентренном сжатии	7,89
п. 5.34	Устойчивость при сжатии с изгибом в двух	7,89

	плоскостях	
пп.5.30-5.32	Устойчивость из плоскости действия момента M_u при внецентренном сжатии	7,89
п.5.1	Прочность при центральном сжатии/растяжении	6,82
пп.6.15,6.16	Предельная гибкость в плоскости XOY	0,32
пп.6.15,6.16	Предельная гибкость в плоскости XOZ	0,32

Коэффициент использования 7,89 - Устойчивость при сжатии в плоскости XOY (XOU)

Конструктивная группа Элементы решетки фермы. Элемент № 46

Сечение

Профиль: Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245-2003 50х2

Результаты расчета	Проверка	Коэффициент использования
п.5.12	Прочность при действии изгибающего момента M_u	$1,43 \cdot 10^{-003}$
пп.5.12,5.18	Прочность при действии поперечной силы Q_z	$3,63 \cdot 10^{-004}$
пп.5.24,5.25	Прочность при совместном действии продольной силы и изгибающих моментов без учета пластики	6,82
п.5.3	Устойчивость при сжатии в плоскости XOY (XOU)	7,89
п.5.3	Устойчивость при сжатии в плоскости XOZ (XOV))	7,89
п.5.27	Устойчивость в плоскости действия момента M_u при внецентренном сжатии	7,89
п. 5.34	Устойчивость при сжатии с изгибом в двух плоскостях	7,89
пп.5.30-5.32	Устойчивость из плоскости действия момента M_u при внецентренном сжатии	7,89
п.5.1	Прочность при центральном сжатии/растяжении	6,82
пп.6.15,6.16	Предельная гибкость в плоскости XOY	0,32
пп.6.15,6.16	Предельная гибкость в плоскости XOZ	0,32

Коэффициент использования 7,89 - Устойчивость при сжатии в плоскости XOY (XOU)

Конструктивная группа Элементы решетки фермы. Элемент № 47

Сечение

Профиль: Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245-2003 50х2

Результаты расчета	Проверка	Коэффициент использования
п.5.12	Прочность при действии изгибающего момента M_u	$1,32 \cdot 10^{-003}$
пп.5.12,5.18	Прочность при действии поперечной силы Q_z	$3,63 \cdot 10^{-004}$

пп.5.24,5.25	Прочность при совместном действии продольной силы и изгибающих моментов без учета пластики	$1,61 \cdot 10^{-003}$
п.5.1	Прочность при центральном сжатии/растяжении	$4,22 \cdot 10^{-004}$
пп.6.15,6.16	Предельная гибкость в плоскости XOY	0,15
пп.6.15,6.16	Предельная гибкость в плоскости XOZ	0,15

Коэффициент использования 0,15 - Предельная гибкость в плоскости XOY

Конструктивная группа Элементы решетки фермы. Элемент № 48

Сечение

Профиль: Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245-2003 50х2

Результаты расчета	Проверка	Коэффициент использования
п.5.12	Прочность при действии изгибающего момента M_y	$1,32 \cdot 10^{-003}$
пп.5.12,5.18	Прочность при действии поперечной силы Q_z	$3,63 \cdot 10^{-004}$
пп.5.24,5.25	Прочность при совместном действии продольной силы и изгибающих моментов без учета пластики	$1,61 \cdot 10^{-003}$
п.5.1	Прочность при центральном сжатии/растяжении	$4,22 \cdot 10^{-004}$
пп.6.15,6.16	Предельная гибкость в плоскости XOY	0,15
пп.6.15,6.16	Предельная гибкость в плоскости XOZ	0,15

Коэффициент использования 0,15 - Предельная гибкость в плоскости XOY

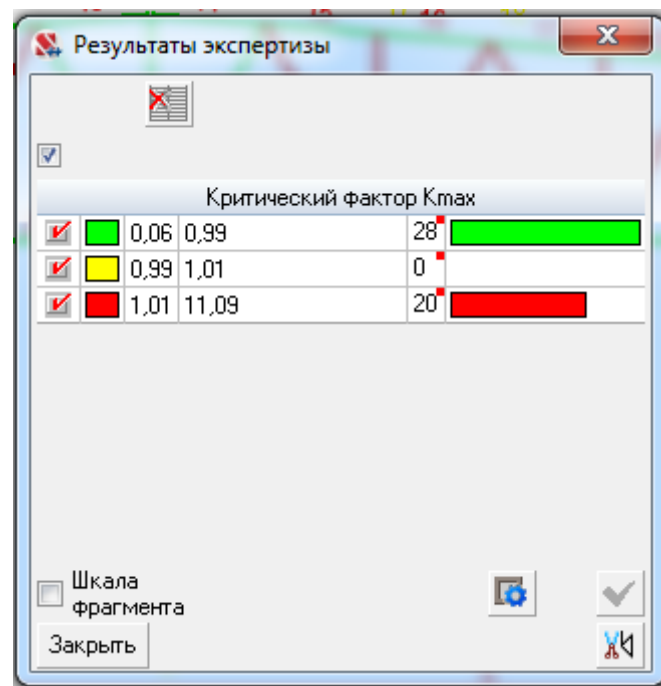
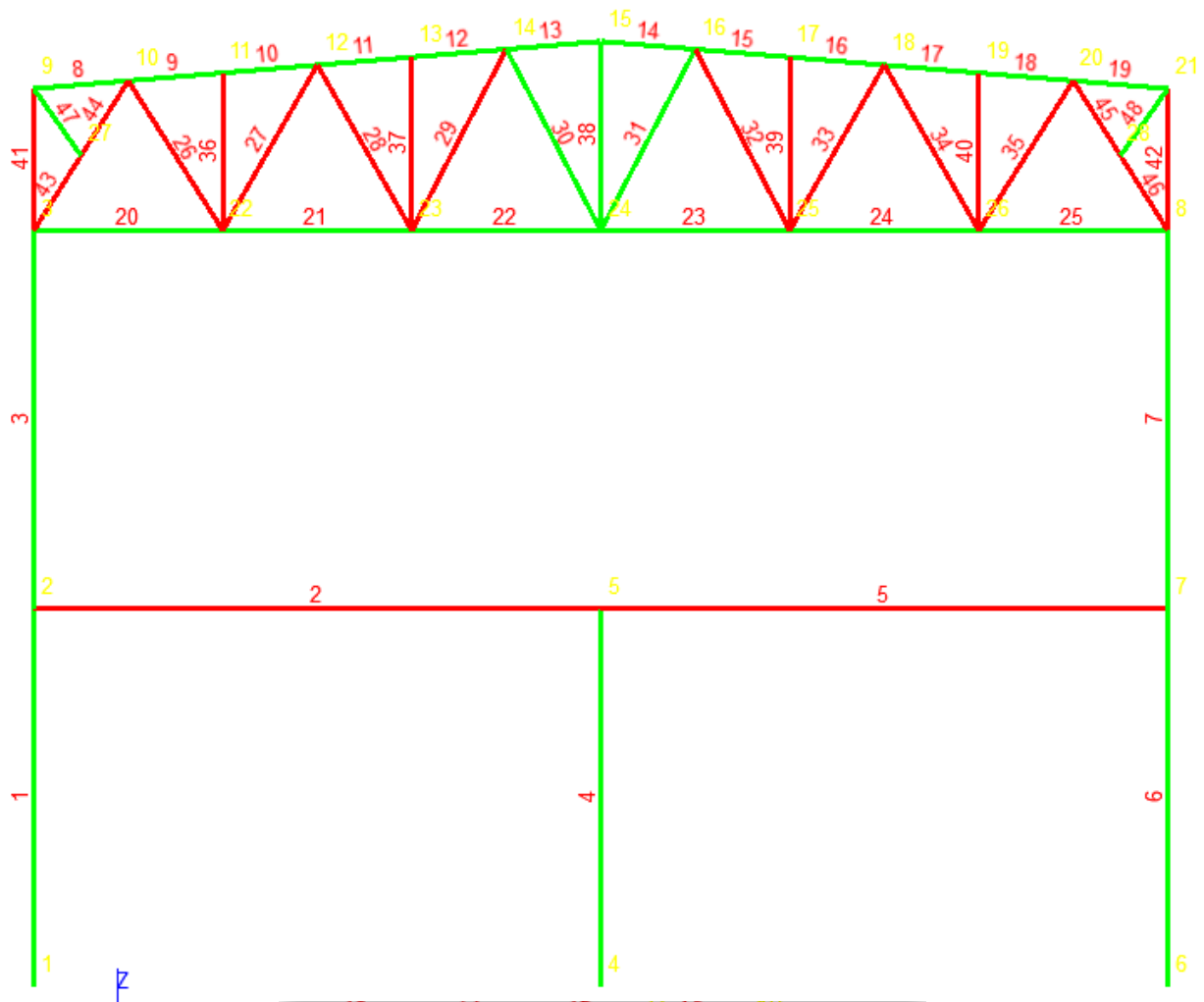


Рис. 3.47 Результаты проверки М.К.

Конструктивные элементы

Конструктивный элемент	Группа унификации	Сечение для экспертизы	Результат подбора
Средние колонны	---	Швеллер с уклоном полук по ГОСТ 8240-97 40У	Швеллер с уклоном полук по ГОСТ 8240-97 33У

Конструктивная группа Крайние колонны

Элемент	Группа унификации	Сечение для экспертизы	Результат подбора
1	---	Двутавр с уклоном полук по ГОСТ 8239-89 60	Двутавр с уклоном полук по ГОСТ 8239-89 60
3	---	Двутавр с уклоном полук по ГОСТ 8239-89 60	Двутавр с уклоном полук по ГОСТ 8239-89 50
6	---	Двутавр с уклоном полук по ГОСТ 8239-89 60	Двутавр с уклоном полук по ГОСТ 8239-89 60
7	---	Двутавр с уклоном полук по ГОСТ 8239-89 60	Двутавр с уклоном полук по ГОСТ 8239-89 55

Конструктивная группа Балки настила

Элемент	Группа унификации	Сечение для экспертизы	Результат подбора
2	---	Двутавр с уклоном полук по ГОСТ 8239-89 36	Двутавр с уклоном полук по ГОСТ 8239-89 55
5	---	Двутавр с уклоном полук по ГОСТ 8239-89 36	Двутавр с уклоном полук по ГОСТ 8239-89 55

Конструктивная группа Элементы верхнего пояса фермы

Элемент	Группа унификации	Сечение для экспертизы	Результат подбора
8	---	Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245-2003 300x12	Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245-2003 40x2

Элемент	Группа унификации	Сечение для экспертизы	Результат подбора
9	---	Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245-2003 300x12	Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245-2003 160x4
10	---	Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245-2003 300x12	Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245-2003 160x4
11	---	Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245-2003 300x12	Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245-2003 150x6.5
12	---	Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245-2003 300x12	Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245-2003 150x6.5
13	---	Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245-2003 300x12	Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245-2003 180x5.5
14	---	Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245-2003 300x12	Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245-2003 180x5.5
15	---	Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245-2003 300x12	Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245-2003 150x6.5
16	---	Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245-2003 300x12	Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245-2003 150x6.5
17	---	Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245-2003 300x12	Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245-2003 160x4

Элемент	Группа унификации	Сечение для экспертизы	Результат подбора
18	---	Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245-2003 300х12	Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245-2003 160х4
19	---	Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245-2003 300х12	Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245-2003 40х2

Конструктивная группа Элементы нижнего пояса фермы

Элемент	Группа унификации	Сечение для экспертизы	Результат подбора
20	---	Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245-2003 300х12	Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245-2003 90х4
21	---	Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245-2003 300х12	Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245-2003 120х7
22	---	Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245-2003 300х12	Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245-2003 140х7
23	---	Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245-2003 300х12	Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245-2003 140х7
24	---	Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245-2003 300х12	Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245-2003 120х7
25	---	Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245-2003 300х12	Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245-2003 90х4

Конструктивная группа Элементы решетки фермы

Элемент	Группа унификации	Сечение для экспертизы	Результат подбора
26	---	Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245-2003 50х2	Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245-2003 80х7
27	---	Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245-2003 50х2	Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245-2003 120х3.5
28	---	Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245-2003 50х2	Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245-2003 50х5
29	---	Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245-2003 50х2	Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245-2003 70х2
30	---	Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245-2003 50х2	Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245-2003 40х2.5
31	---	Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245-2003 50х2	Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245-2003 40х2.5
32	---	Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245-2003 50х2	Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245-2003 70х2
33	---	Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245-2003 50х2	Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245-2003 50х5

Элемент	Группа унификации	Сечение для экспертизы	Результат подбора
34	---	Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245-2003 50x2	Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245-2003 120x3.5
35	---	Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245-2003 50x2	Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245-2003 80x7
36	---	Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245-2003 50x2	Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245-2003 70x2
37	---	Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245-2003 50x2	Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245-2003 70x2
38	---	Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245-2003 50x2	Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245-2003 40x2
39	---	Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245-2003 50x2	Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245-2003 70x2
40	---	Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245-2003 50x2	Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245-2003 70x2
41	---	Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245-2003 50x2	Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245-2003 70x2
42	---	Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245-2003 50x2	Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245-2003 70x2

Элемент	Группа унификации	Сечение для экспертизы	Результат подбора
43	---	Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245-2003 50x2	Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245-2003 140x5
44	---	Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245-2003 50x2	Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245-2003 140x5
45	---	Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245-2003 50x2	Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245-2003 140x5
46	---	Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245-2003 50x2	Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245-2003 140x5
47	---	Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245-2003 50x2	Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245-2003 40x2
48	---	Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245-2003 50x2	Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245-2003 40x2

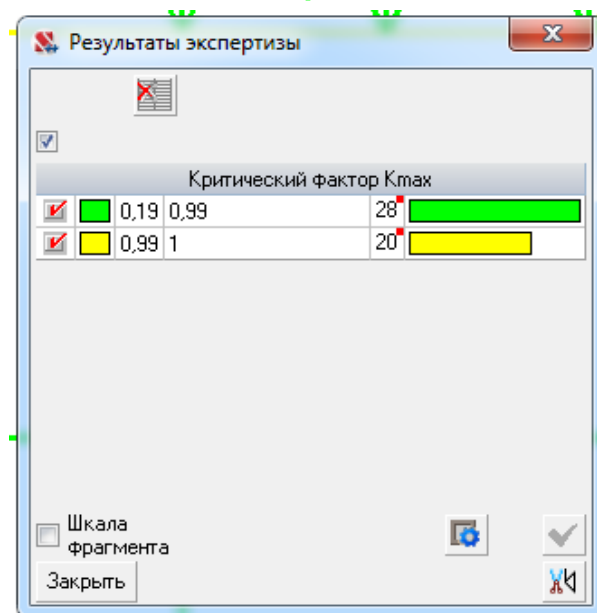
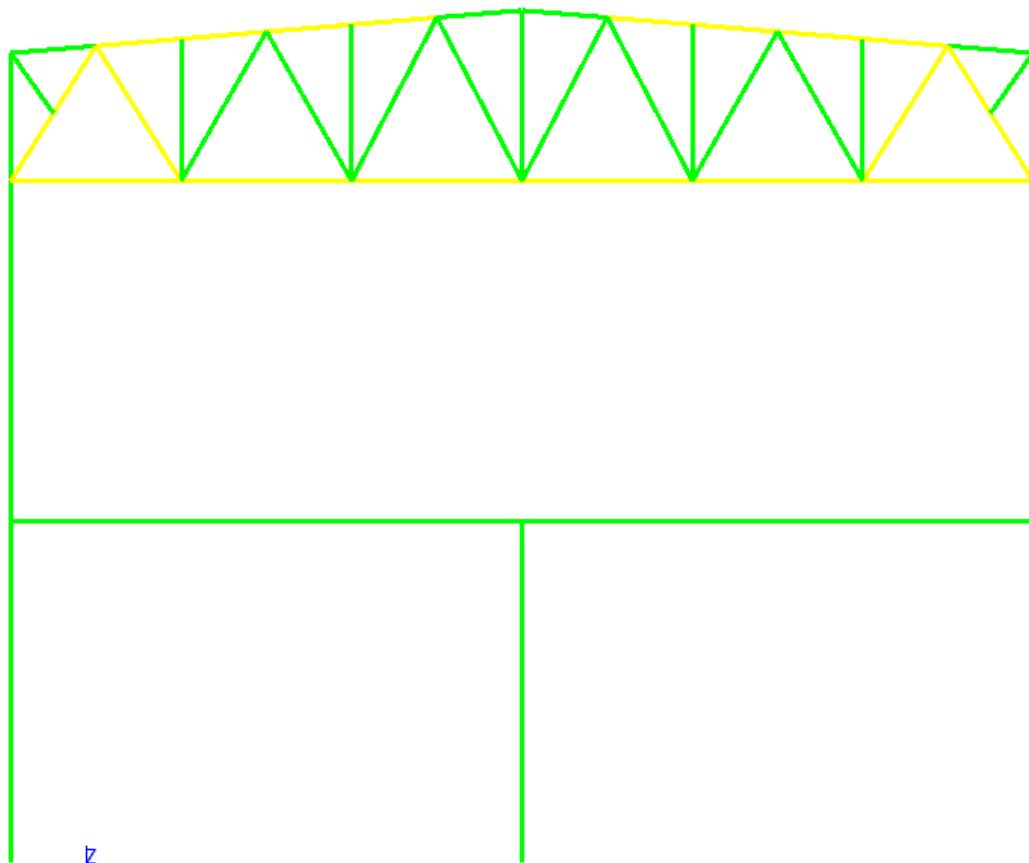


Рис. 3.48 Результаты подбора М.К.

3.4. Сравнение результатов расчетов

Нумерация узлов и элементов при сравнении принята по рис. 3.49.

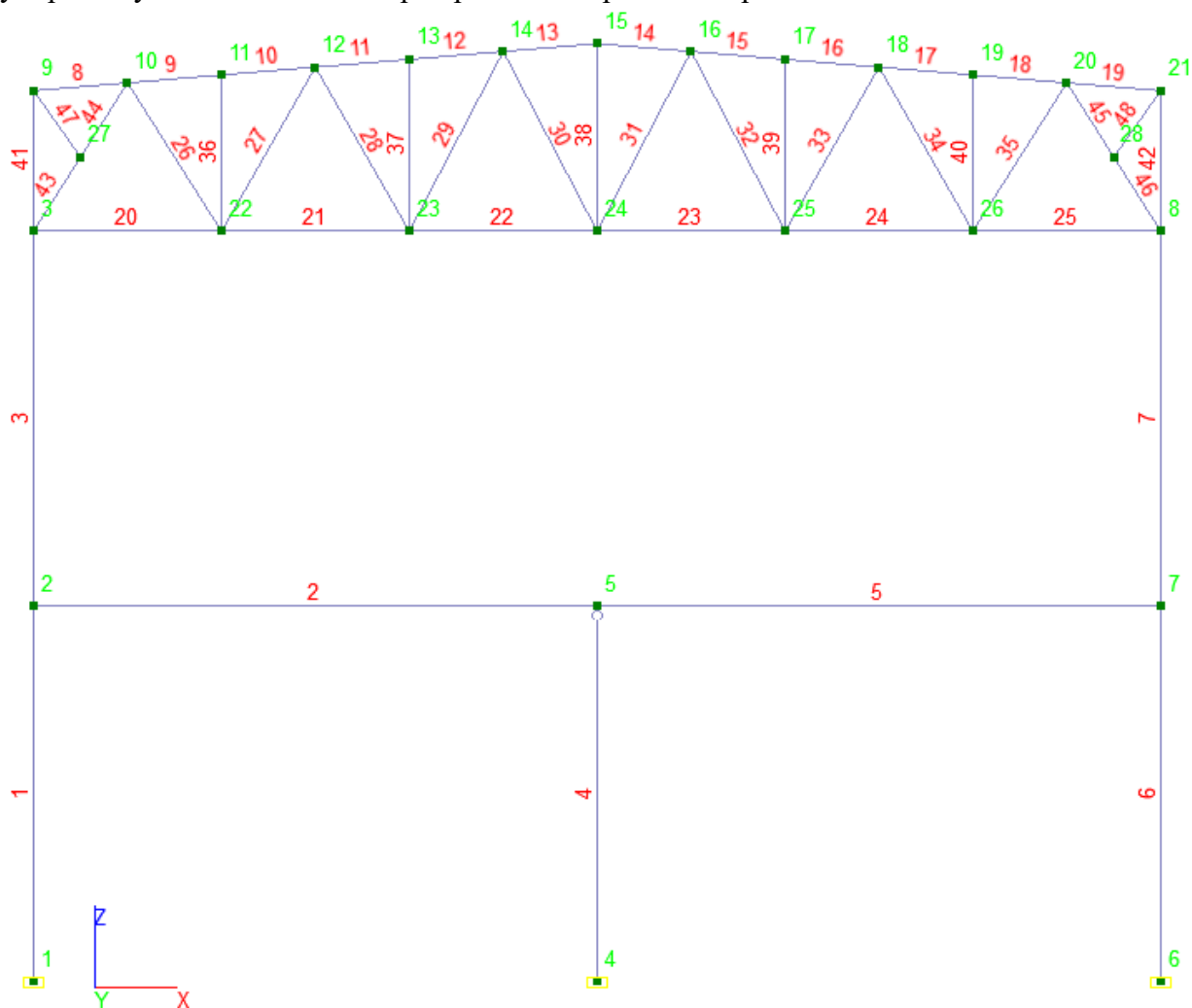


Рис. 3.49. Нумерация узлов и элементов

Сравнение эпюр внутренних усилий от статического нагружения №1:

№ элемента	Расчет в ПК ЛИРА	Расчет в SCAD++	Разность результатов
$M_y, T \cdot m$			
1	-2,2456	2,53	212,66%
2	-6,9221	-6,96	0,55%
3	-7,7892	-3,88	50,19%
4	0	0	0,00%
5	-6,9221	-6,96	0,55%
6	2,2456	-2,53	212,66%
7	7,7892	3,88	50,19%
8	0,011674	0,01	14,34%
9	0,014413	0,01	30,62%
10	0,011798	0,01	15,24%
11	0,014276	0,01	29,95%
12	0,011901	0,01	15,97%
13	0,014163	0,01	29,39%
14	0,014163	0,01	29,39%

№ элемента	Расчет в ПК ЛИРА	Расчет в SCAD++	Разность результатов
15	0,011901	0,01	15,97%
16	0,014276	0,01	29,95%
17	0,011798	0,01	15,24%
18	0,014413	0,01	30,62%
19	0,011674	0,01	14,34%
20	0,05185	0,06	15,72%
21	0,05185	0,06	15,72%
22	0,05185	0,06	15,72%
23	0,05185	0,06	15,72%
24	0,05185	0,06	15,72%
25	0,05185	0,06	15,72%
26	0,0007316	0,000756	3,34%
27	0,00069374	0,000814	17,34%
28	0,00078127	0,000814	4,19%
29	0,00074929	0,000873	16,51%
30	0,0008328	0,000873	4,83%
31	0,0008328	0,000873	4,83%
32	0,00074929	0,000873	16,51%
33	0,00078127	0,000814	4,19%
34	0,00069374	0,000814	17,34%
35	0,0007316	0,000756	3,34%
36	0	0	0,00%
37	0	0	0,00%
38	0	0	0,00%
39	0	0	0,00%
40	0	0	0,00%
41	0	0	0,00%
42	0	0	0,00%
43	0,00015972	0,000189	18,33%
44	0,00015973	0,000189	18,32%
45	0,00015973	0,000189	18,32%
46	0,00015972	0,000189	18,33%
47	0,00014815	0,000175	18,12%
48	0,00014815	0,000175	18,12%
N, T			
1	-176,08	-39,85	77,37%
2	2,6954	0,02	99,26%
3	-169,73	-32,71	80,73%
4	-12,944	-13,92	7,54%
5	2,6954	0,02	99,26%
6	-176,08	-39,85	77,37%
7	-169,73	-32,71	80,73%
8	0,0031986	-0,01	412,64%
9	-145,05	-27,93	80,74%
10	-145,05	-27,93	80,74%
11	-210,76	-40,62	80,73%
12	-210,76	-40,62	80,73%
13	-216,98	-41,89	80,69%

№ элемента	Расчет в ПК ЛИРА	Расчет в SCAD++	Разность результатов
14	-216,98	-41,89	80,69%
15	-210,76	-40,62	80,73%
16	-210,76	-40,62	80,73%
17	-145,05	-27,93	80,74%
18	-145,05	-27,93	80,74%
19	0,0031986	-0,01	412,64%
20	77,937	15,1	80,63%
21	182,23	34,78	80,91%
22	217,47	41,35	80,99%
23	217,47	41,35	80,99%
24	182,23	34,78	80,91%
25	77,937	15,1	80,63%
26	116,56	22,01	81,12%
27	-82,772	-15,95	80,73%
28	50,26	9,54	81,02%
29	-20,99	-3,98	81,04%
30	-6,6669	-1,24	81,40%
31	-6,6725	-1,24	81,42%
32	-20,985	-3,98	81,03%
33	50,255	9,54	81,02%
34	-82,767	-15,95	80,73%
35	116,56	22,01	81,12%
36	-24,108	-4,52	81,25%
37	-24,11	-4,52	81,25%
38	11,93	2,44	79,55%
39	-24,11	-4,52	81,25%
40	-24,108	-4,52	81,25%
41	-24,056	-4,47	81,42%
42	-24,056	-4,47	81,42%
43	-155,27	-30,1	80,61%
44	-155,27	-30,1	80,61%
45	-155,27	-30,1	80,61%
46	-155,27	-30,1	80,61%
47	0,0026488	0,0037	39,69%
48	0,0026488	0,0037	39,69%

Общая разность результатов по M_y - 50,98%, N - 80,37%.

Сравнение форм колебаний и потери устойчивости конструкции:

№ узла	Расчет в ПК ЛИРА	Расчет в SCAD++	Разность результатов
Форма колебаний 1 гармонического воздействия по X			
1	0	0	0,00%
2	302	305,35	1,11%
3	980	980,87	0,09%
4	0	0	0,00%
5	302	305,73	1,24%
6	0	0	0,00%
7	302	305,35	1,11%
8	980	980,87	0,09%

№ узла	Расчет в ПК ЛИРА	Расчет в SCAD++	Разность результатов
9	1000	999,73	0,03%
10	1000	999,78	0,02%
11	1000	999,97	0,00%
12	1000	999,91	0,01%
13	1000	1000	0,00%
14	1000	999,83	0,02%
15	1000	999,78	0,02%
16	1000	999,83	0,02%
17	1000	1000	0,00%
18	1000	999,91	0,01%
19	1000	999,97	0,00%
20	1000	999,78	0,02%
21	1000	999,73	0,03%
22	981	981,48	0,05%
23	981	981,83	0,08%
24	981	981,95	0,10%
25	981	981,83	0,08%
26	981	981,48	0,05%
27	995	994,92	0,01%
28	995	994,92	0,01%
Форма колебаний 3 сейсмического воздействия по Z			
1	0	0	0,00%
2	19	19,22	1,16%
3	38	38,14	0,37%
4	0	0	0,00%
5	0	0	0,00%
6	0	0	0,00%
7	-19	-19,22	1,16%
8	-18	-38,14	111,89%
9	44	43,34	1,50%
10	499	520,3	4,27%
11	983	983,79	0,08%
12	952	953,52	0,16%
13	1000	1000	0,00%
14	471	457,77	2,81%
15	0	0	0,00%
16	-471	-457,77	2,81%
17	-1000	-1000	0,00%
18	-952	-953,52	0,16%
19	-983	-983,79	0,08%
20	-499	-520,3	4,27%
21	-44	-43,34	1,50%
22	841	843,44	0,29%
23	841	843,44	0,29%
24	0	0	0,00%
25	-841	-843,18	0,26%
26	-841	-843,44	0,29%
27	159	164,72	3,60%

№ узла	Расчет в ПК ЛИРА	Расчет в SCAD++	Разность результатов
28	-159	-164,72	3,60%
Форма потери устойчивости сочетания нагрузок 1 по X			
1	0	0	0,00%
2	283	289,53	2,31%
3	1000	999,81	0,02%
4	0	0	0,00%
5	283	290,06	2,49%
6	0	0	0,00%
7	283	289,54	2,31%
8	1000	999,89	0,01%
9	1000	999,96	0,00%
10	1000	999,97	0,00%
11	1000	999,97	0,00%
12	1000	999,98	0,00%
13	1000	999,99	0,00%
14	1000	999,99	0,00%
15	1000	1000	0,00%
16	1000	999,99	0,00%
17	1000	999,99	0,00%
18	1000	999,98	0,00%
19	1000	999,98	0,00%
20	1000	999,97	0,00%
21	1000	999,97	0,00%
22	1000	999,83	0,02%
23	1000	999,84	0,02%
24	1000	999,85	0,01%
25	1000	999,87	0,01%
26	1000	999,88	0,01%
27	1000	999,89	0,01%
28	1000	999,94	0,01%

Общая разность результатов по форме 1 гармонического воздействия - 0,08%, по форме 3 сейсмического воздействия – 1,00%, по форме потери устойчивости сочетания нагрузок 1 - 0,09%.

Сравнение периодов и частот собственных колебаний:

Загружение	Форма	Собственное значение	Частота (рад/с)	Период (с)
4	1	46,44%	86,42%	46,37%
4	2	46,57%	88,25%	46,92%
4	3	47,62%	88,58%	47,12%
4	4	39,49%	64,37%	39,26%
4	5	36,00%	57,60%	36,67%
4	6	42,88%	74,86%	43,06%
4	7	33,36%	53,46%	34,60%
4	8	45,62%	89,97%	47,41%
4	9	45,49%	89,86%	47,28%
4	10	48,28%	89,21%	47,18%
5	1	46,43%	86,53%	46,44%
5	2	46,57%	88,25%	46,92%
5	3	47,62%	88,58%	47,12%

5	4	39,49%	68,33%	40,74%
5	5	36,00%	57,60%	36,67%

Общая разность результатов по собственному значению - 45,27%, частоте - 76,24%,
периоду - 45,40%.

Сравнение коэффициентов запаса устойчивости от РСН:

Сочетание	Форма	Расчет в ПК ЛИРА	Расчет в SCAD++	Разность результатов
1	1	3,53756	11,307	219,63%

Сравнение результатов проверок металлоконструкций по РСУ:

№ элемента	Прочность (%)	Устойчивость (%)	Гибкость (%)
Расчет в ПК ЛИРА			
1	103	177	134
2	88	178	-
3	93	157	123
4	20	49	83
5	99	201	-
6	105	180	135
7	103	175	127
8	0	0	5
9	64	64	6
10	64	64	6
11	92	93	7
12	92	93	7
13	95	96	7
14	95	96	7
15	92	93	7
16	92	93	7
17	64	64	6
18	64	64	6
19	0	0	5
20	34	-	2
21	80	-	2
22	95	-	2
23	95	-	2
24	80	-	2
25	34	-	2
26	1726	-	33
27	1226	2266	11
28	745	-	35
29	312	632	99
30	10	207	130
31	100	207	130
32	312	632	99
33	745	-	35
34	1226	2266	11
35	1726	-	33
36	357	545	73
37	357	601	63

№ элемента	Прочность (%)	Устойчивость (%)	Гибкость (%)
38	176	-	34
39	357	601	63
40	357	545	73
41	356	495	88
42	356	495	88
43	2298	2651	4
44	2298	2651	4
45	2298	2651	4
46	2298	2651	4
47	0	-	15
48	0	-	15
Расчет в SCAD++			
1	27	81	76
2	80	172	-
3	33	58	75
4	19	47	83
5	95	204	-
6	57	94	76
7	46	75	75
8	0	0	6
9	18	18	6
10	18	18	6
11	26	26	6
12	26	26	6
13	27	27	6
14	27	27	6
15	26	26	6
16	26	26	6
17	18	18	6
18	18	18	6
19	0	0	6
20	10	-	2
21	22	-	2
22	26	-	2
23	26	-	2
24	22	-	2
25	10	-	2
26	1109	-	32
27	362	680	69
28	316	-	35
29	91	187	74
30	29	60	64
31	29	60	64
32	91	187	74
33	316	-	35
34	362	680	69
35	1109	-	32
36	104	158	57

№ элемента	Прочность (%)	Устойчивость (%)	Гибкость (%)
37	106	179	63
38	55	-	34
39	106	179	63
40	104	158	57
41	103	143	51
42	103	143	51
43	682	789	32
44	682	789	32
45	682	789	32
46	682	789	32
47	0	-	15
48	0	-	15
Сравнение результатов			
1	73,79%	54,24%	43,28%
2	9,09%	3,37%	-
3	64,52%	63,06%	39,02%
4	5,00%	4,08%	0,00%
5	4,04%	1,49%	-
6	45,71%	47,78%	43,70%
7	55,34%	57,14%	40,94%
8	0,00%	0,00%	0,00%
9	71,88%	71,88%	0,00%
10	71,88%	71,88%	0,00%
11	71,74%	72,04%	14,29%
12	71,74%	72,04%	14,29%
13	71,58%	71,88%	14,29%
14	71,58%	71,88%	14,29%
15	71,74%	72,04%	14,29%
16	71,74%	72,04%	14,29%
17	71,88%	71,88%	0,00%
18	71,88%	71,88%	0,00%
19	0,00%	0,00%	0,00%
20	70,59%	-	0,00%
21	72,50%	-	0,00%
22	72,63%	-	0,00%
23	72,63%	-	0,00%
24	72,50%	-	0,00%
25	70,59%	-	0,00%
26	35,75%	-	0,00%
27	70,47%	69,99%	527,27%
28	57,58%	-	0,00%
29	70,83%	70,41%	25,25%
30	190,00%	71,01%	50,77%
31	71,00%	71,01%	50,77%
32	70,83%	70,41%	25,25%
33	57,58%	-	0,00%
34	70,47%	69,99%	527,27%
35	35,75%	-	0,00%

№ элемента	Прочность (%)	Устойчивость (%)	Гибкость (%)
36	70,87%	71,01%	21,92%
37	70,31%	70,22%	0,00%
38	68,75%	-	0,00%
39	70,31%	70,22%	0,00%
40	70,87%	71,01%	21,92%
41	71,07%	71,11%	42,05%
42	71,07%	71,11%	42,05%
43	70,32%	70,24%	700,00%
44	70,32%	70,24%	700,00%
45	70,32%	70,24%	700,00%
46	70,32%	70,24%	700,00%
47	0,00%	-	0,00%
48	0,00%	-	0,00%

Общая разность результатов по вычисленному коэффициенту использования прочности - 63,28%, устойчивости - 68,57%, гибкости - 40,29%.

Сравнение результатов подбора проката металлоконструкций по РСУ:

№ элемента	Расчет в ПК ЛИРА	Расчет в SCAD++
1	Двутавр прок. 70б	Двутавр прок. 60
2	Двутавр. прок. 50	Двутавр прок. 55
3	Двутавр. прок. 70а	Двутавр. прок. 50
4	Швеллер прок. 33У	Швеллер прок. 33У
5	Двутавр. прок. 50	Двутавр прок. 55
6	Двутавр прок. 70б	Двутавр прок. 60
7	Двутавр. прок. 70б	Двутавр прок. 55
8	Коробка прок. 40х40х2	Коробка прок. 40х40х2
9	Коробка прок. 250х250х9.5	Коробка прок. 160х160х4
10	Коробка прок. 250х250х9.5	Коробка прок. 160х160х4
11	Коробка прок. 300х300х11.5	Коробка прок. 150х150х6.5
12	Коробка прок. 300х300х11.5	Коробка прок. 150х150х6.5
13	Коробка прок. 300х300х11.5	Коробка прок. 180х180х5.5
14	Коробка прок. 300х300х11.5	Коробка прок. 180х180х5.5
15	Коробка прок. 300х300х11.5	Коробка прок. 150х150х6.5
16	Коробка прок. 300х300х11.5	Коробка прок. 150х150х6.5
17	Коробка прок. 250х250х9.5	Коробка прок. 160х160х4
18	Коробка прок. 250х250х9.5	Коробка прок. 160х160х4
19	Коробка прок. 40х40х2	Коробка прок. 40х40х2
20	Коробка прок. 160х160х8	Коробка прок. 90х90х4
21	Коробка прок. 250х250х12	Коробка прок. 120х120х7
22	Коробка прок. 300х300х11.5	Коробка прок. 140х140х7
23	Коробка прок. 300х300х11.5	Коробка прок. 140х140х7
24	Коробка прок. 250х250х12	Коробка прок. 120х120х7
25	Коробка прок. 160х160х8	Коробка прок. 90х90х4
26	Коробка прок. 200х200х9.5	Коробка прок. 80х80х7
27	Коробка прок. 180х180х8	Коробка прок. 120х120х3.5
28	Коробка прок. 120х120х7	Коробка прок. 50х50х5
29	Коробка прок. 80х80х6	Коробка прок. 70х70х2
30	Коробка прок. 50х50х6	Коробка прок. 40х40х2.5
31	Коробка прок. 50х50х6	Коробка прок. 40х40х2.5

№ элемента	Расчет в ПК ЛИРА	Расчет в SCAD++
32	Коробка прок. 80х80х6	Коробка прок. 70х70х2
33	Коробка прок. 120х120х7	Коробка прок. 50х50х5
34	Коробка прок. 180х180х8	Коробка прок. 120х120х3.5
35	Коробка прок. 200х200х9.5	Коробка прок. 80х80х7
36	Коробка прок. 80х80х6	Коробка прок. 70х70х2
37	Коробка прок. 80х80х6.5	Коробка прок. 70х70х2
38	Коробка прок. 50х50х6	Коробка прок. 40х40х2
39	Коробка прок. 80х80х6.5	Коробка прок. 70х70х2
40	Коробка прок. 80х80х6	Коробка прок. 70х70х2
41	Коробка прок. 80х80х6	Коробка прок. 70х70х2
42	Коробка прок. 80х80х6	Коробка прок. 70х70х2
43	Коробка прок. 250х250х10	Коробка прок. 140х140х5
44	Коробка прок. 250х250х10	Коробка прок. 140х140х5
45	Коробка прок. 250х250х10	Коробка прок. 140х140х5
46	Коробка прок. 250х250х10	Коробка прок. 140х140х5
47	Коробка прок. 40х40х2	Коробка прок. 40х40х2
48	Коробка прок. 40х40х2	Коробка прок. 40х40х2

3.5. Сравнение вычислительных программ ПК ЛИРА и SCAD++

Список литературы

1. Введение в программный комплекс ЛИРА 10.4 [Электронный ресурс] : учебное пособие / О.А. Ковальчук, А.В. Колесников, Е.М. Русанова [и др.] ; М-во образования и науки Рос. Федерации, Нац. исследоват. Моск. гос. строит. Ун-т. — Электрон. дан. и прогр. (10 Мб). — Москва : НИУ МГСУ, 2015. - 185 с.
2. Галлагер Р. Метод конечных элементов. Основы / Р. Галлагер. – М. : Мир, 1984. – 428 с.
3. Капустин С. А. Метод конечных элементов в задачах механики деформируемых тел : учеб. пособие / С. А. Капустин ; Нижегород. гос. ун-т. – Н. Новгород : ННГУ, 2002. – 180 с.
4. Карпиловский В. С., Криксунов Э. З., Маляренко А. А., Микитавренко М. А., Перельмутер А. В., Перельмутер М. А., SCAD Office. Вычислительный комплекс SCAD, Москва: СКАД СОФТ, 2015. –781с.
5. Куликов И. С., Маковкин Г. А. Динамика механических систем: учеб. пособие/ И.С. Куликов, Г. А. Маковкин; Нижегород. гос. архитектур. - строит. ун-т – Н.Новгород: ННГАСУ, 2013. - 147 с.
6. Лампси Б.Б., Маркина Ю.Д. Жесткость узлов подкраново-подстропильной фермы в её плоскости // Строительная механика и конструкции. № 4 (39) - Воронеж, ВГТУ, 2023, с. 51-63. DOI 10.36622/VSTU.2023.39.4.006
7. Лампси Б.Б., Маркина Ю.Д. Подкраново-подстропильные фермы. Особенности конструкции, работы и расчёта: монография / Ю.Д. Маркина, Б.Б. Лампси; Нижегород. гос. архитектур. - строит. ун-т – Н.Новгород: ННГАСУ, 2024. - 169 с.
8. Маркина Ю.Д. Использование препроцессора «Форум» для формирования расчетной схемы многоэтажного здания: учеб. пособие/ Ю.Д. Маркина, П.А. Хазов, Б.Б. Лампси; Нижегород. гос. архитектур. - строит. ун-т – Н.Новгород: ННГАСУ , 2020.-70с.
9. Маркина Ю.Д. Кручение нижнего пояса подкраново-подстропильной фермы // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. № 11 - Белгород, БГТУ, 2023, с. 27–36. DOI: 10.34031/2071-7318-2023-8-11-27-36
10. Норри, Д. Введение в метод конечных элементов : пер. с англ. / Д. Норри, Ж. де Фриз. – М. : Мир, 1981. – 304 с.
11. Сегерлинд Л. Применение метода конечных элементов : пер. с англ. / Л. Сегерлинд. – М. : Мир, 1979. – 392 с.

12. Стренг Г. Теория метода конечных элементов : пер. с англ. / Г. Стренг, Дж. Фикс. – М. : Мир, 1977. – 349 с.
13. Хазов П.А. Динамика строительных конструкций при экстремальных природных воздействиях: колебания, прочность, ресурс [Текст]: монография / П.А. Хазов, Д.А. Кожанов, А.М. Анущенко, А.А. Сатанов; Нижегород. гос. архитектур.-строит. ун-т. – Н.Новгород: ННГАСУ, 2022. - 96 с.
14. Хазов П.А., Шкода И.В., Тягунова Л.Ю. Методика определения динамических параметров материала при свободных колебаниях // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. № 6. – Томск, ТГАСУ, 2023, с. 89–101. DOI: 10.31675/1607-1859-2023-25-6-89-101
15. Li L-Y., Easterbrook D. Free torsion of thin-walled structural members of open and closed-sections // Applied Mathematics and Mechanics. 2014. Vol. 35. № 1. Pp. 25–32.
16. Omidvari A., Hematiyan M. Approximate closed-form formulae for buckling analysis of rectangular tubes under torsion // International Journal of Engineering. 2015. Vol. 28. No. 8. Pp. 1226–1232.
17. Rykaluk K., Marcinczak K., Rowicki S. Fatigue hazards in welded plate crane runway girders - locations, causes and calculations // Archives of Civil and Mechanical Engineering. 2018. No. 18. Pp. 69-82.
18. Srinivasan V., Purushothaman T., Chatterjee S. Stress analysis of thin-walled circular and rectangular tubes subjected to torsion // International Journal of Mechanical Engineering and Technology. 2017. Vol. 8. № 8. Pp. 1580–1587.
19. Wardenier J., de Vries P., Timmermann G. Evaluation of cracks in an offshore crane runway girder // Steel Construction. 2017. No. 10. Pp. 67-71.

Маркина Юлия Дмитриевна
Хазов Павел Алексеевич

РАСЧЕТ СТАТИЧЕСКИ-НЕОПРЕДЕЛИМОЙ РАМЫ НА
УСТОЙЧИВОСТЬ И СЕЙСМИЧЕСКИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ

Учебное пособие

Подписано в печать

формат 60х90 1/8. Бумага газетная. Печать трафаретная.

Уч. изд. л. 15,9. Усл. печ. л. 16,1. Тираж 300 экз. Заказ №

Федеральное государственное образовательное учреждение высшего образования
«Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»
603000, Нижний Новгород, ул. Ильинская, 65.

Полиграфический центр ННГАСУ, 603000, Нижний Новгород, ул. Ильинская, 65
<http://www.nngasu.ru>, rector@nngasu.ru