

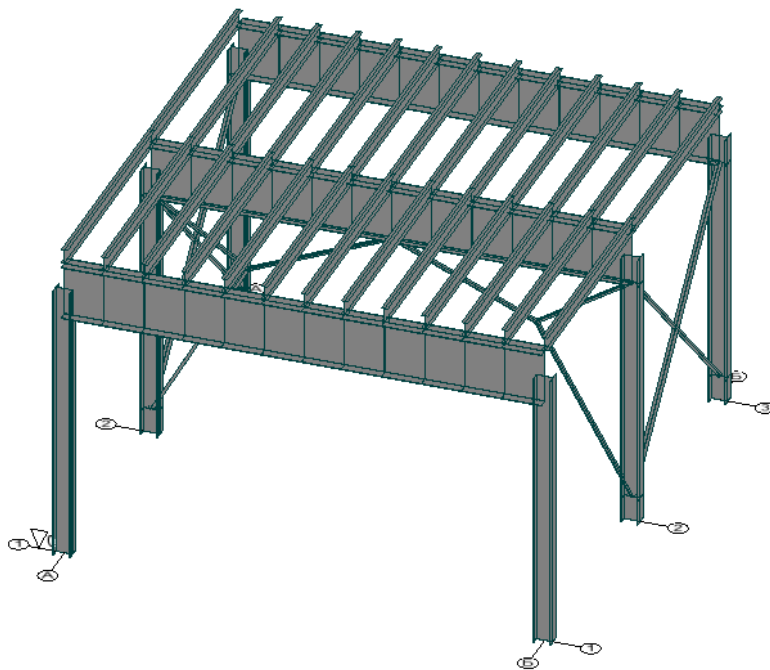
Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Емец Валерий Сергеевич
Должность: Директор филиала
Дата подписания: 10.10.2024 11:46:21
Уникальный программный ключ:
f2b8a1573c931f1098cfe699d1debd94fcff35d7

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Рязанский институт (филиал)
федерального государственного автономного образовательного учреждения
высшего образования
«Московский политехнический университет»

Кафедра «Промышленное и гражданское строительство»

РАСЧЕТ БАЛОЧНОЙ КЛЕТКИ В ПК «SCAD OFFICE»

Методические указания по выполнению
курсового проекта



Рязань
2023

УДК 69.04
ББК 38.112
К22

Каретникова, С.В.

К22 Расчет балочной клетки в ПК «SCAD 21.1»: методические указания по выполнению курсового проекта по дисциплине «Системы автоматизированного проектирования (САПР) в строительстве»/ С.В. Каретникова – Рязань: Рязанский институт (филиал) Московского политехнического университета, 2023. – 40 с.

Методические указания по выполнению курсового проекта по дисциплине «Системы автоматизированного проектирования (САПР) в строительстве» на тему «Расчет балочной клетки в ПК «SCAD 21.1» предназначены для студентов специальности 08.04.01 «Строительство» специализации «Промышленное и гражданское строительство».

Выполнение курсового проекта способствует закреплению теоретических основ работы в программе «SCAD 21.1», овладению навыками основ проектирования несущих металлических конструкций балочной клетки, грамотному и обоснованному выбору жесткостей несущих элементов, формирует навыки оформления результатов расчета конструкций.

Печатается по решению методического совета Рязанского института (филиала) Московского политехнического университета.

УДК 69.04
ББК 38.112

©Рязанский институт (филиал)
Московского политехнического
университета, 2023

Содержание

Введение.....	4
1 Общие сведения.....	4
2 Пример выполнения курсового проекта.....	4
2.1 Создание конечно-элементной модели балочной клетки в ПК «SCAD 21.1».....	5
2.2 Загрузка схемы.....	13
2.3 Выполнение линейного расчета.....	16
2.4 Анализ результатов расчета.....	18
2.5 Подбор сечений элементов балочной клетки.....	21
2.6 Вывод результатов расчета, составление отчета.....	26
Библиографический список.....	30
Приложение А – Исходные данные для выполнения курсового проекта.....	31
Приложение Б – Образцы оформления титульных страниц.....	34
Приложение В – Образцы оформления документации.....	36
Приложение Г – Образцы графической части проекта.....	38

Введение

При выполнении курсовой работы выполняется расчет и проектирование балочной клетки нормального типа.

Разработка студентами проекта балочной клетки имеет своей целью дать необходимые навыки в расчёте металлических конструкций в программном комплексе SCAD Office, конструировании.

По характеру рассматриваемых и решаемых задач курсовая работа разделена на две основные части: расчётную и графическую. В расчётной части выбирается вариант балочной клетки, выполняются расчёты балок настила, вспомогательных балок, колонн, производится анализ и выбор наиболее экономичного решения балочной клетки.

В графической части составляются чертежи балочной клетки в стадии КМ. В этой части разрабатываются: монтажная схема балочной клетки с маркировкой всех элементов, выводятся результаты расчета в программе SCAD. Составляется спецификация стали и таблица отправочных марок.

1. Общие сведения

Балочная клетка — это система пересекающихся несущих балок, которые служат для передачи нагрузки от настила к стенам или колоннам и к нижележащим конструкциям.

В балочной клетке нормального типа настил опирается на балки настила, балки настила опираются на главные балки, которые в свою очередь передают всю нагрузку на колонны. Поскольку второстепенных балок преобладающее количество, то для уменьшения трудоемкости работ их обычно принимают прокатными (по сортаменту), и, как правило, это двутавры либо швеллеры.

Главная балка всегда самый массивный элемент балочной клетки, и ее зачастую принимают составной с ребрами жесткости, монтажным стыком, уменьшением сечения на конце и т.д.

В данной работе основные размеры балочной клетки в плане и по высоте устанавливаются заданием на проектирование балочной клетки.

Исходные данные для проектирования определяются по таблице 1 в соответствии с шифром, устанавливаемым по последней и предпоследней цифрам номера зачетной книжки студента согласно таблице 2.

2. Пример выполнения курсового проекта

Исходные данные (шифр xxxxxx):

- крайние и средние колонны - составное сечение:

пояс – 400x12,

стенки – 400 x 8.

- балки настила (ВБ) – двутавр №35 Б1,

- главная балка (ГБ) - составное сечение:

пояс – 450x16,

стенки – 1350 x 10.

Шаг колонн в направлении оси X – 12 м, количество пролетов – 1.

Шаг колонн в направлении оси Y – 6 м, количество пролетов – 2.

Шаг второстепенных балок 1 м.

Высота колонн – 7,15 м.

Нагрузки:

– постоянная нагрузка от собственного веса элементов балочной клетки;

– постоянная нормативная нагрузка от собственного веса конструкции

настила

$q_{п.н} = 28,83 \text{ кН/м}^2$;

– нормативная кратковременная нагрузка $q_{врем.н} = 20 \text{ кН/м}^2$.

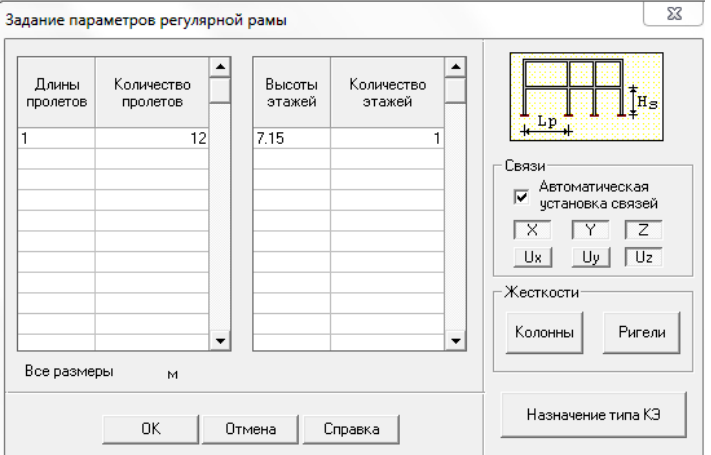
2.1 Создание конечно-элементной модели балочной клетки в ПК «SCAD 21.1»

Модель создается с использованием стержневых конечных элементов.

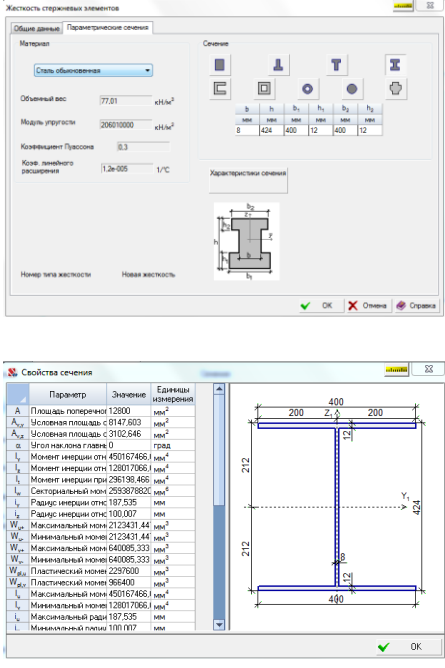
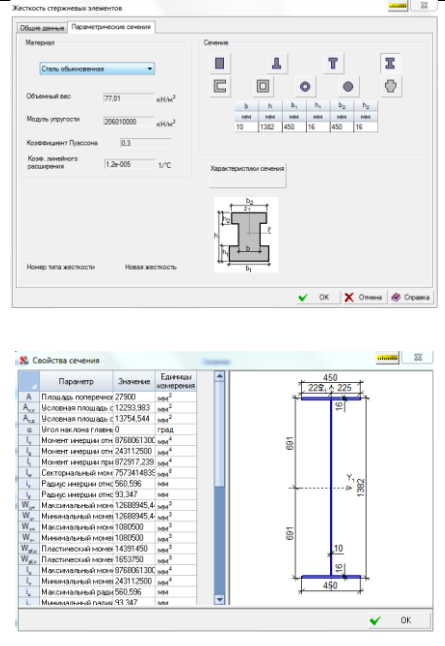
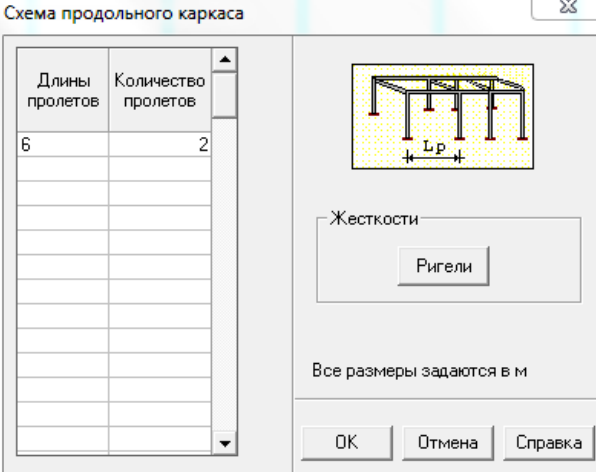
В таблице 1 представлен алгоритм построения расчетной схемы.

Описание построения расчетной модели балочной клетки в пояснительной записке не приводится.

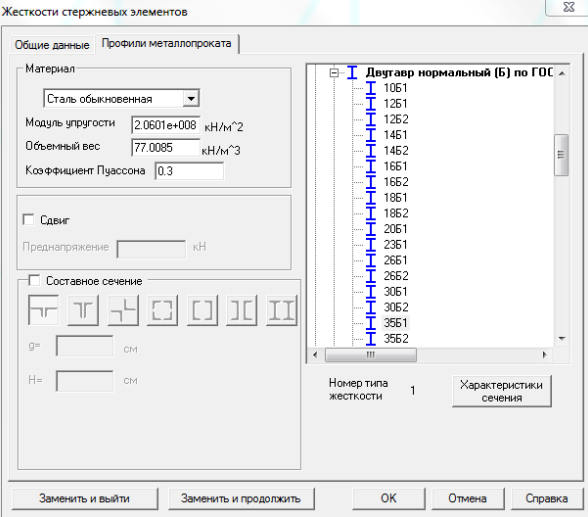
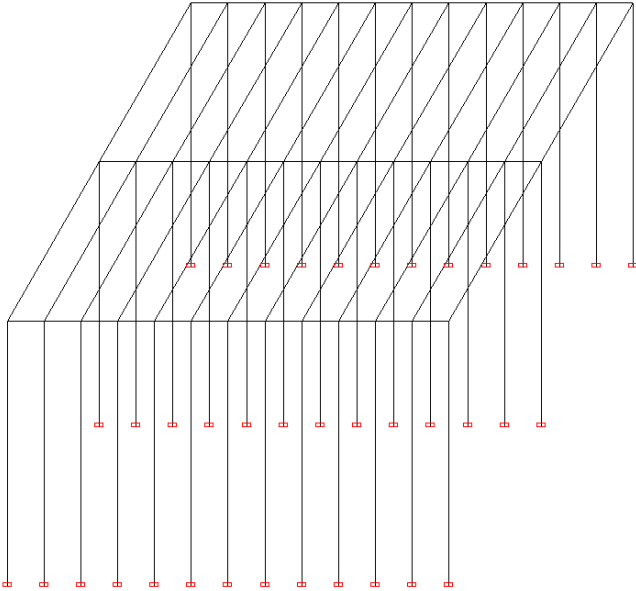
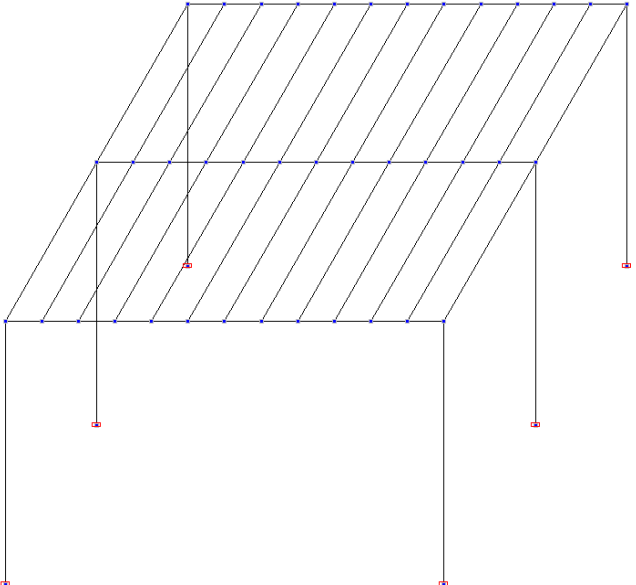
Таблица 1 – Порядок создания расчетной схемы

1	Создание нового проекта	Уточните единицы измерения, тип схемы (схема тип 5 общего вида), подтвердите готовность, ОК. Создайте папку (номер группы, фамилия студента). Задайте имя файла (ВЛР-4). <i>Файл в программе «SCAD 21.1» с расчетной схемой сдается на проверку.</i>	
---	-------------------------	---	--

Продолжение таблицы 1

<p>2</p>	<p>Создание расчетной схемы</p>	<p>«Схема» => «генерация прототипа рамы» => введите размеры рамы. Отмените наложение связей по направлению U_x, U_y.</p>																							
		<p>Введите жесткости колон и главных балок</p>																							
		<p>Вкладка «Схема» => «дублирование вдоль оси Y»</p>	 <table border="1" data-bbox="774 1601 1005 2027"> <thead> <tr> <th>Длины пролетов</th> <th>Количество пролетов</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>b</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table>	Длины пролетов	Количество пролетов	b	2																		
Длины пролетов	Количество пролетов																								
b	2																								

Продолжение таблицы 1

3	Назначение жесткостей	Назначьте жесткости второстепенным балкам.	
4	Корректировка схемы	Получаем промежуточный вид балочной клетки	
		<p>Удаляем «лишние» элементы. Вкладка «Узлы элементы» и => «Узлы» => «Удаление узлов» => отметьте нижние узлы внутренних колонн => ОК.</p>	

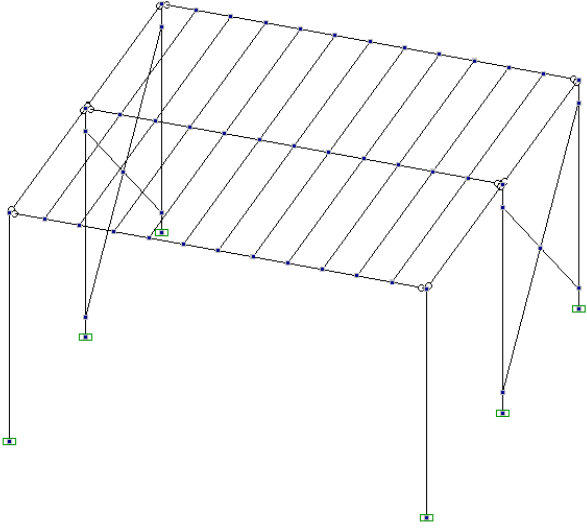
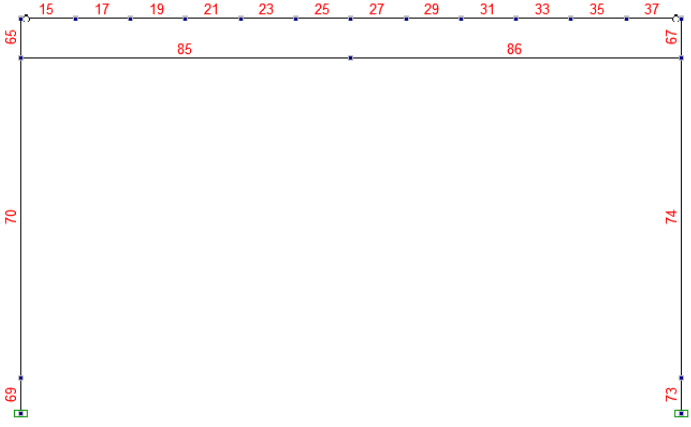
Продолжение таблицы 1

		<p>Объединение совпадающих узлов. Выберите в верхнем меню «Элементы» => «Объединение совпадающих элементов».</p> <p>Зайдите в вкладку «Управление» => «Упаковка данных». На экране отобразится диалоговое окно. По умолчанию выберите «Да».</p>	
5	<p>Установка шарниров</p>	<p>Вкладка «Назначение» => «Установка шарниров».</p> <p>Отпустите угол поворота выделенных стержней схемы в первом и втором узлах по направлению UY.</p>	
		<p>Вкладка «Фильтры» => «шарниры» => «номера элементов».</p> <p>Пометьте элементы 43, 44, 67, 68 => ОК.</p> <p>Установите шарниры в 1-ом узле => пометьте элементы 2, 17, 18 => ОК.</p> <p>Установите шарниры во 2-ом узле => пометьте элементы 13, 39, 40 => ОК.</p>	

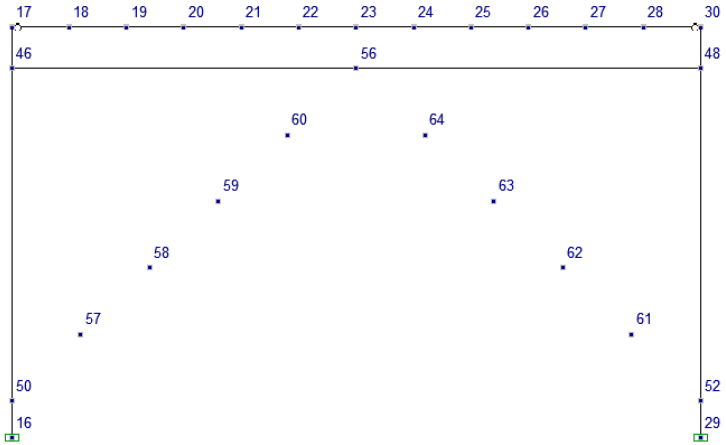
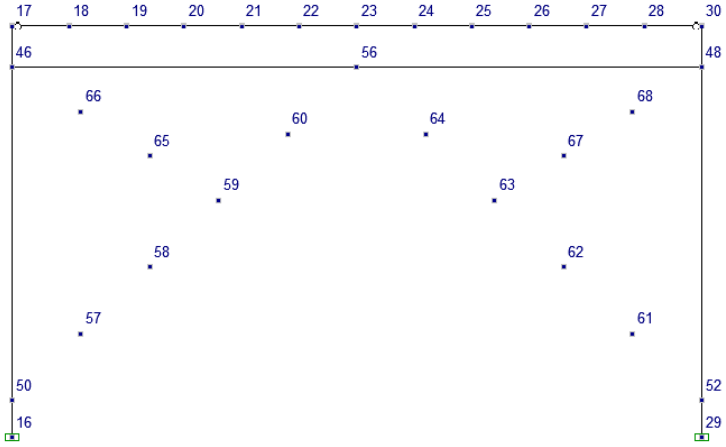
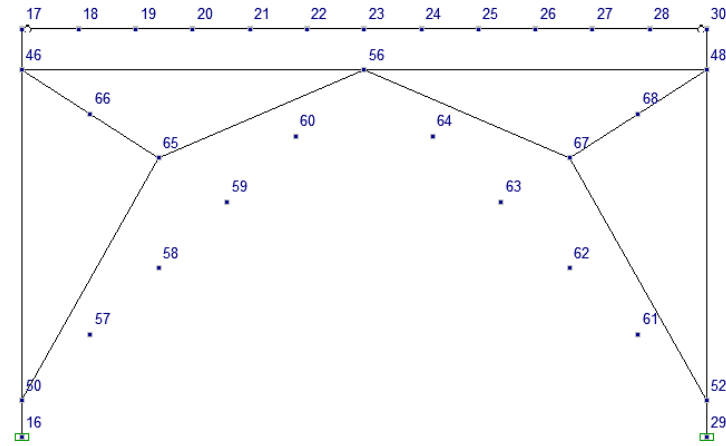
Продолжение таблицы 1

<p>5</p>	<p>Добавление связей в нижние узлы колонн.</p>	<p>Разбейте колонны второй и третьей рамы № 15, 16, 41, 42 в соотношении 1/9. Для этого зайдите во вкладку «Элементы» => «Разбивка стержня».</p>	
<p>6</p>	<p>Вкладка «Элементы» => «Добавление стержней». Соедините узлы 50 и 47, 51 и 46, 52 и 49, 53 и 48. Укажите жесткость связей между колоннами - сечение из 2-ух равнополочных уголков, профиль 75x75x6.</p>	<p>Вкладка «Элементы» => «Добавление стержней». Соедините узлы 50 и 47, 51 и 46, 52 и 49, 53 и 48. Укажите жесткость связей между колоннами - сечение из 2-ух равнополочных уголков, профиль 75x75x6.</p>	


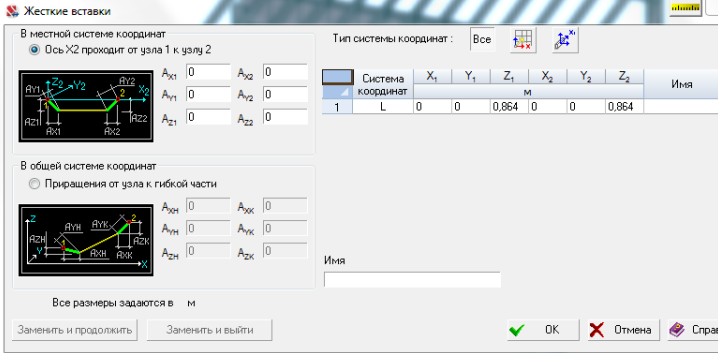
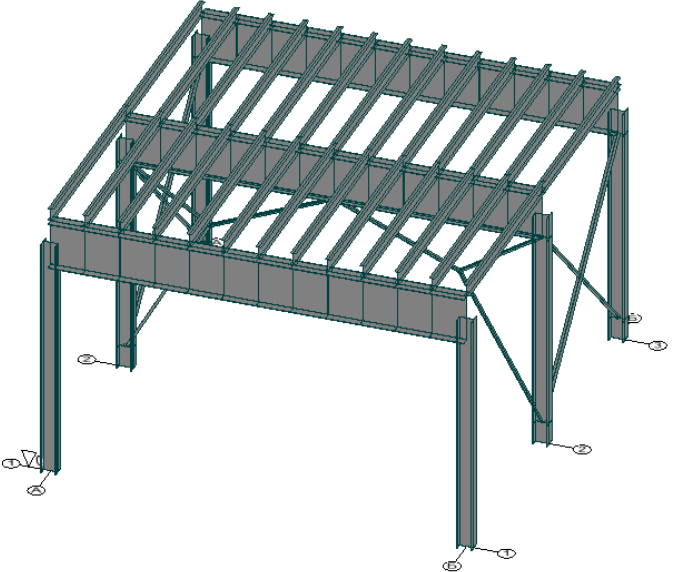
Продолжение таблицы 1

	<p>Нажмите кнопку «Дробление стержней в точке пересечения».</p>	
	<p>Инструментальная панель «Визуализация» => «Сечение плоскостью XoZ». Выделите любой узел на средней раме. Нажмите закладку «Элементы» => «Добавление стержней». Укажите жесткость связей между колоннами - сечение из 2-ух равнополочных уголков, профиль 75x75x6. Соедините точки 46 и 48. Нажмите вкладку «Элементы» => «Разбивка стержня» => «На N равных участков», N=2, пометьте новый стержень. Выполните упаковку.</p>	

Продолжение таблицы 1

	<p>Связи в средней раме. Нажмите закладку «Узлы» => «Ввод дополнительных узлов между узлами» => «На N равных участков», N=5 => отметьте узлы 50 и 56, ОК. пометьте узлы 52 и 56, ОК.</p>	 <p>Вид средней рамы.</p>
	<p>Нажмите вкладку «Узлы» => «Ввод дополнительных узлов между узлами» => «На N равных участков», N=3 => отметьте узлы 59 и 46, ОК. Пометьте узлы 63 и 48, ОК.</p>	
	<p>Нажмите закладку «Элементы» => «добавление стержней», соедините узлы 50 и 65, 65 и 56, 65 и 46, 52 и 67, 67 и 56, 67 и 48. Нажмите закладку «Управление» => «Упаковка данных» Сохраните проект.</p>	

Продолжение таблицы 1

		<p>Нажмите на панели «Фильтры отображения» иконку «Удаление линий невидимого контура». Настройте объемное отображение стержневых элементов.</p>																	
		<p>Вкладка «Назначение» => «Установка-удаление жестких вставок» => «поднимите» второстепенные балки, задав величины A_{z1} и A_{z2}.</p>	 <p>Жесткие вставки</p> <p>В местной системе координат</p> <p><input checked="" type="radio"/> Ось X2 проходит от узла 1 к узлу 2</p> <p>Тип системы координат: Все</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Система координат</th> <th>X₁</th> <th>Y₁</th> <th>Z₁</th> <th>X₂</th> <th>Y₂</th> <th>Z₂</th> <th>Имя</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>L</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0,864</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0,864</td> </tr> </tbody> </table> <p>В общей системе координат</p> <p><input type="radio"/> Приращения от узла к гибкой части</p> <p>Имя</p> <p>Все размеры задаются в м</p> <p>Заканчить и продолжить Заканчить и выйти OK Отмена Справка</p>	Система координат	X ₁	Y ₁	Z ₁	X ₂	Y ₂	Z ₂	Имя	1	L	0	0	0,864	0	0	0,864
Система координат	X ₁	Y ₁	Z ₁	X ₂	Y ₂	Z ₂	Имя												
1	L	0	0	0,864	0	0	0,864												
<p>7</p>	<p>Установите координационные оси.</p>	<p>Окончательный вид расчетной схемы</p>																	

На рисунке 2.1 показана расчетная схема балочной клетки.

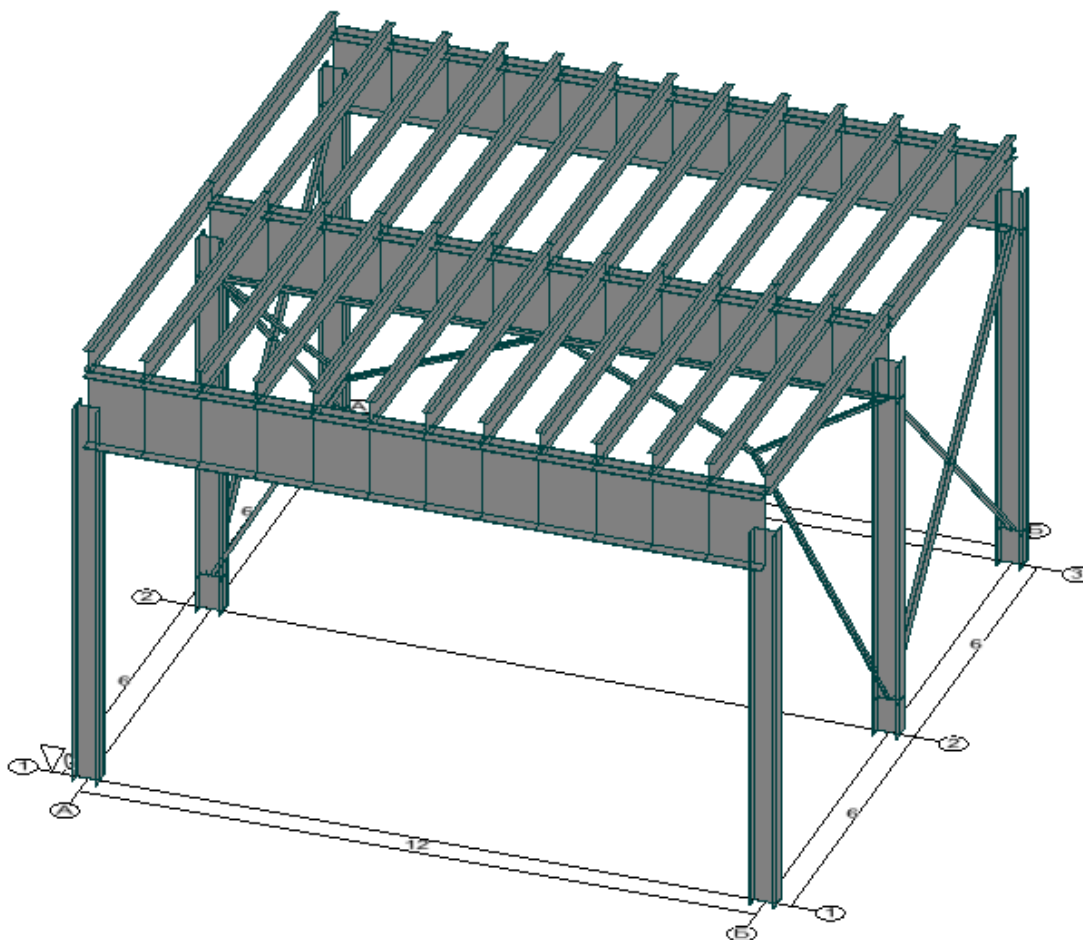


Рисунок 2.1 – Расчетная схема балочной клетки

После формирования расчетной модели переходим к формированию нагрузений.

2.2 Загрузка схемы

1. Собственный вес.

Добавляем нагрузку «Собственный вес», коэффициент надежности 1,05.

Нажмите вкладку «Загрузки», добавьте собственный вес, установите коэффициент надежности $\gamma = 1,05$.

Активируйте кнопку «Распределенные нагрузки» на инструментальной панели «Фильтры отображения».

Нажмите кнопку «Сохранить/добавить загрузку», задайте имя загрузки - «собственный вес», «вес металлических конструкций», установите коэффициент надежности $\gamma = 1,05$, ОК.

Приложенная нагрузка показана на рисунке 2.2.

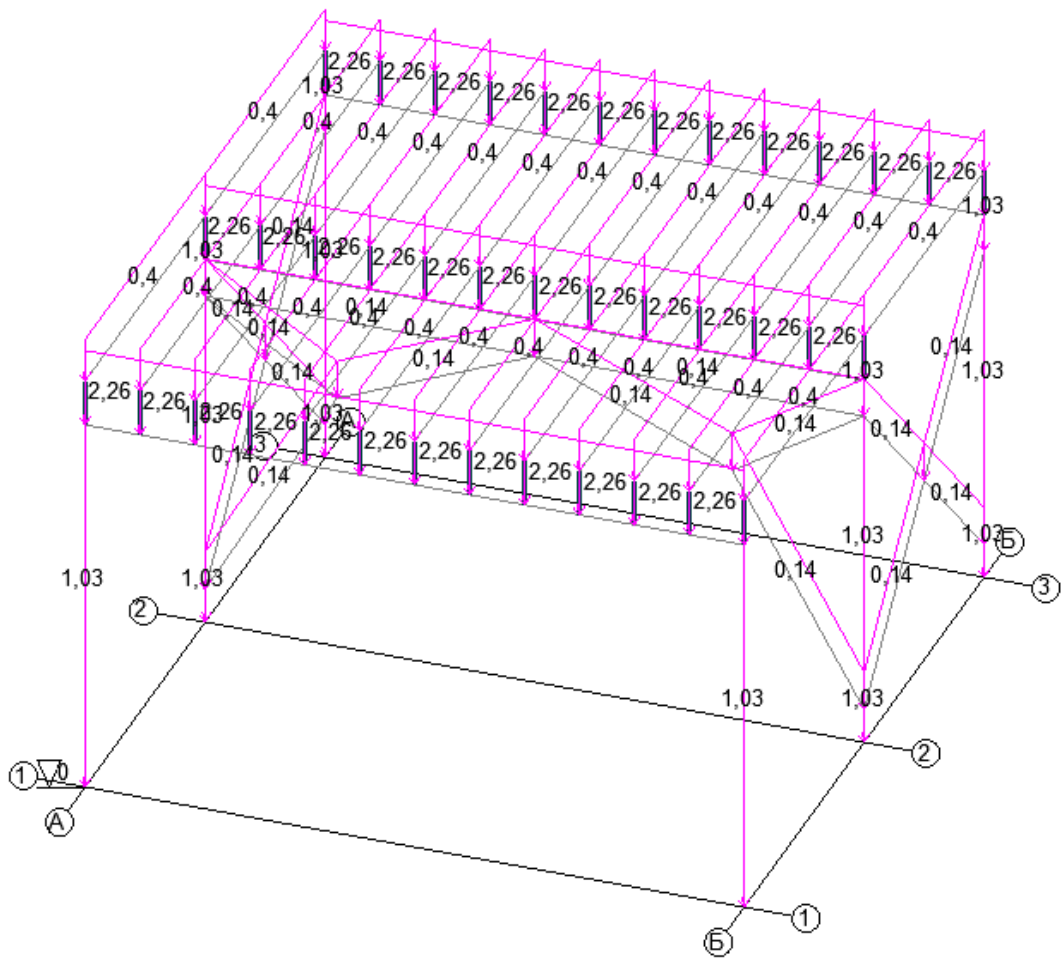


Рисунок 2.2 – Приложенная нагрузка – собственный вес

2. *Постоянная нагрузка.*

Интенсивность расчетной нагрузки для средней второстепенной балки составит:

$$28,83 \text{ кН/м}^2 \cdot 1 \text{ м} \cdot 1,05 = 30,27 \text{ кН/м.}$$

Для крайней второстепенной балки:

$$28,83 \text{ кН/м}^2 \cdot 0,5 \text{ м} \cdot 1,05 = 15,14 \text{ кН/м.}$$

«Нагрузки на стержни» => «Распределенная нагрузка по Z». Введите значение нагрузки, задайте нагрузку на соответствующие стержни.

Нажмите кнопку «Сохранить/добавить загрузение», задайте имя загрузения - «постоянная», тип загрузения – «постоянная», вид нагрузки - «вес металлических конструкций», установите коэффициент надежности $\gamma = 1,05$.

Приложенная нагрузка показана на рисунке 2.3.

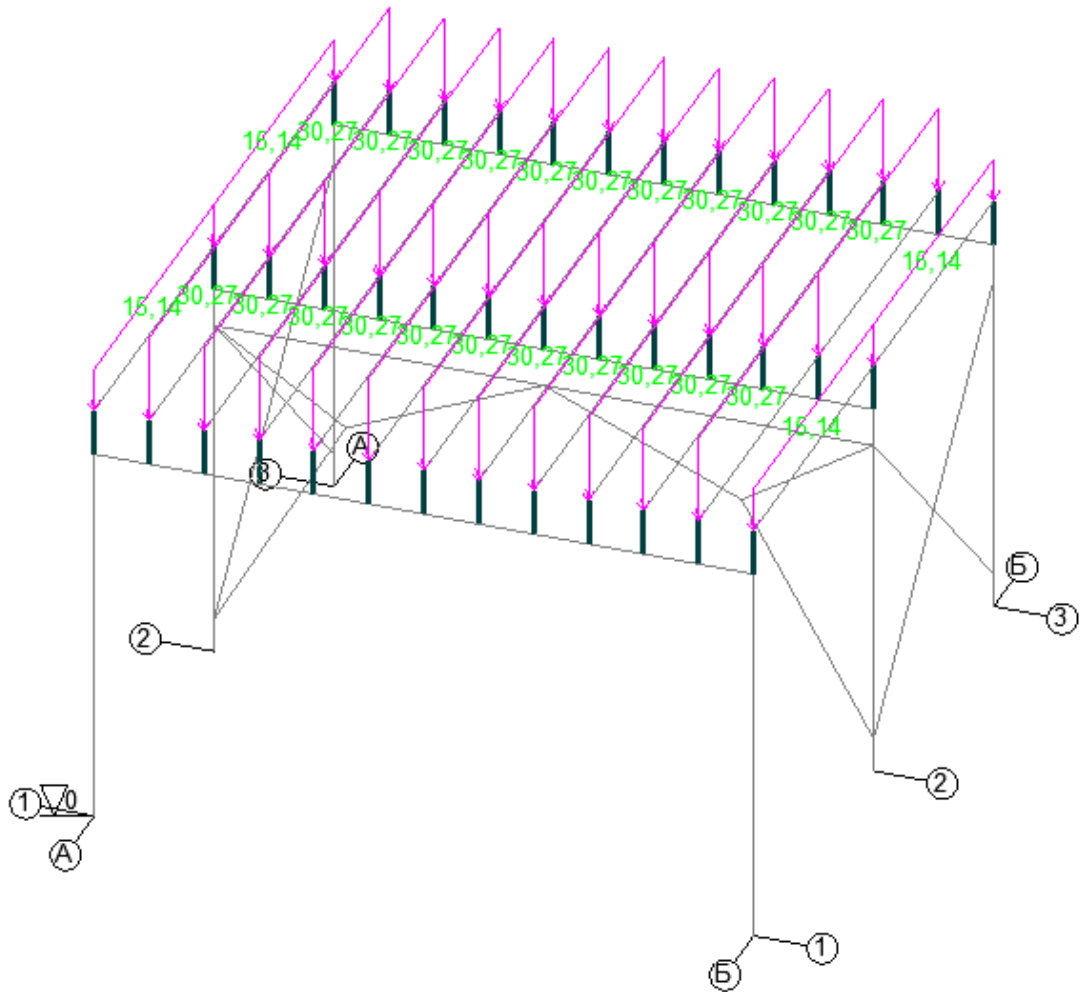


Рисунок 2.3 – Приложенная постоянная нагрузка на второстепенные балки

3. *Кратковременная нагрузка.*

Интенсивность расчетной кратковременной нагрузки для средней второстепенной балки составит:

$$q_{\text{расч.}} = 20 \text{ кН/м}^2 \cdot 1 \text{ м} \cdot 1,2 = 24 \text{ кН/м.}$$

Для крайней второстепенной балки:

$$q_{\text{расч.}} = 20 \text{ кН/м}^2 \cdot 0,5 \text{ м} \cdot 1,2 = 12 \text{ кН/м.}$$

«Нагрузки на стержни» => «Распределенная нагрузка по Z». Введите значение нагрузки, задайте нагрузку на соответствующие стержни.

Нажмите кнопку «Сохранить/добавить загрузжение», имя загрузжения «временная», тип загрузжения - «кратковременная», вид нагрузки - «вес людей и ремонтных материалов в зоне обслуживания», установите коэффициент надежности $\gamma = 1,2$. ОК.

Приложенная нагрузка показана на рисунке 2.4.

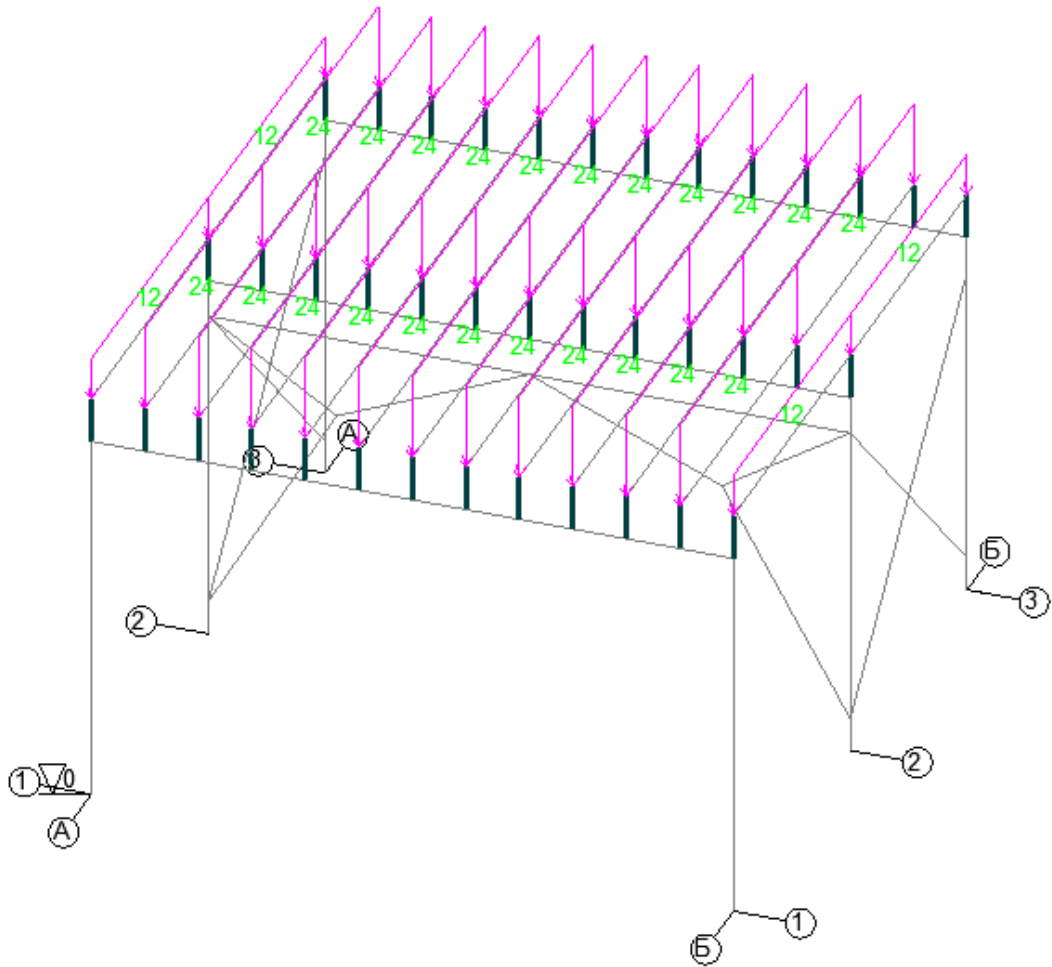


Рисунок 2.4 – Временная нагрузка на второстепенные балки

2.3 Выполнение линейного расчета

Задание расчетных сечений балок.

Чтобы выполнить конструирование изгибаемого элемента требуется вычисление усилий в трех и более сечениях. Назначаем количество сечений -5.

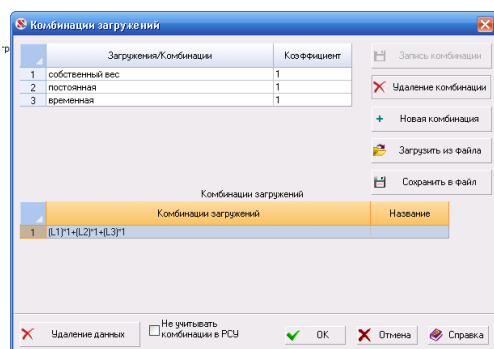
Выделите на схеме главные и второстепенные балки.

Вкладка «Меню» => «Назначения» => «Назначение дополнительных точек вычисления усилий/напряжений» => назначьте количество сечений – 5 => ОК.

Выполните «Экспресс контроль расчетной схемы» (вкладка «Управление»).

Если ошибки не обнаружены, выходите в «Дерево проекта» => «Специальные исходные данные» => «Комбинация загрузжений».

Создаём одну комбинацию: «Собственный вес» + «Постоянная нагрузка» + «Кратковременная нагрузка».



Выходите в «Дерево проекта» => «Специальные исходные данные» => «Расчетные сочетания усилий и перемещений». Выберите необходимые типы нагрузок, деактивируйте «Комбинацию загружений».

Выходите в «Дерево проекта». Задайте «Главные и эквивалентные напряжения», оставьте данные по

умолчанию.

Выполняем линейный расчет.

Проверьте правильность расчета, наличие возможных ошибок и предупреждений.

Протокол линейного расчета приведен ниже.

ПРОТОКОЛ ВЫПОЛНЕНИЯ РАСЧЕТА

17:45:54 Автоматическое определение числа потоков. Используется : 3

17:45:54 Вычисляются расчетные значения перемещений и усилий

17:45:54 Ввод исходных данных схемы

17:45:55 Подготовка данных многофронтального метода

17:45:55 Автоматический выбор метода оптимизации.

17:45:55 Использование оперативной памяти: 70 процентов

17:45:55 Высокопроизводительный режим факторизации

17:45:55 Упорядочение матрицы алгоритмом минимальной степени

17:45:55 Информация о расчетной схеме:

- шифр схемы БК
- порядок системы уравнений 324
- ширина ленты 312
- количество элементов 92
- количество узлов 58
- количество загружений 3
- плотность матрицы 100%

17:45:55 Необходимая для выполнения расчета дисковая память:

- матрица жесткости - 0.061 Mb
- динамика - 0.000 Mb
- перемещения - 0.008 Mb
- усилия - 0.040 Mb
- рабочие файлы - 0.017 Mb

всего - 0.148 Mb

17:45:55 На диске свободно 50644.580 Mb

17:45:55 Подготовка данных многофронтального метода

17:45:55 Разложение матрицы жесткости многофронтальным методом.

17:45:55 Накопление нагрузок.

Суммарные внешние нагрузки (T, T_m)

	X	Y	Z	UX	UY	UZ
1-	0	0	21.1114	0	0	0
2-	0	0	453.754	0	0	0
3-	0	0	572.313	0	0	0

17:45:55 **ВНИМАНИЕ:** Дана сумма внешних нагрузок
без учета приложенных непосредственно на связи

17:45:55 **ВНИМАНИЕ:** Учитывается нагрузка на жесткие вставки при задании
равномерно-распределенных нагрузок на стержневые элементы

17:45:56 Вычисление перемещений.

17:45:56 Работа внешних сил (Тм)

17:45:56 1 - 0.00442902

17:45:56 2 - 4.35787

17:45:56 3 - 6.93234

17:45:56 Сортировка перемещений

17:45:56 Вычисление усилий

17:45:56 Сортировка усилий и напряжений

17:45:56 Вычисление сочетаний нагружений.

17:45:56 Вычисление усилий при комбинации нагружений

17:45:56 Сортировка усилий и напряжений для комбинаций нагружений

17:45:57 Вычисление перемещений по комбинациям нагружений

17:45:57 Выбор расчетных сочетаний усилий по СП 20.13330.2011

17:45:57 В расчетных сочетаниях не учитываются загрузки: 2

17:45:57 В расчетных сочетаниях не учитываются комбинации нагружений: 1

17:45:58 Выбор расчетных сочетаний перемещений СП 20.13330.2011

17:45:58 В расчетных сочетаниях не учитываются загрузки: 2

17:45:58 В расчетных сочетаниях не учитываются комбинации нагружений: 1

17:45:58 Вычисление главных и эквивалентных напряжений

17:45:59 Вычисление главных и эквивалентных напряжений по комбинациям нагружений

17:45:59 **ЗАДАНИЕ ВЫПОЛНЕНО**
Затраченное время : 0:00:05 (1 min)

Расчет выполнен правильно, ошибки и предупреждения отсутствуют.

2.4 Анализ результатов расчета

Проанализируем эпюры усилий в элементах балочной клетки.

На рисунках 2.5 – 2.7 показаны эпюры усилий со значениями для балок перекрытия.

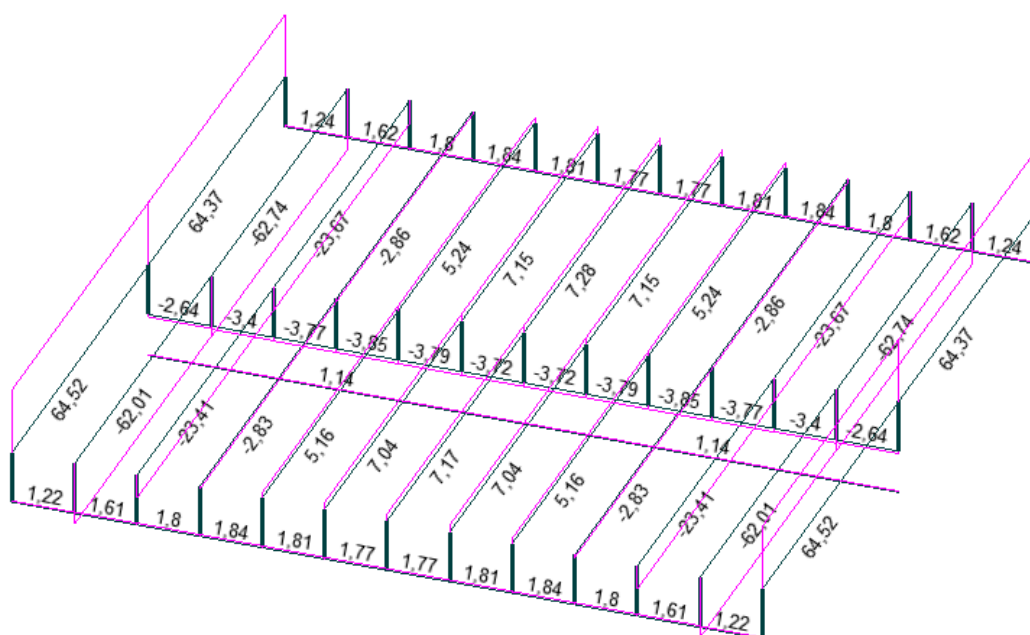


Рисунок 2.5 – Балки перекрытия. Эпюры усилий N.

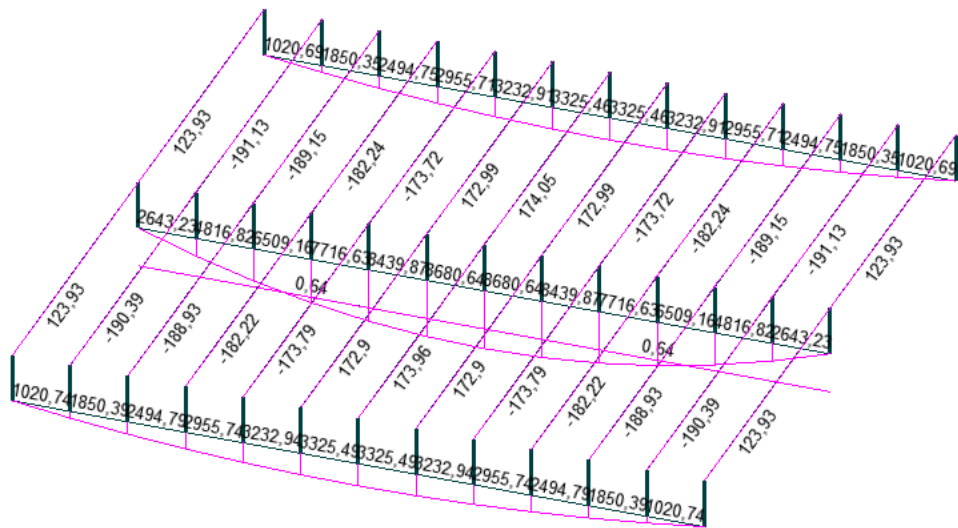


Рисунок 2.6 – Балки перекрытия. Эпюры усилий M_y .

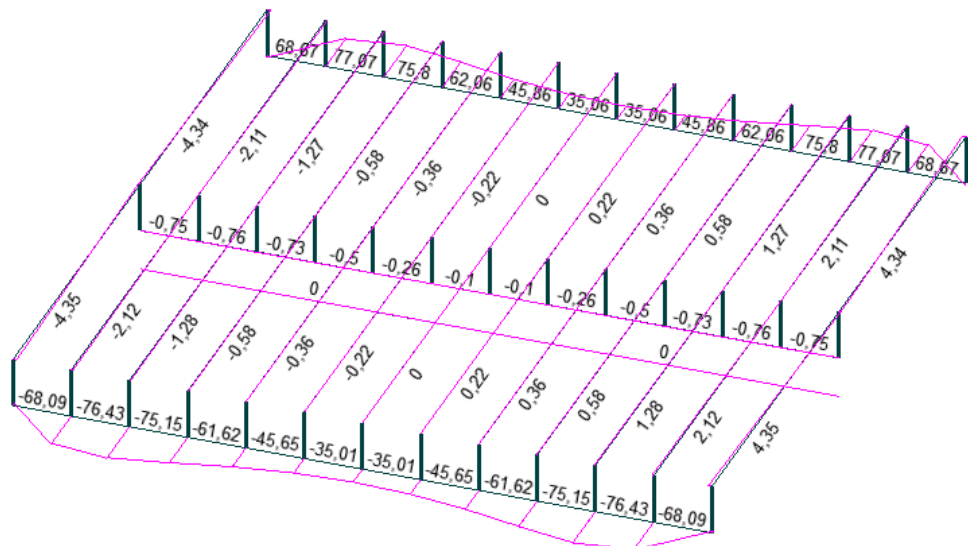


Рисунок 2.7 – Балки перекрытия. Эпюры усилий M_z .

На рисунках 2.8 – 2.10 показаны эпюры усилий со значениями для колонн.

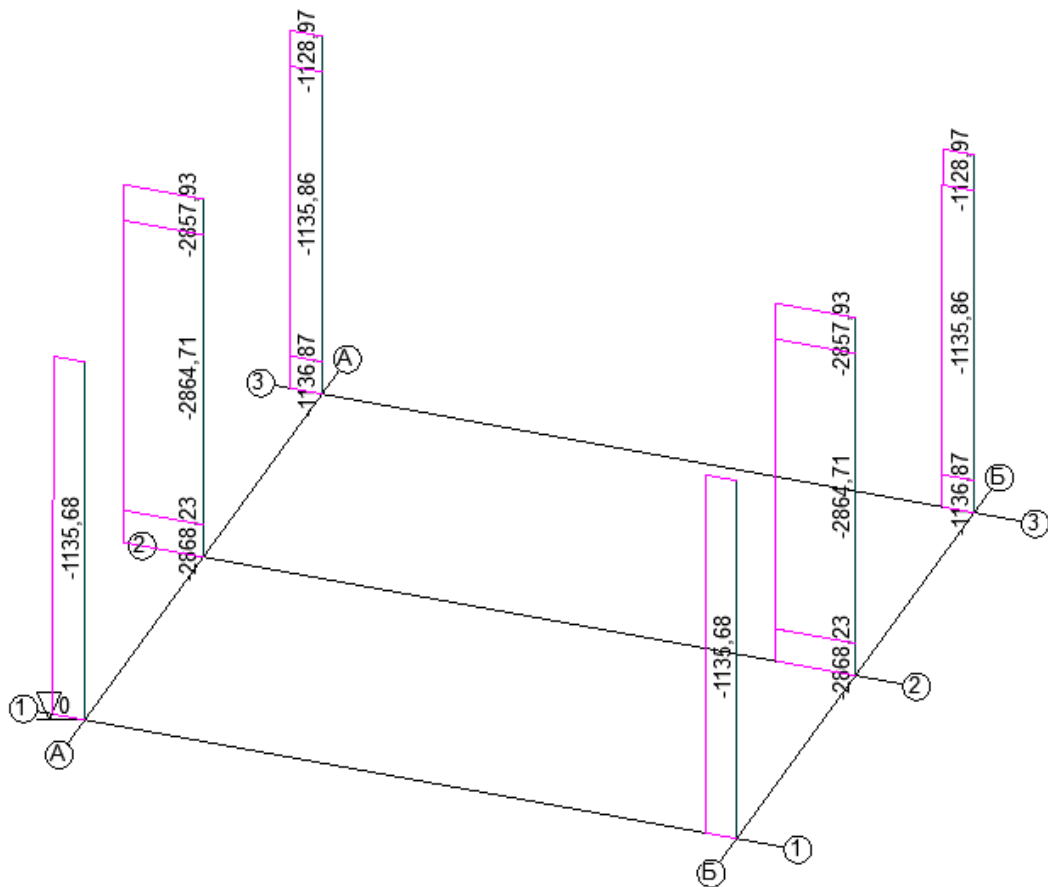


Рисунок 2.8 – Эпюры усилий N. Колонны.

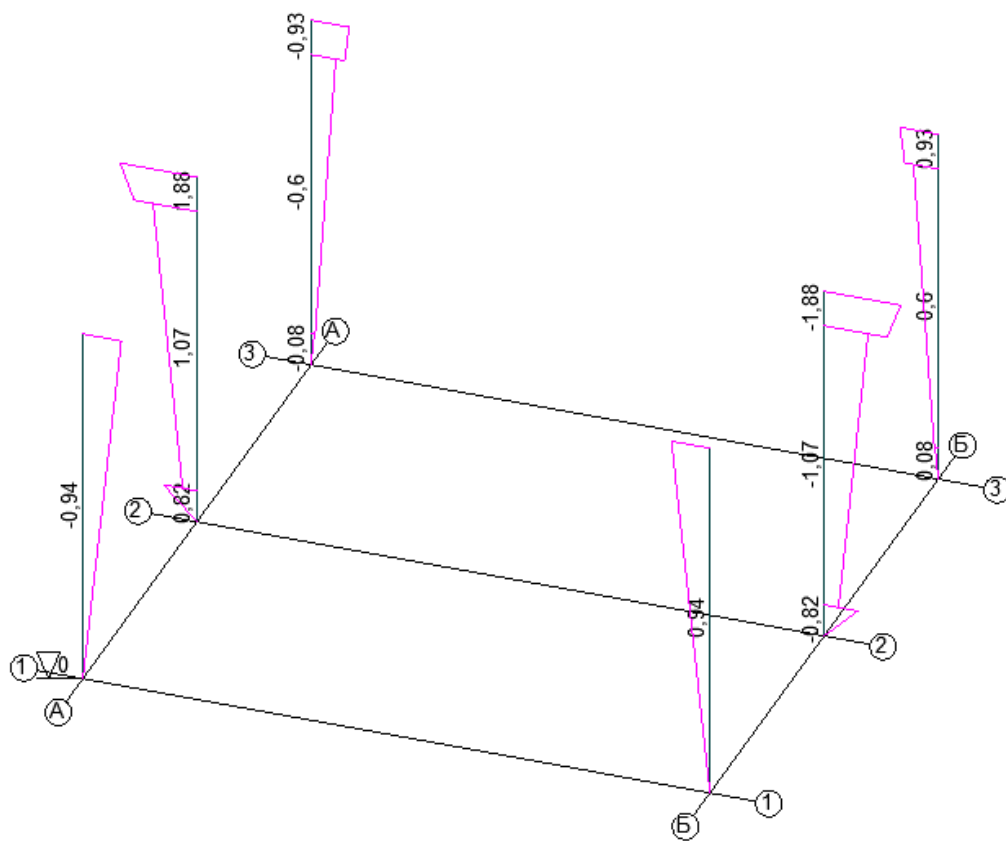


Рисунок 2.9 – Эпюры усилий M_y . Колонны

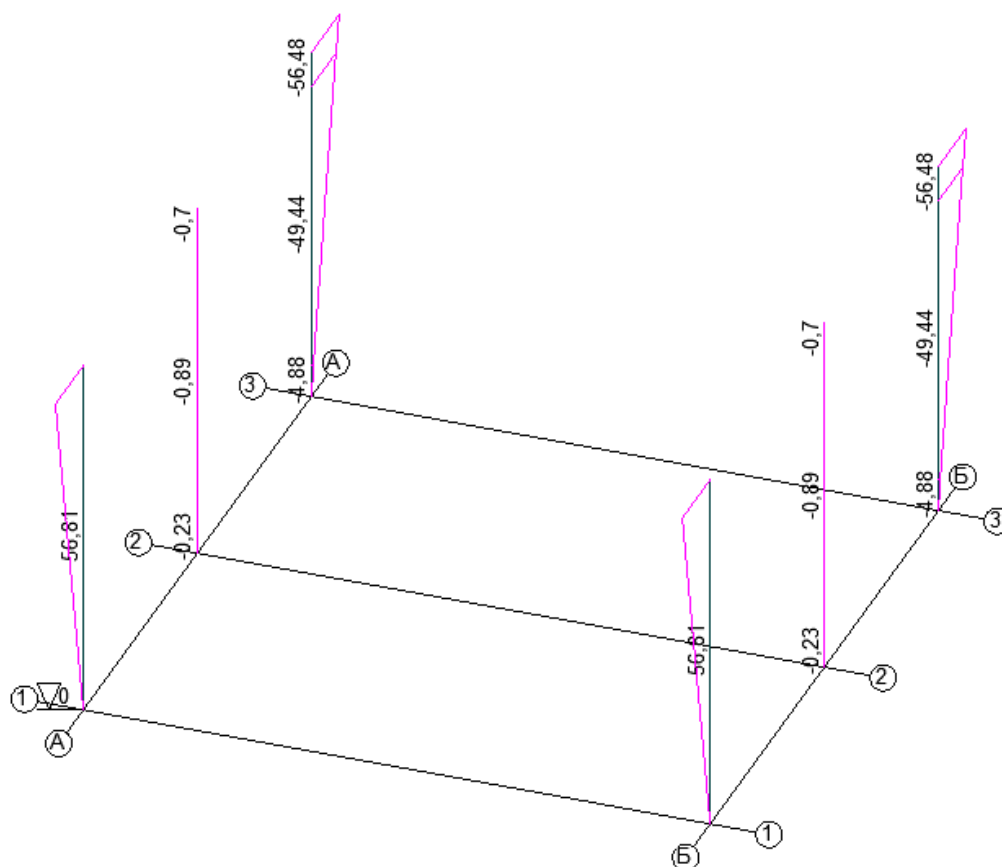



Рисунок 2.10 – Эпюры усилий M_z . Колонны.

2.5 Подбор сечений элементов балочной клетки

Производим проверку элементов балочной клетки по первой и второй группам предельных состояний.

а. Из дерева проекта зайдите во вкладку «Результаты» => «Графический анализ».

Зайдите во вкладку «Сталь» => выберите «Ввод данных»  => выберите «Установка параметров». В открывшемся диалоговом окне выберите «Марка стали» - С255. Остальное оставьте по умолчанию. Нажмите «ОК».

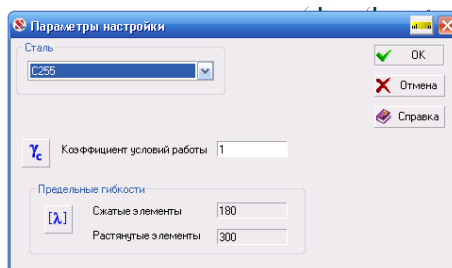


Рисунок 2.11 – Параметры настройки.

Предельные гибкости элементов определяем согласно (табл. 30,31[1]). Для колонны гибкость назначаем равной 180, для балок – 400.

б. Для расчета можно задавать как непосредственно отдельные конструктивные элементы, так и группы элементов с одинаковым профилем.

Нажмите во вкладке «Сталь» кнопку «Ввод данных» => «Назначение групп конструктивных элементов». В открывшемся окне необходимо ввести коэффициенты расчетной длины, предельную гибкость и коэффициент условий работы. Отметьте главные балки. ОК. Задайте имя группы, параметры группы (рисунок 1).

Коэффициенты расчетной длины устанавливаются в местной системе координат. Коэффициент в плоскости XoY (из плоскости балки) нужен для расчета устойчивости плоской формы изгиба, он определяется согласно [1] (п. 9.4.2). Для его расчета нужно разделить расстояние между точками закрепления из плоскости на длину конструктивного элемента.

Назначаем группу – главные балки. Введенные параметры показаны на рисунке 2.12.

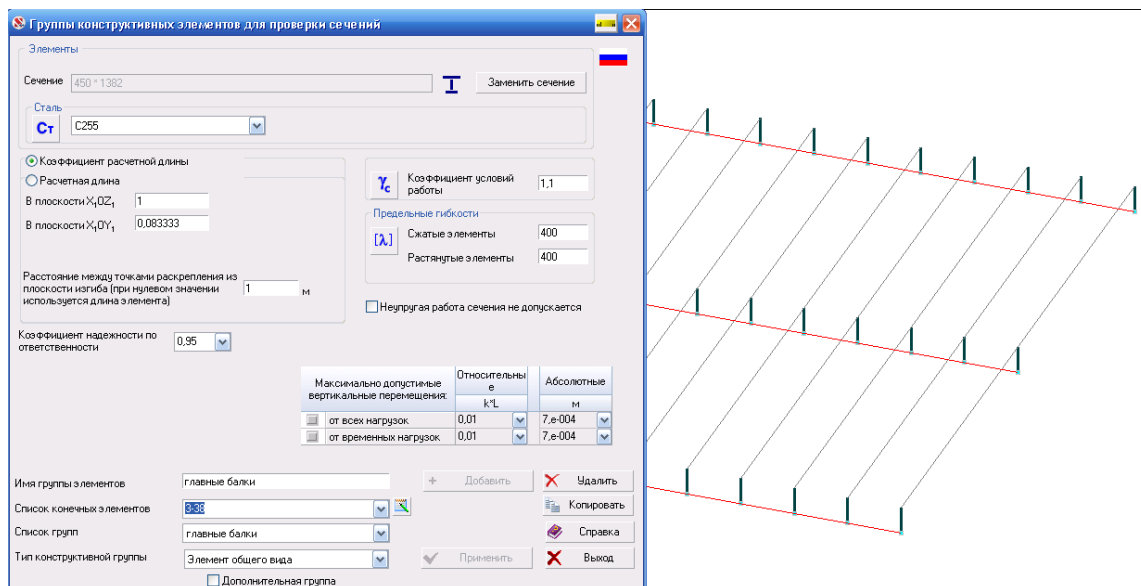


Рисунок 2.12 – Назначение группы – «Главные балки»

Нажмите кнопку «Добавить новую» => «Выход».

Аналогично назначаем группу «Второстепенные балки».

Коэффициент в плоскости XoZ будет равен 1, коэффициент в плоскости XoY будет равен 0 (вводим значение 0.01), т.к. балки по всей длине закреплены настилом. Введенные параметры показаны на рисунке 2.13.

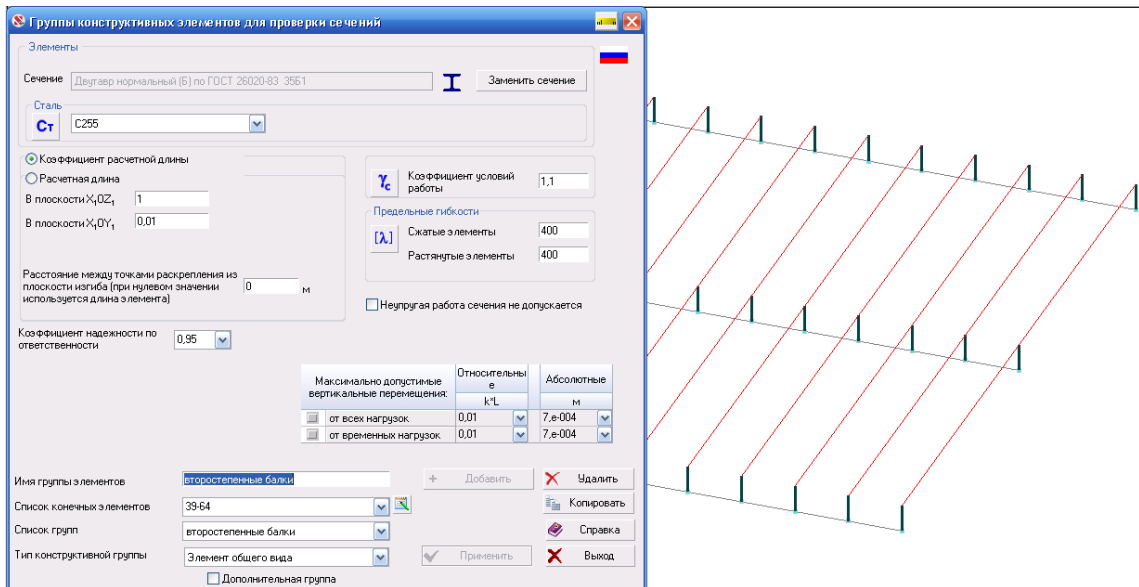


Рисунок 2.13 – Назначение группы – «Второстепенные балки»

Назначаем группу «Колонны». Введенные параметры показаны на рисунке 2.14.

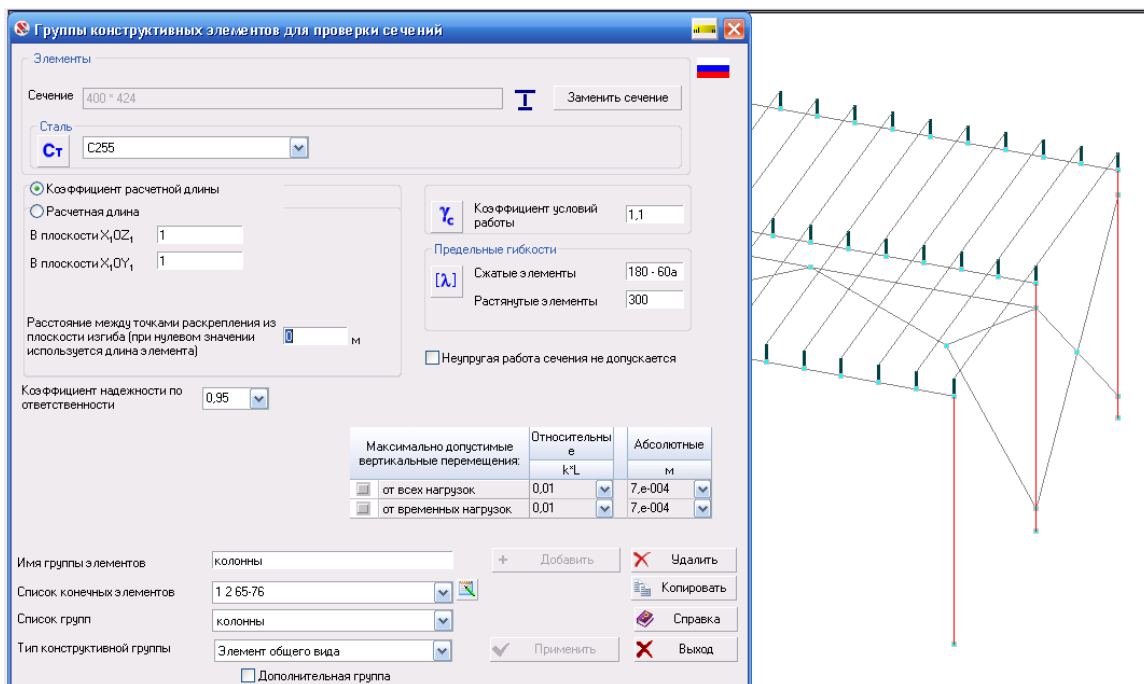


Рисунок 2.14 – Назначение группы – «Колонны».

Поскольку сечение связей было задано из условия обеспечения требований по предельной гибкости, подбор сечения связей по колоннам не проводим.

с. Зайдите во вкладку «Сталь» => выберите «Результаты по стали» => Выполните расчет (кнопка «Расчет»)

d. Нажмите во вкладке «Результаты по стали» кнопку «Отображение результатов проверки на схеме». На схеме отображаются цветковые результаты расчета.

Зеленым цветом показаны элементы, которые удовлетворяют всем проверкам, красным – которые «не проходят». Нажав «Оцифровка изополей/изолиний» можно увидеть коэффициенты использования сечений.

Если выбрать конструктивный элемент и нажать «Выборочная визуализация результатов» можно увидеть диаграмму факторов по каждой из проверок.

Цветовые результаты расчета назначенных сечений элементов балочной клетки представлены на рисунке 2.15.

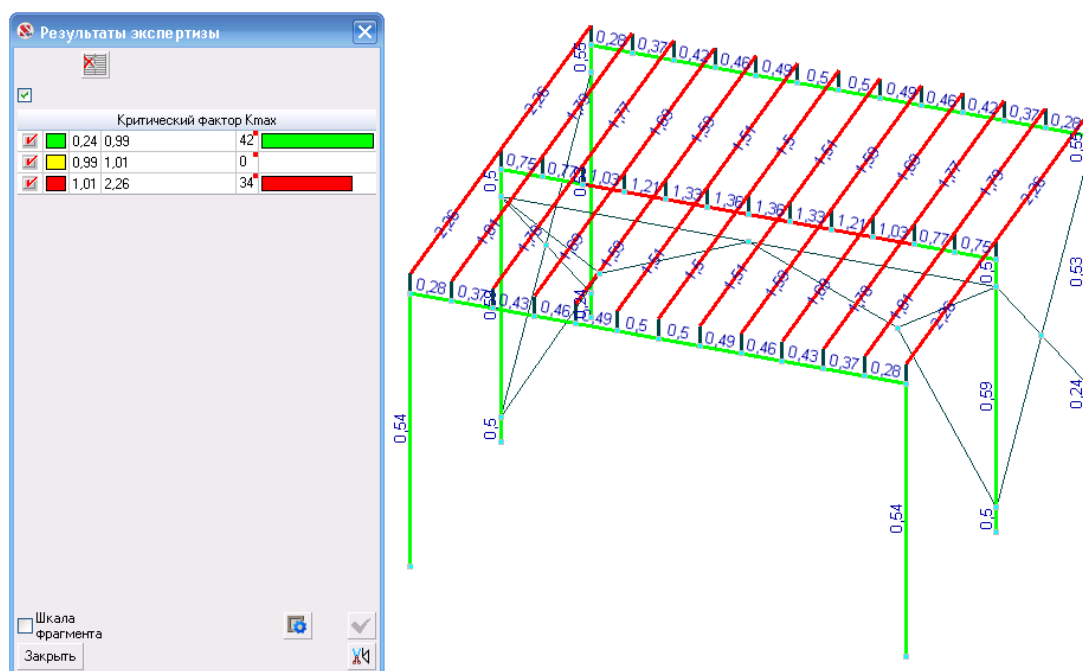


Рисунок 2.15 – Визуализация результатов экспертизы на схеме.

Можно сделать вывод, что второстепенные балки и главная средняя балка не соответствуют требованиям расчета по первому предельному состоянию.

Необходимо выполнить подбор сечений элементов балочной клетки.

e. Проводим «Подбор сечений», нажимая на соответствующую кнопку.

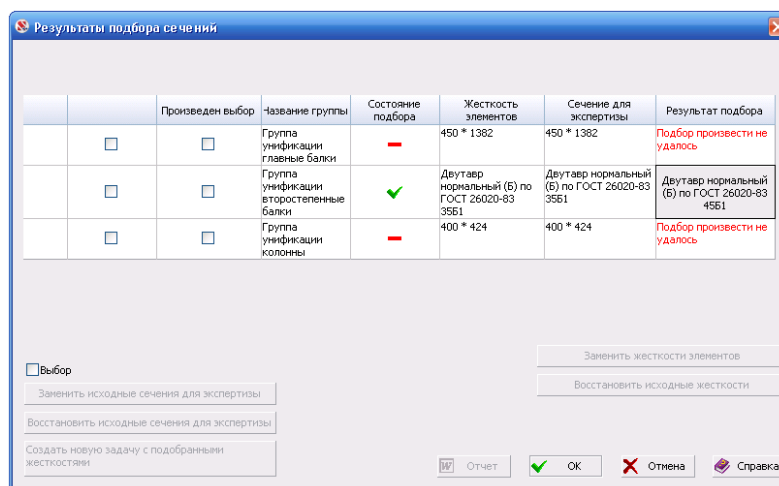


Рисунок 2.16 - Подбор сечений

Подбор сечений в программе для составных элементов невозможен. Поэтому подбор сечений главных балок и колонн будем производить, меняя размеры элементов начальной расчетной модели.

Нажмите точку «Выбор» => «Заменить жесткости элементов» => ОК.

Производите расчет.

Для замены жесткостей составных элементов выйдите в «Дерево проекта», в расчетной схеме измените жесткости элементов и запустите расчет заново.

Потом снова запустите расчет и делайте это до тех пор, пока подобранные сечения не перестанут меняться (процесс итераций сошелся).

Слишком большой запас прочности также не допустим. Надо стремиться к тому, чтобы коэффициент использования был равен 0,8-0,9.

После подбора сечений выводим в отчет визуализацию результатов на схеме с указанными критическими факторами.

В результате подбора сечений элементов балочной клетки была произведена экспертиза, критический фактор не превышает значение 1.

Визуализация результатов экспертизы на схеме показана на рисунке 2.17.

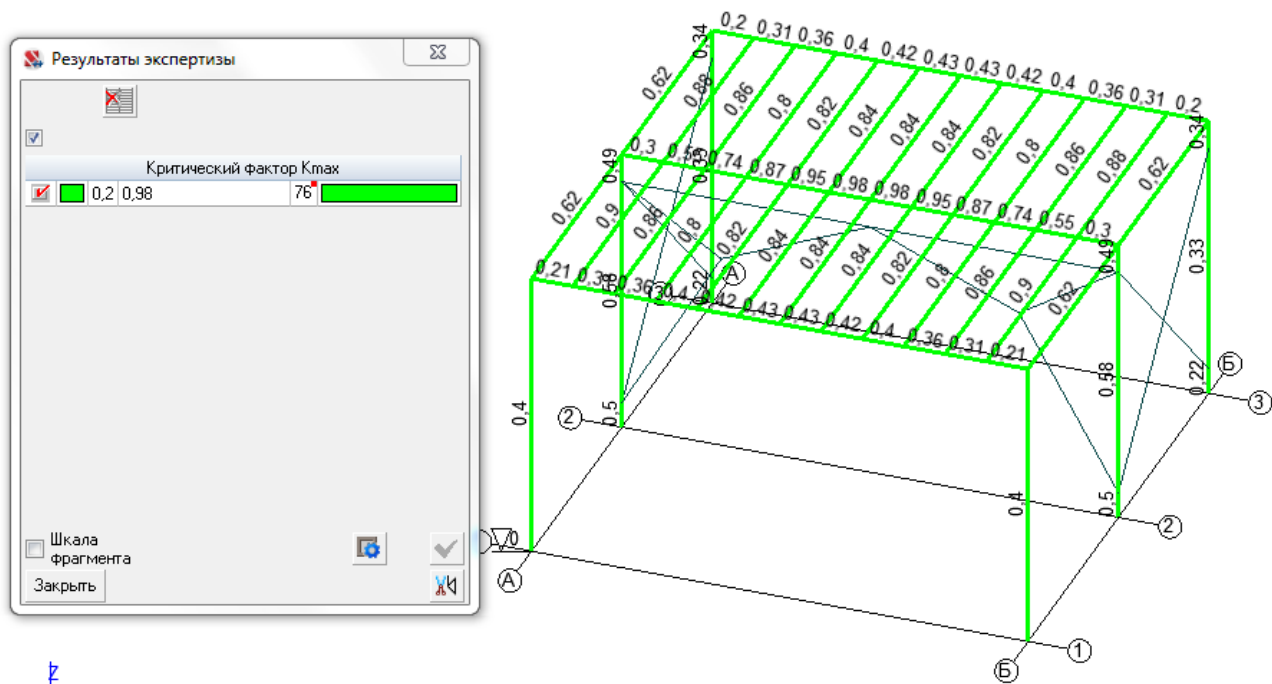


Рисунок 2.17 - Визуализация результатов экспертизы на схеме

2.6 Вывод результатов расчета, составление отчета

В результате расчета и произведенного подбора сечений были подобраны сечения элементов балочной клетки. Их жесткостные характеристики приведены в таблице, выведенное в разделе «Документирование».

Жесткости

Единицы измерения: м, мм, кН

Толщина пластин представлена в единицах измерения линейных размеров.

Жесткости		
Тип	Жесткость	Значение
КОЛОННЫ	Жесткость стержневых элементов (параметрическое описание) вычисл. жесткостн. характ.: $EF=2636928.317$ $EIY=92739.0155$ $EIZ=26372.8024$ $GKR=40.2389491$ $GFY=454248.734$ $GFZ=811362.581$ размеры ядра сечения: $y1=.050006$ $y2=.050006$ $z1=0.16589$ $z2=0.16589$ модуль упругости: $E=206010000$ коэффициент Пуассона: $\nu=0.3$ плотность: $\rho=77.008499$ двутавр: $b=8$ $h=424$ $b1=400$ $h1=12$ $b2=400$ $h2=12$.	

Жесткости		
Тип	Жесткость	Значение
ГЛАВНЫЕ БАЛКИ	<p>Жесткость стержневых элементов (параметрическое описание) вычисл. жесткостн. характ. : $EF=5747679.596$ $EIY=1806308.66$ $EIZ=50083.6157$ $GKR=127.411227$ $GFY=1371543.28$ $GFZ=1768516.78$ размеры ядра сечения : $y1=.038727$ $y2=.038727$ $z1=0.4548$ $z2=0.4548$ модуль упругости : $E=206010000$ коэффициент Пуассона : $\nu=0.3$ плотность : $\rho=77.008499$ двутавр: $b=10.$ $h=1382.$ $b1=450.$ $h1=16.$ $b2=450.$ $h2=16.$</p>	
ВТОРОСТЕПЕННЫЕ БАЛКИ	<p>Жесткость стержневых элементов (сортамент) вычисл. жесткостн. характ. : $EF=1020367.56$ $EIY=20724.608$ $EIZ=1091.02903$ $GKR=7.06958439$ $GFY=234088.118$ $GFZ=313959.253$ размеры ядра сечения : $y1=.013796$ $y2=.013796$ $z1=0.1174$ $z2=0.1174$ модуль упругости : $E=206010016$ коэффициент Пуассона : $\nu=0.3$ плотность : $\rho=77.008499$ СОСТАМЕНТ : файл "RUSSIAN" шифр - "p_norm_b", номер строки 17 имя : "Полный каталог профилей ГОСТ.." раздел : "Двутавр нормальный (Б) по ГОСТ 26020-83 " профиль : "35Б1"</p>	
СВЯЗИ	<p>Жесткость стержневых элементов (составное из сортамента) вычисл. жесткостн. характ. : $EF=361753.5846$ $EIY=191.877727$ $EIZ=410.79649$ $GKR=1.62520995$ $GFY=71311.1621$ $GFZ=71311.1621$ размеры ядра сечения : $y1=.014374$ $y2=.014374$ $z1=.025748$ $z2=.00975$ модуль упругости : $E=206010016$ коэффициент Пуассона : $\nu=0.3$ плотность : $\rho=77.008499$ СОСТАМЕНТ : файл "RUSSIAN" шифр - "se_equal", номер строки 1 имя : "Полный каталог профилей ГОСТ.." раздел : "Уголок равнополочный по ГОСТ 8509-93" профиль : "L75x6"соединение уголков длинными полками 8</p>	

Из дерева проекта зайдите в «Графический анализ» => Деформации => отображение деформированной схемы => вывод значений перемещений в узлах. Определяем перемещение нижнего центрального узла главных балок, второстепенных балок, сравниваем их значения с предельно допустимым.

На рисунках 2.18, 2.19 показана деформированная схема и значения перемещений в узлах стержневой модели.

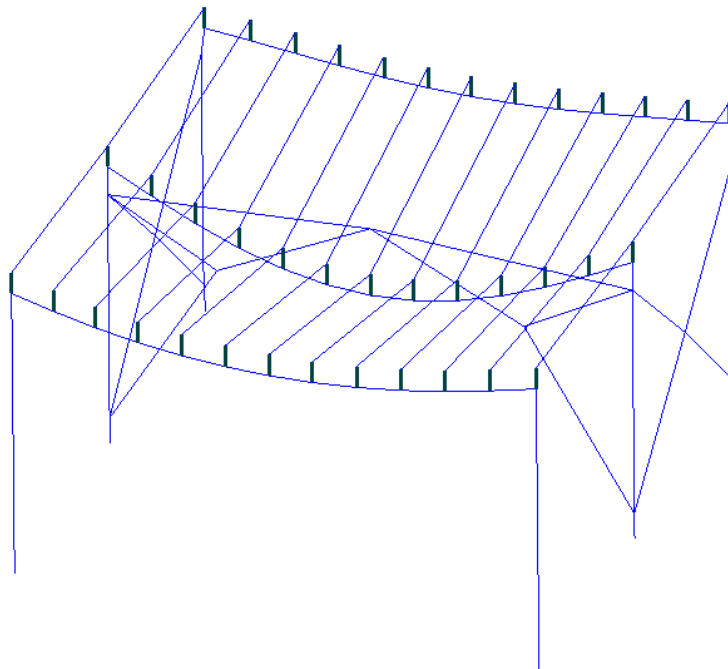
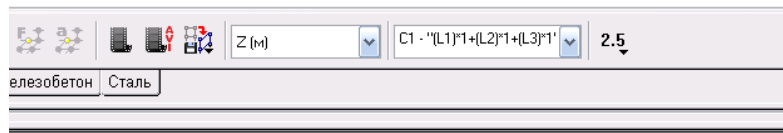


Рисунок 2.18 - Деформированная схема.

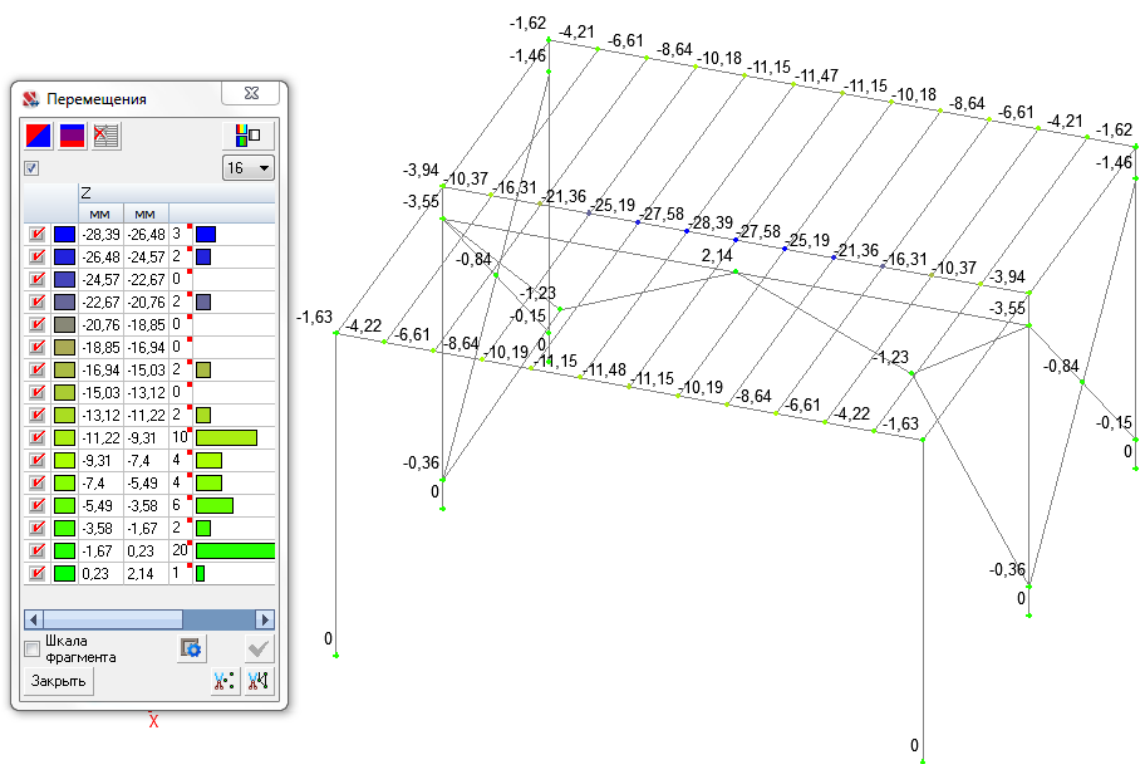


Рисунок 2.19 - Значение перемещений по оси Z.

Согласно [2], предельно допустимое значение прогиба для балки пролетом 12 м составит $12000/250 = 48$ мм. Максимальное перемещение узлов главной балки составило 28,39 мм, что меньше предельно допустимого значения.

Таким образом, элементы балочной клетки рассчитаны в составе пространственной расчетной модели по двум предельным состояниям. Подобраны жесткостные характеристики элементов балочной клетки.

Библиографический список

1. СП 53-102-2004 Общие правила проектирования стальных конструкций. – М.: ГУП ЦПП, 2005
2. СП 20.13330.2016 «СНиП 2.01.07-85*» Нагрузки и воздействия. С изменениями №1, 2, 3, 4. – М.: ГУП ЦПП, 2016.
3. Металлические конструкции. Расчет элементов и соединений с использованием программного комплекса SCAD OFFICE: учебное пособие / А.А. Семенов [и др.]; под ред. А.А. Семенова – М.: СКАД СОФТ, 2012. – 338 с.
4. Вычислительный комплекс SCAD / В.С. Карпиловский [и др.] – М.: СКАД СОФТ, 2009. – 656 с.
5. СП 16.13330-2017 Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-23-81* С изменениями №1, 2, 3, 4, 5. – М.: ФГБУ «РСТ», 2023.

Приложение А. Исходные данные для выполнения курсового проекта

Таблица 1 – Исходные данные для выполнения курсовой работы, 1 часть

Пред- после д- ня цифра шифр а	Последняя цифра шифра									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
	Нормативная нагрузка: постоянная/кратковременная, т/м ²									
	1,7/0,2	1,0/0,15	1,1/0,2	1,2/0,2	1,3/0,1	1,5/0,2	1,4/0,2	1,1/0,16	1,4/0,23	1,6/0,22
				1	5		2			
Главные балки: пояса / стенка, мм										
1	440x14 1320x8	460x16 1360x8	460x16 1400x1 0	420x12 1300x8	460x16 1400x10	420x12 1300x8	350x12 1250x8	450x16 1380x1 0	350x12 1380x1 0	450x16 1400x10
2	460x16 1360x8	400x14 1300x8	420x12 1300x8	450x16 1400x1 0	420x12 1300x8	450x16 1400x1 0	450x16 1380x1 0	420x14 1300x8	450x16 1380x1 0	350x12 1250x8
3	400x14 1300x8	460x16 1400x1 0	450x16 1400x1 0	350x12 1380x1 0	450x16 1400x10	350x12 1380x1 0	440x14 1320x8	460x16 1360x8	420x14 1300x8	450x16 1380x10
4	460x16 1400x10	420x12 1300x8	350x12 1250x8	450x16 1380x1 0	350x12 1250x8	450x16 1380x1 0	460x16 1360x8	400x14 1300x8	460x16 1360x8	420x14 1300x8
5	420x12 1300x8	450x16 1400x1 0	450x16 1380x1 0	420x14 1300x8	450x16 1380x10	420x14 1300x8	400x14 1300x8	460x16 1400x1 0	400x14 1300x8	440x14 1320x8
6	450x16 1400x10	350x12 1380x1 0	440x14 1320x8	460x16 1360x8	420x14 1300x8	440x14 1320x8	450x16 1400x1 0	350x12 1380x1 0	460x16 1360x8	460x16 400x10
7	350x12 1250x8	450x16 1380x1 0	460x16 1360x8	400x14 1300x8	440x14 1320x8	420x12 1300x8	350x12 1250x8	450x16 1380x1 0	400x14 1300x8	420x12 1300x8
8	450x16 1380x10	420x14 1300x8	400x14 1300x8	460x16 1400x1 0	440x14 1320x8	460x16 1360x8	460x16 1400x1 0	420x12 1300x8	460x16 1400x1 0	450x16 400x10
9	420x14 1300x8	440x14 1320x8	450x16 1400x1 0	350x12 1380x1 0	460x16 1360x8	400x14 1300x8	420x12 1300x8	450x16 1400x1 0	420x12 1300x8	350x12 1250x8
0	440x14 1320x8	420x12 1300x8	350x12 1250x8	450x16 1380x1 0	400x14 1300x8	460x16 1400x1 0	450x16 1400x1 0	350x12 1380x1 0	450x16 1400x1 0	450x16 380x10

Таблица 2 – Исходные данные для выполнения курсовой работы, 2 часть

Пред- послед- няя цифра шифра	Последняя цифра шифра									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
	Балки настила									
	30Б1	35Б1	26Б2	26Б1	23Б1	30Б1	35Б1	26Б2	26Б1	23Б1
	Колонны пояса / стенка, мм									
1	380x12 380x8	360x12 360x8	400x12 400x8	300x12 /300x8	370x12 400x8	360x12 380x8	400x12 380x8	360x12 400x8	380x12 400x8	360x12 380x8
2	360x12 380x8	400x12 380x8	360x12 400x8	380x12 400x8	360x12 380x8	380x12 380x8	360x12 360x8	400x12 400x8	300x12 /300x8	370x12 400x8
3	400x12 400x8	300x12 /300x8	370x12 400x8	360x12 380x8	400x12 380x8	360x12 380x8	400x12 380x8	360x12 360x8	400x12 400x8	300x12 /300x8
4	370x12 400x8	360x12 380x8	400x12 380x8	360x12 400x8	380x12 400x8	400x12 380x8	360x12 400x8	380x12 400x8	360x12 380x8	360x12 380x8
5	360x12 380x8	380x12 380x8	360x12 360x8	400x12 400x8	300x12 /300x8	360x12 380x8	400x12 380x8	360x12 400x8	300x12 /300x8	370x12 400x8
6	360x12 380x8	400x12 380x8	360x12 400x8	380x12 400x8	360x12 380x8	380x12 380x8	360x12 360x8	400x12 400x8	300x12 /300x8	370x12 400x8
7	370x12 400x8	360x12 380x8	400x12 380x8	360x12 400x8	380x12 400x8	400x12 380x8	360x12 400x8	380x12 400x8	360x12 380x8	360x12 380x8
8	380x12 380x8	360x12 360x8	400x12 400x8	300x12 /300x8	370x12 400x8	360x12 380x8	400x12 380x8	360x12 400x8	380x12 400x8	360x12 380x8
9	370x12 400x8	360x12 380x8	400x12 380x8	360x12 400x8	380x12 400x8	400x12 380x8	360x12 400x8	380x12 400x8	360x12 380x8	360x12 380x8
0	400x12 400x8	300x12 /300x8	370x12 400x8	360x12 380x8	400x12 380x8	360x12 380x8	400x12 380x8	360x12 360x8	400x12 400x8	300x12 /300x8

Таблица 3 – Исходные данные для выполнения курсовой работы, 3 часть

Пред- послед- няя цифра шифра	Последняя цифра шифра									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
	Шаг колонн в направлении оси X* / Высота колонны									
	12 м / 7 м	13 м / 7,2 м	12 м / 7,3 м	13 м / 7,4 м	12 м / 7,5 м	13 м / 7,1 м	12 м / 7,0 м	13 м / 7,3 м	12 м / 7,1 м	13 м / 7,5 м
	Шаг колонн в направлении оси Y / Количество пролетов									
1	6/2	6/3	6/4	6/2	6/3	6/4	6/2	6/3	6/4	6/3
2	6,1/2	6,1/3	6,1/4	6,1/3	6,1/2	6,1/4	6,1/2	6,1/3	6,1/4	6,1/3
3	6,2/2	6,2/3	6,2/4	6,2/2	6,2/3	6,2/4	6,2/2	6,2/3	6,2/4	6,2/3
4	6,3/2	6,3/3	6,3/4	6,3/2	6,3/3	6,3/4	6,3/2	6,3/3	6,3/3	6,3/4
5	6,4/2	6,4/3	6,4/4	6,4/2	6,4/3	6,4/4	6,4/2	6,4/3	6,4/4	6,4/3
6	6,5/2	6,5/3	6,5/4	6,5/2	6,5/3	6,5/4	6,5/2	6,5/3	6,5/4	6,5/3
7	6,2/2	6,2/3	6,2/4	6,2/2	6,2/3	6,2/4	6,2/2	6,2/3	6,2/4	6,2/3
8	6,4/2	6,4/3	6,4/4	6,4/2	6,4/3	6,4/4	6,4/2	6,4/3	6,4/4	6,4/3
9	6,3/2	6,3/3	6,3/4	6,3/2	6,3/3	6,5/2	6,5/3	6,5/4	6,5/2	6,5/3
0	6,4/3	6,4/4	6,4/2	6,4/3	6,4/4	6,1/4	6,1/3	6,1/2	6,1/4	6,1/2

*- количество пролетов в направлении оси X =1

Приложение Б. Образцы оформления титульных страниц

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Рязанский институт (филиал)
федерального государственного автономного образовательного учреждения
высшего образования
«Московский политехнический университет»

Кафедра «Промышленное и гражданское строительство»

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К КУРСОВОМУ ПРОЕКТУ
Расчет балочной клетки в ПК «SCAD 21.1»

по дисциплине:

«Системы автоматизированного проектирования (САПР)»

Выполнил: студент
группы ~~080401~~
специальность 08.04.01
шифр ~~080401~~
Иванов А.Г.
Проверил:
Каретникова С.В.

Рязань 2023

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
Рязанский институт (филиал)
федерального государственного автономного образовательного учреждения
высшего образования
«Московский политехнический университет»

Кафедра «Промышленное и гражданское строительство»

КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

Расчет балочной клетки в ПК «SCAD 21.1»

по дисциплине:

«Системы автоматизированного проектирования (САПР)»

Выполнил: студент
группы XXXXXX
специальность 08.04.01
шифр XXXXXX
Иванов А.Г.]
Проверил:
Каретникова С.В.

Рязань 2023

Приложение В. Образцы оформления документации

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Рязанский институт (филиал)
федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования
«Московский политехнический университет»

ЗАДАНИЕ
на курсовой проект
«Расчет балочной клетки в ПК «SCAD 21.1»
по дисциплине
«Системы автоматизированного проектирования (САПР)
в строительстве»

Магистранта _____

специальность _____ группа _____ шифр _____

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

НОРМАТИВНАЯ НАГРУЗКА НА ПЕРЕКРЫТИЕ		ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ РАЗМЕРЫ ГЛАВНОЙ БАЛКИ		ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ РАЗМЕРЫ КОЛОННЫ		ВТОРОСТЕПЕННАЯ БАЛКА, ДВУТАВР ПО ГОСТ 26020-83	ВЫСОТА КОЛОННЫ
постоянная	временная	полос	стенка	полос	стенка		

ШАГ КОЛОНН В НАПРАВЛЕНИИ ОСИ X	КОЛИЧЕСТВО ПРОЛЕТОВ В НАПРАВЛЕНИИ ОСИ X	ШАГ КОЛОНН В НАПРАВЛЕНИИ ОСИ Y	КОЛИЧЕСТВО ПРОЛЕТОВ В НАПРАВЛЕНИИ ОСИ Y

СОДЕРЖАНИЕ

Выполнить статический расчет балочной клетки в программе «SCAD 21.1» в соответствии с действующими строительными нормами и правилами.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ

1. Выполняется формирование расчетной схемы в программе «SCAD 21.1».
2. Выполняется сбор нагрузки.
3. Составляются комбинации загружений и РСУ, задаются параметры подбора жесткостей элементов балочной клетки
4. Выполняется статический расчет здания в программе «SCAD 21.1».
5. Выполняется анализ НДС, проверка ограничений по деформациям
6. Выполняется анализ внутренних усилий.
7. Данные расчета оформляются в графической части проекта.

Пояснительная записка выполняется на белой писчей бумаге формата А-4 со всеми необходимыми схемами, расчетами, таблицами. Чертежи выполняются на двух листах стандартного формата А-3.

ЛИТЕРАТУРА

1. Расчет балочной клетки в ПК «SCAD 21.1»: методические указания по выполнению курсового проекта по дисциплине «Системы автоматизированного проектирования (САПР) в строительстве» / С.В. Каретникова – Рязань: Рязанский институт (филиал) Московского политехнического университета, 2023. – 36 с.
2. СП 20.13330.2016 «СНиП 2.01.07-85*» Нагрузки и воздействия. С изменениями №1, 2, 3, 4. – М.: ГУП ЦПП, 2016.
3. Металлические конструкции. Расчет элементов и соединений с использованием программного комплекса SCAD OFFICE: учебное пособие / А.А. Семенов [и др.]; под ред. А.А. Семенова – М.: СКАД СОФТ, 2012. – 338 с.
4. Вычислительный комплекс SCAD / В.С. Кардиловский [и др.] – М.: СКАД СОФТ, 2009. – 656 с.
5. СП 16.13330-2017 Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-23-81* С изменениями №1, 2, 3, 4, 5. – М.: ФГБУ «РСТ», 2023.

Дата выдачи _____ Срок сдачи _____

Руководитель проекта, старший преподаватель кафедры ПГС _____ Каретникова С.В.

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
Рязанский институт (филиал)
федерального государственного автономного образовательного
учреждения высшего образования
«Московский политехнический университет»
Кафедра промышленного и гражданского строительства

**РЕЦЕНЗИЯ
на курсовой проект**

магистранта _____ группы _____
специальности _____

Ф.И.О. студента _____

выполненную по дисциплине «Системы автоматизированного
проектирования (САПР) в строительстве»
на тему: «Расчет балочной клетки в ПК «SCAD 21.1»

1. Соответствие содержания курсового проекта заданию (да, нет) _____;
2. Оформление иллюстраций, таблиц
соответствует требованиям _____ (да, нет);
3. Замечания по расчетной части работы

4. Замечания по графической части работы _____

5. Курсовой проект допущен к защите, не допущен к защите
(ненужное зачеркнуть)

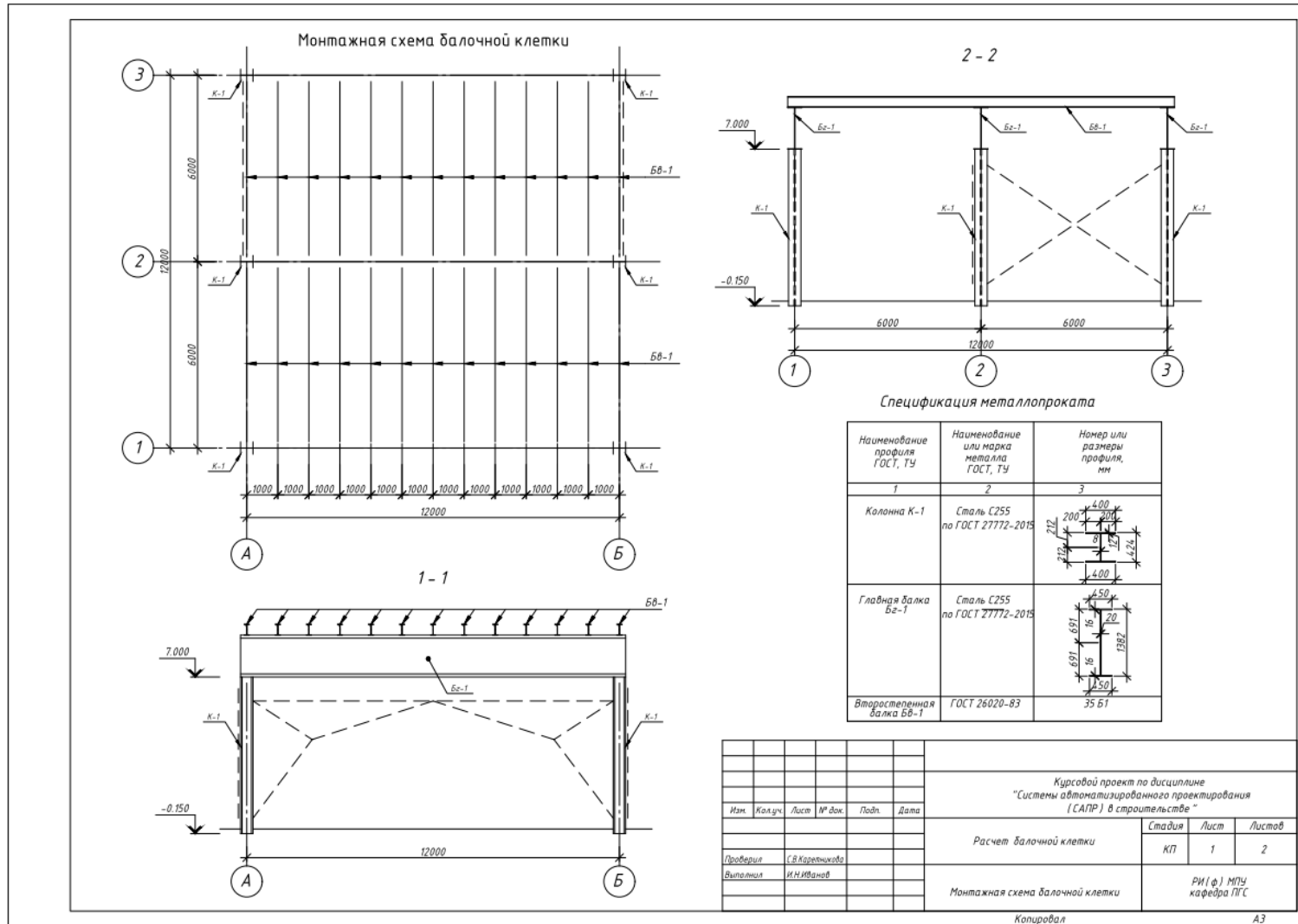
Руководитель курсового проекта _____

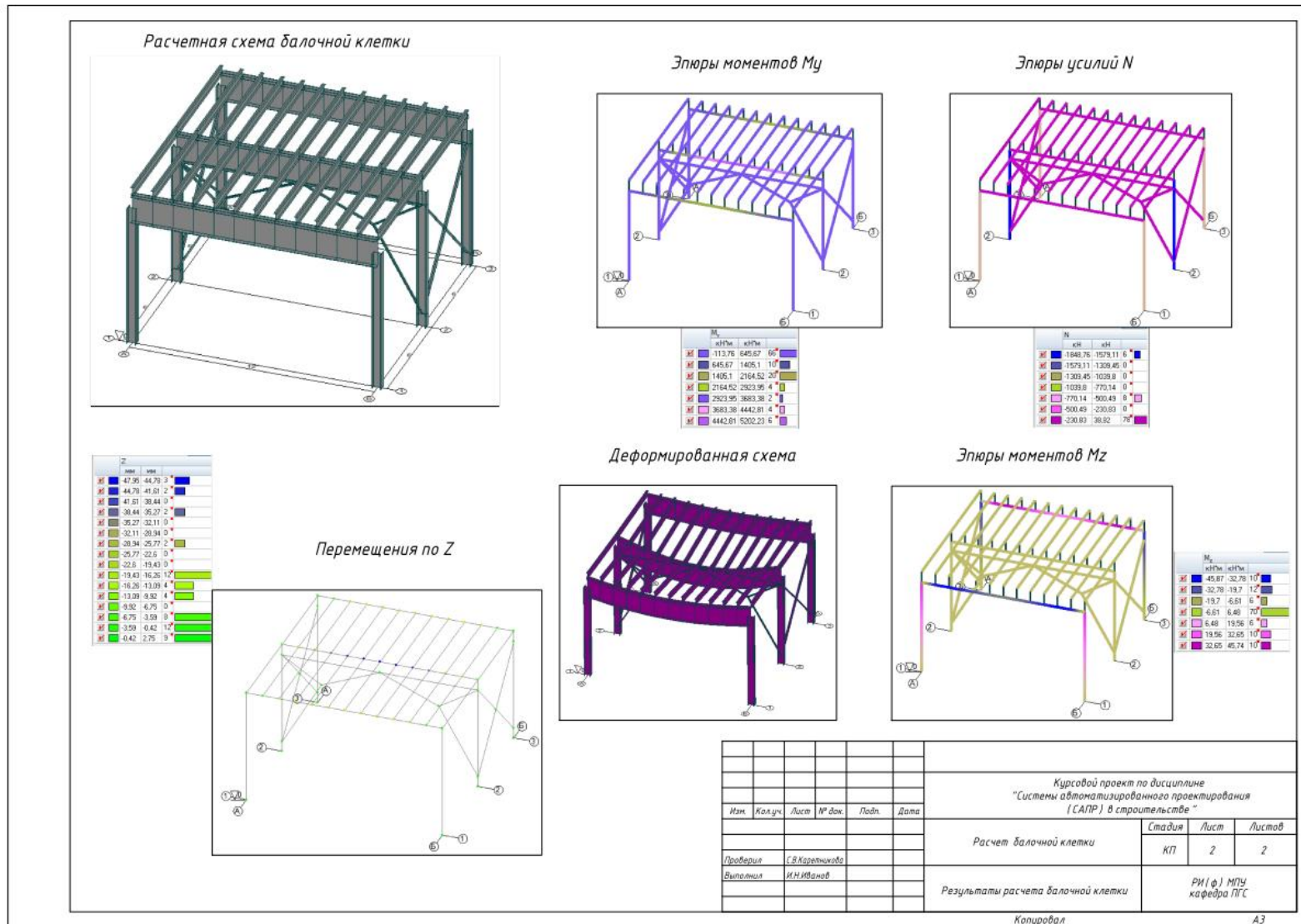
ст. преподаватель
Каретникова С.В.

Дата: _____

Приложение Г. Образец выполнения графической части проекта

Образец листа 1





Учебное издание

Каретникова Светлана Вениаминовна

Расчет балочной клетки в ПК «SCAD 21.1»

Методические указания по выполнению
курсового проекта

Подписано в печать _____ Тираж 10 экз.
Рязанский институт (филиал) «Московский политехнический университет»
390000, г. Рязань, ул. Право-Лыбедская, 26/53