

М.А.Дымолазов, Г.Н.Шмелев, Л.Р.Гимранов

*К практическим занятиям по дисциплине  
«Компьютерные методы расчета  
строительных конструкций»*

*Учебно-методическое пособие*

Вкладки «Конструирования» были наполнены новыми командами. В «Лента Сталь» добавлены возможности графически отображать результаты по всем проверкам стальных сечений в конструктивных элементах ферм, колонн, балок и соединительных элементах.

Появилась возможность выбрать тот стиль ленточного интерфейса, который будет максимально соответствовать специфике решаемых задач.

Панель «Виды» позволяет эффективнее управлять схемой в пространстве.

Новые возможности в интерфейсе «ЛЕНТА»  
Разработаны новые стили ленточного интерфейса, которые позволяют повысить производительность при работе.

ПК ЛИРА-САПР 2014 - Театр\_задание\_OАП\_097.lg

Создание и редактирование Расширенное редактирование Расчет Анализ Расширенный анализ Конструирование

Жесткости Варианты Блоки Расчет 1ПС 2ПС МУ 1ПС 2ПС МУ Сечения Проверка Все Тип элемента Ветви Соед.элементы Критерии

Закладки  
Лента Стандарт  
Лента Плюс  
Лента Сталь  
Лента ЖБК  
Лента  
Меню  
Панели инструментов  
Windows 2000  
Office 97  
Windows XP  
Office 2002  
Visual Studio .NET 2002  
Office 2002

Театр\_задание\_OАП\_097.lg

35.4 66.6 76.9 97.4

Мозаика результатов проверки назначенных сечений по местной устойчивости

Виды

Эл.: 0 / 1144 Эл.: 0 / 2231 Загр.: 1 / 17

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**М.А. Дымолазов, Г.Н. Шмелев, Л.Р. Гимранов**

**Учебно-методическое пособие  
к практическим занятиям по дисциплине  
«Компьютерные методы расчета  
строительных конструкций»**

Казань  
2018

УДК 004:624.04  
ББК 32.973-018.2  
Д88

**Дымолазов М.А., Шмелев Г.Н., Гимранов Л.Р.**

Д88 К практическим занятиям по дисциплине «Компьютерные методы расчета строительных конструкций»: Учебно-методическое пособие / М.А. Дымолазов, Г.Н. Шмелев, Л.Р. Гимранов. – Казань: Изд-во Казанск. гос. архитектур.-строит. ун-та, 2018.– 137 с.

Печатается по решению Редакционно-издательского совета Казанского государственного архитектурно-строительного университета

Учебно-методическое пособие написано в соответствии с рабочей программой дисциплины «Компьютерные методы проектирования и расчета», предназначено для студентов, обучающихся по направлению 08.03.01 «Строительство» (бакалавриат).

В учебно-методическом пособии рассмотрены примеры расчета основных элементов каркаса зданий с использованием вычислительного комплекса ЛИРА-САПР. Изложены необходимые пояснения к расчетам и исходные данные для самостоятельного выполнения индивидуальных заданий.

Рецензенты:

Зав. кафедрой строительных конструкций и водоснабжения  
Поволжского государственного технологического университета

**В.М. Поздеев**

Доктор технических наук, профессор кафедры МК и ИС КГАСУ

**И.Л. Кузнецов**

УДК 004:624.04  
ББК 32.973-018.2

ã Казанский государственный  
архитектурно-строительный  
университет, 2018

ã Дымолазов М.А., Шмелев Г.Н.,  
Гимранов Л.Р., 2018

## ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
<b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....	<b>4</b>
<b>Тема 1 «Рама»</b> .....	<b>6</b>
<b>Занятие 1</b> .....	<b>6</b>
<b>Занятие 2</b> .....	<b>29</b>
<b>Занятие 3</b> .....	<b>35</b>
<b>Тема 2 «Плита»</b> .....	<b>36</b>
<b>Занятие 1</b> .....	<b>36</b>
<b>Занятие 2</b> .....	<b>47</b>
<b>Занятие 3</b> .....	<b>53</b>
<b>Тема 3 «Ферма»</b> .....	<b>53</b>
<b>Занятие 1</b> .....	<b>53</b>
<b>Занятие 2</b> .....	<b>67</b>
<b>Занятие 3</b> .....	<b>72</b>
<b>Тема 4 «Железобетонный каркас»</b> .....	<b>73</b>
<b>Занятие 1</b> .....	<b>73</b>
<b>Занятие 2</b> .....	<b>87</b>
<b>Занятие 3</b> .....	<b>89</b>
<b>Тема 5 «Навес»</b> .....	<b>90</b>
<b>Занятие 1</b> .....	<b>90</b>
<b>Занятие 2</b> .....	<b>109</b>
<b>Занятие 3</b> .....	<b>114</b>
<b>Тема 6 «Комбинированный каркас»</b> .....	<b>114</b>
<b>Занятие 1</b> .....	<b>114</b>
<b>Занятие 2</b> .....	<b>135</b>
<b>ИТОГОВАЯ РАБОТА</b> .....	<b>136</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ 1</b> .....	<b>139</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ 2</b> .....	<b>148</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ 3</b> .....	<b>159</b>

## ВВЕДЕНИЕ

Программный комплекс **ЛИРА-САПР** является современным инструментом для численного исследования прочности и устойчивости конструкций и их автоматизированного проектирования.

*Программный комплекс ЛИРА-САПР включает следующие основные функции:*

- развитую интуитивную графическую среду пользователя;
- набор многофункциональных процессоров;
- развитую библиотеку конечных элементов, позволяющую создавать компьютерные модели практически любых конструкций: стержневые плоские и пространственные схемы, оболочки, плиты, балки-стенки, массивные конструкции, мембраны, тенты, а также комбинированные системы, состоящие из конечных элементов различной мерности (плиты и оболочки, подпертые ребрами, рамно-связевые системы, плиты на упругом основании и др.);
- расчет на различные виды динамических воздействий (вибрационные нагрузки, импульс, удар, ответ-спектр);
- расчет на ветровые нагрузки с учетом пульсации и сейсмические воздействия по нормативам стран СНГ, Европы, Африки, Азии и США;
- конструирующие системы железобетонных и стальных элементов в соответствии с нормативами стран СНГ, Европы и США;
- редактирование баз стальных сортаментов;
- связь с другими графическими и документирующими системами (AutoCAD, Allplan, Stark, ArchiCAD, MS Word, HyperSteel, AdvanceSteel, Vocad, Revit и др.) на основе DXF, MDB, IFC и др. файлов;
- развитую систему помощи, удобную систему документирования;
- возможность изменения языка (русский/английский) интерфейса и/или документирования на любом этапе работы;
- различные системы единиц измерения и их комбинации.

Программный комплекс «Ли́ра-САПР» включает следующие блоки (процессоры):

ЛИР-ВИЗОР – среда пользователя (основной блок);

Блоки, (процессоры) реализующие методы расчета на статические и динамические действия для линейно и нелинейно деформированных систем;

ЛИР-АРМ – Система конструирования железобетонных систем;

ЛИР-ЛАРМ – Конструирование отдельных железобетонных стержневых или пластинчатых элементов;

ЛИР-СТК – Конструирование и проверка стальных элементов;

ЛИР-РС – Система редактирования стальных сортаментов;  
ЛИР-КС – Конструктор сечений (создание своих составных сечений);  
ЛИР-КТС – Конструктор тонкостенных сечений;  
ЛИР-КМ – предназначена для получения в автоматизированном режиме чертежей КМ для некоторых узловых решений;  
ГРУНТ – ориентирована на автоматическое определение коэффициента постели фундаментной плиты.

Для полного освоения этого программного продукта требуется значительное время. Однако для практического использования основных функций этого комплекса достаточно познакомиться с основными правилами формирования исходных данных и некоторыми основными приемами. Достаточно дружелюбный интерфейс всех блоков программного комплекса позволяет осваивать его самостоятельно в процессе его использования.

Основная цель данного пособия – практическое овладение основами использования этого продукта для решения конкретных задач: статического расчета строительных конструкций, подбора и проверки элементов железобетонных и стальных конструкций.

Для получения основных навыков работы с комплексом наиболее рационально изучение по принципу «от простого к сложному» при выполнении определенных конкретных заданий. Таким образом закрепляется изучаемый материал и расширяется спектр используемых возможностей изучаемого комплекса. Для закрепления навыков работы с программным продуктом ЛИРА-САПР имеется возможность использования некоммерческой версии ЛИРА-САПР 2013 R5, свободно распространяемой разработчиками. Эту версию можно найти на сайте разработчиков – [www.liraland.ru/lira/](http://www.liraland.ru/lira/).

## Тема 1 «Рама»

### **Знакомство с вычислительным комплексом «ЛИРА-САПР». Составление простейшей расчетной схемы и выполнение расчета с документированием полученных результатов**

#### Занятие 1

##### Основные вопросы занятия

1. Знакомство с интерфейсом.
2. Создание расчетной схемы (по узлам и стержням).
3. Демонстрация возможностей копирования объектов (узлов, стержней).
4. Просмотр и редактирование назначенных объектам свойств (узлам и стержням) с использованием кнопки «информация об узле или элементе».
5. Выполнение статического расчета.
6. Чтение и анализ полученных результатов.

##### Особенности

При создании расчетной схемы выполняется четыре этапа:

1. Создается топология (узлы, стержни и другие КЭ).
2. Назначаются внешние связи.
3. Создаются и назначаются жесткости.
4. Формируются и прикладываются нагрузки.

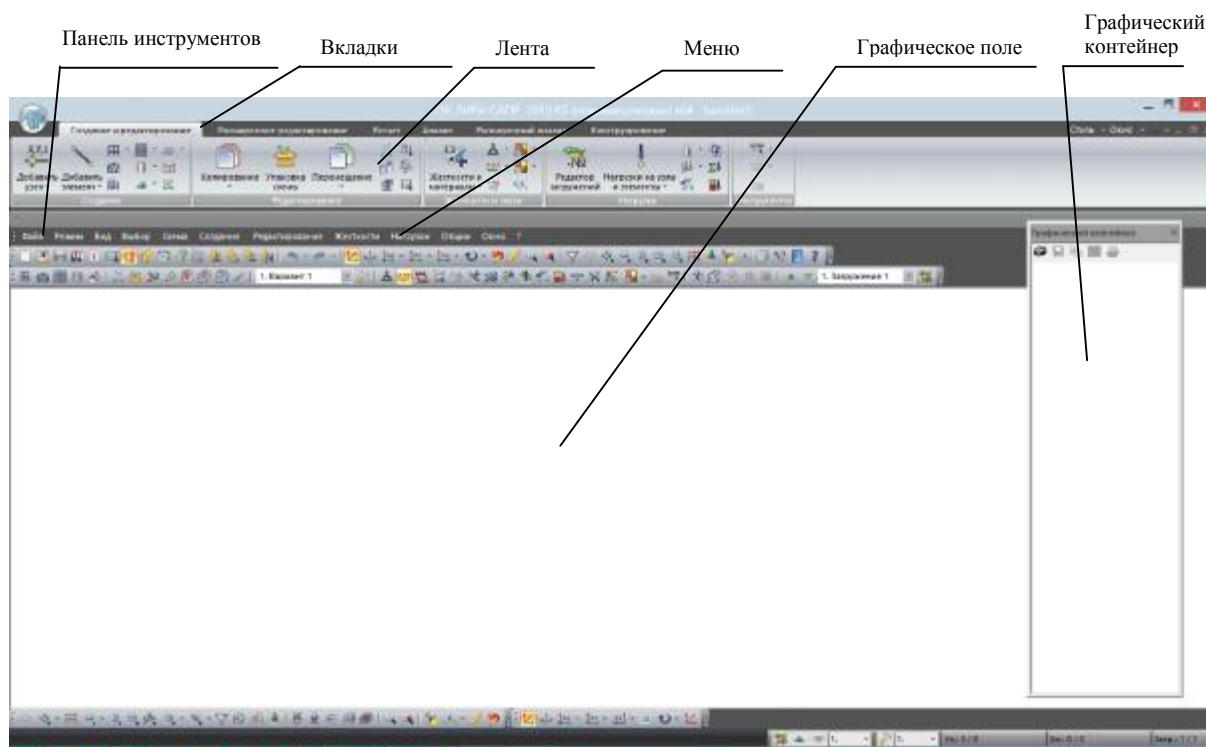
В первой теме показывается наиболее простой способ создания топологии (создание узлов по координатам с использованием команды «добавить узел», создание стержневых элементов с использованием команды «добавить стержень»). Демонстрируется возможность команды «копирование», как узлов, так и стержней.

Использование команд «флаги рисования» и «информация об узлах и элементах».

Знакомство с «графическим контейнером» и использование его для документирования исходных данных и результатов расчетов путем копирования графических изображений в текстовый документ. Создание и использование «стандартных таблиц» и «интерактивных таблиц» для

вывода результатов расчетов в текстовом виде. Копирование и вставки таблиц в текстовый документ.

Изучение программного комплекса «ЛИРА» начинаем с основного блока ЛИР-ВИЗОР, т.е. со среды пользователя. Ниже, на рис. 1, показан скриншот интерфейса основного блока ЛИР-ВИЗОР.

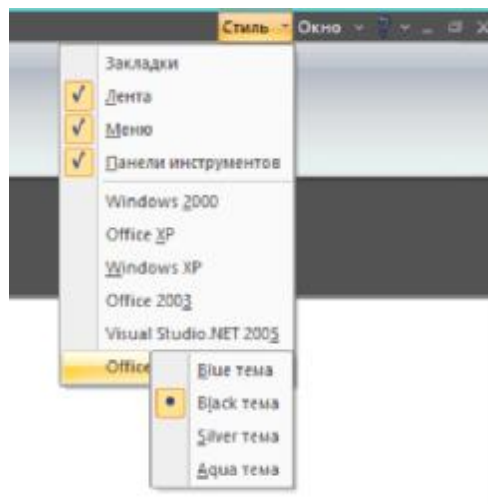


**Рис. 1. Интерфейс основного блока ЛИР-ВИЗОР**

Наверху расположены вкладки для выбора соответствующей ленты с иконками (пиктограммами) для выбора той или иной команды. Ниже располагается меню с выпадающими группами команд. Еще ниже размещены два ряда кнопок, образующих панели инструментов, по центру располагается графическое поле для визуализации введенных исходных данных, справа – графический контейнер (системы документирования в графическом виде). Предусмотрена возможность отключения ленточного интерфейса, меню, панелей инструментов и графического контейнера.

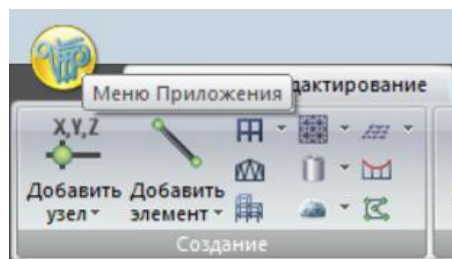
Некоторые наиболее часто используемые команды и способы их вызова приведены в таблице «Состав основных функций-команд панели инструментов» в приложении 2. Там даны названия команд, их краткое описание, места расположения команд в меню и на панелях инструментов, изображения кнопок.





**Рис. 2. Выбор стиля интерфейса основного блока ЛИР-ВИЗОР**

Для выбора стиля интерфейса в выпадающей вкладке «Стиль» (рис. 2) галочками отмечаются необходимые стили. Графический контейнер включается или отключается из Меню Приложения (рис. 3), выполненного в виде круглой кнопки с изображением стилизованного музыкального инструмента – лиры.

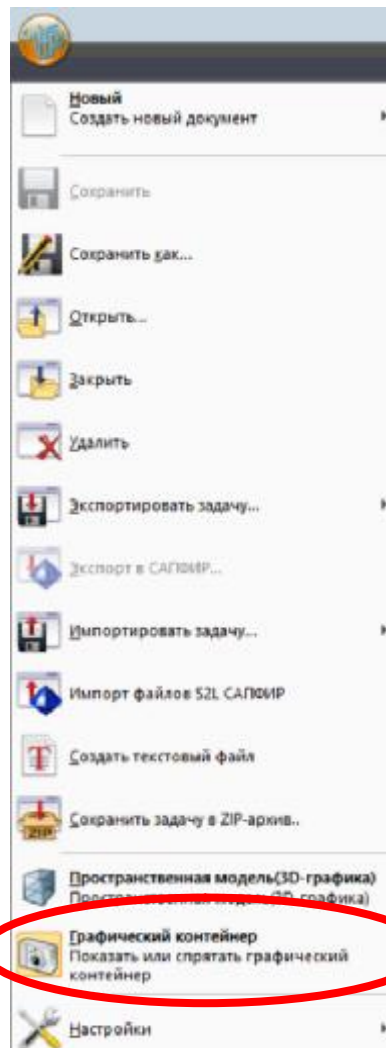


**Рис. 3. Вызов Меню Приложения**

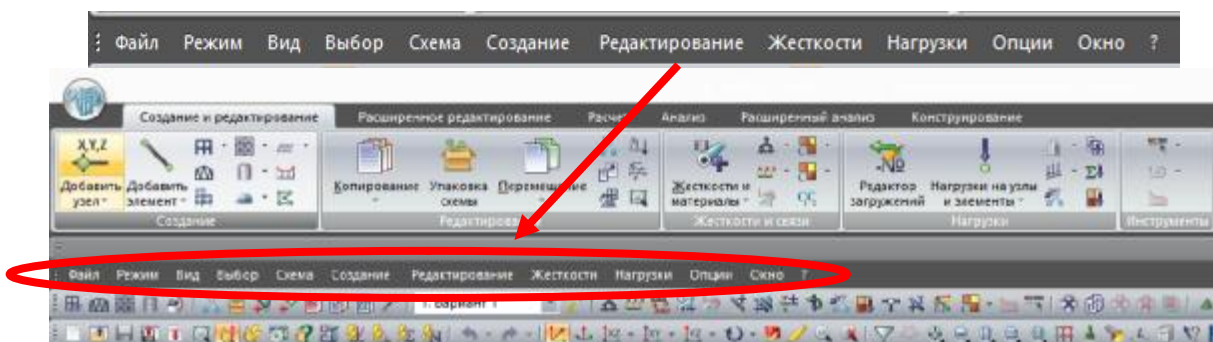
На рис. 4. показана кнопка вызова графического контейнера. При повторном нажатии на нее графический контейнер скрывается

В связи с достаточно большим разнообразием выполняемых функций (команд) для их вызова существует большое количество кнопок, которые систематизированы и объединены в меню, вкладки, и т.п. Описание всех функций и, соответственно, всех команд и пр. приведено в «Инструкциях» – книгах, выпущенных разработчиками этого программного продукта. Конкурировать с профессионалами в этой области смысла не имеет, и такая задача не ставится. Кроме того, разработчики постоянно модернизируют интерфейс программы. В связи с этим изучение работы на данном программном комплексе будет вестись с использованием команд. Вызов этих команд может быть разнообразным: через меню, через так называемые «радиокнопки» (иконки), с

использованием «горячих клавиш». Наиболее простым способом вызова команд является использование меню (рис. 5).



*Рис. 4. Кнопка включения и отключения графического контейнера*



*Рис. 5. Меню программного комплекса*

Особенность этого меню в том, что при наведении на него курсора мыши название этой группы команд подсвечивается (т.е. изменяет цвет) (рис. 5.), а при нажатии на эту подсвеченную кнопку (нажатие на левую

кнопку мыши) раскрывается так называемое выпадающее меню со всеми командами, объединенными разработчиками в эту группу команд (рис. 6).

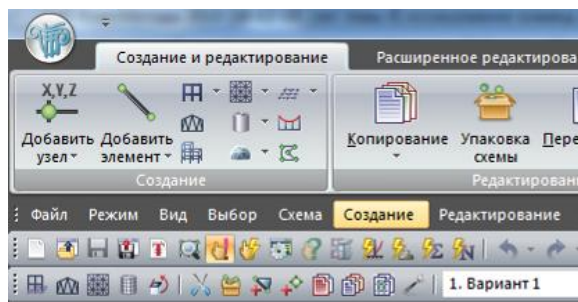


Рис. 6. Выбор из Меню нужной группы команд

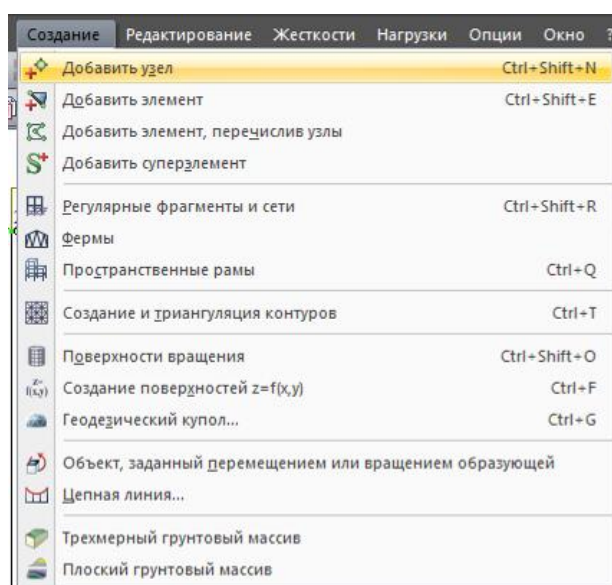


Рис. 7. Раскрытие выпадающего меню для выбора нужной команды

Выбор непосредственной команды из этого списка осуществляется перемещением курсора мыши, при этом подсвечивается та команда, на которую наведен курсор (рис. 7). Нажатие на название этой команды (нажатие на левую кнопку мыши) приводит к выбору этой команды для ее исполнения.

Для краткости изложения это все будем записывать следующим образом.

Выбор из Меню нужной группы команд, например, группы «Создание» (рис. 6) будем обозначать в тексте жирным шрифтом: **Создание**. Выбор из выпадающего меню какой-либо команды будем изображать стрелочкой →. А далее будем записывать название этой команды. Например, изображенный на рис. 7 выбор команды «Добавить узел» будем обозначать в тексте курсивом, вот так: *Добавить узел*.

Таким образом, все вышеописанное на рис. 6–7 можно заменить строчкой:

**Создание** → *Добавить узел.*

Количество команд достаточно большое, поэтому ознакомление с теми или иными командами будет происходить по мере возникновения необходимости их использования.

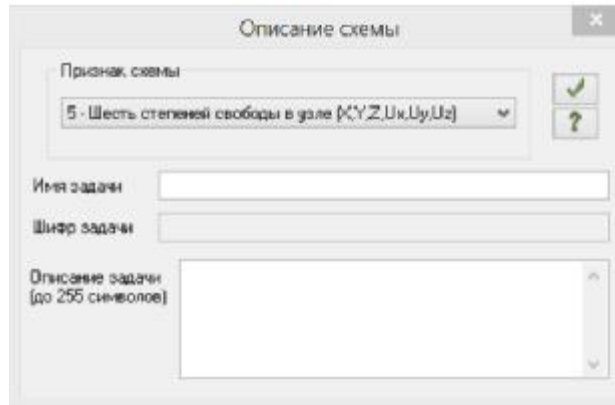
Итак, начнем с наиболее простой задачи – статического расчета простейшей конструкции. Простейшей конструкцией будет жестко заземленная «П»-образная рама, нагруженная равномерно распределенной нагрузкой. Для такого расчета необходимо описать эту расчетную схему в основном блоке ЛИР-ВИЗОР по тем правилам, которые заложены в программном комплексе. Так как комплекс основан на методе конечных элементов (КЭ), то необходимо в первую очередь составить *топологию* (т.е. взаимное расположение и взаимосвязь узлов и элементов). Под элементами следует понимать стержни, плоские или пространственные КЭ. Кроме описания топологии, необходимо назначить всем элементам расчетной схемы *жесткости*, описать *внешние связи* и описать *приложение нагрузок*. Таким образом, для статического расчета любой, в том числе и простейшей расчетной схемы в программном комплексе, основанном на методе конечных элементов, нужны исходные данные, описывающие четыре вещи:

- топологию;
- жесткости элементов;
- внешние связи;
- нагрузки.

Для начала работы с программным комплексом «ЛИРА» следует запустить основной блок ЛИР-ВИЗОР и создать в нем новую задачу. Создание новой задачи выполняется командой *Новый* из группы команд **Файл**. Используем описанную систему записи:


**Файл** → *Новый.*

В результате появляется форма, представленная на рис. 8, в которой обязательным является заполнение поля «Имя задачи».

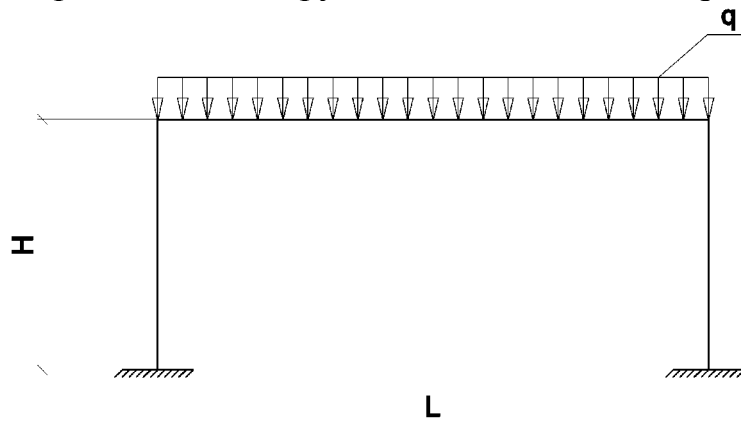


**Рис. 8. Заполняемая форма при создании новой задачи**

По умолчанию указан «Признак схемы» «5. Шесть степеней свободы в узле (X, Y, Z, Ux, Uy, Uz)». Различие в признаках схем более подробно описано в инструкции к расчетному комплексу «ЛИРА-САПР».

Заканчиваем ввод путем нажатия на кнопку «Применить» – . Это касается завершения любой команды.

Итак, необходимо выполнить статический расчет однопролетной одноэтажной рамы (рис. 9) пролетом  $L=6$  м, высотой  $H=3$  м. Рама состоит из двух колонн и горизонтально расположенного ригеля. Ригель загружен равномерно распределенной нагрузкой интенсивностью  $q=500$  кН/м.



**Рис. 9. Расчетная схема рамы**

Внешние связи (в соответствии с рис. 9) принимаются для баз колонн: все линейные (по осям x, y и z), угловые для осей x и y. Профили принимаются – прокатные стальные двутавры с параллельными гранями полок:

- для колонн двутавры колонной серии (К) 35К1;
- для ригеля двутавры балочной серии (Б) 26Б1.

## Алгоритм выполнения работы

### 1. Создание топологии

Создание расчетной схемы начинается с создания топологии (описания расположения узлов и стержней или других конечных элементов).

Существует несколько вариантов создания топологии, рассмотрим самый простой вариант – создание узлов по координатам и создание стержней, начинающихся и заканчивающихся на этих узлах. Итак, создаем узел:

**Создание** → *Добавить узел.*

В появившейся форме используем вкладку «По координатам», где заполняем соответствующие поля «X», «Y» и «Z» значениями соответствующей координаты, указанной в метрах.

Будем считать, что левый нижний конец стойки начинается в узле соответствующим началу координат, т.е. с координатами  $x=0$ ,  $y=0$ ,  $z=0$ .

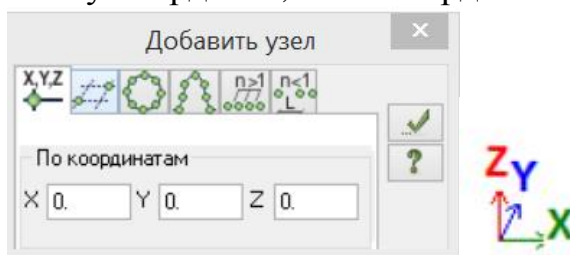



Рис. 10. Диалоговое окно *Добавить узел*

Так как по умолчанию высвечиваются координаты  $x=0$ ,  $y=0$ ,  $z=0$ , соглашаемся с ними и заканчиваем ввод путем нажатия на кнопку  «Применить».

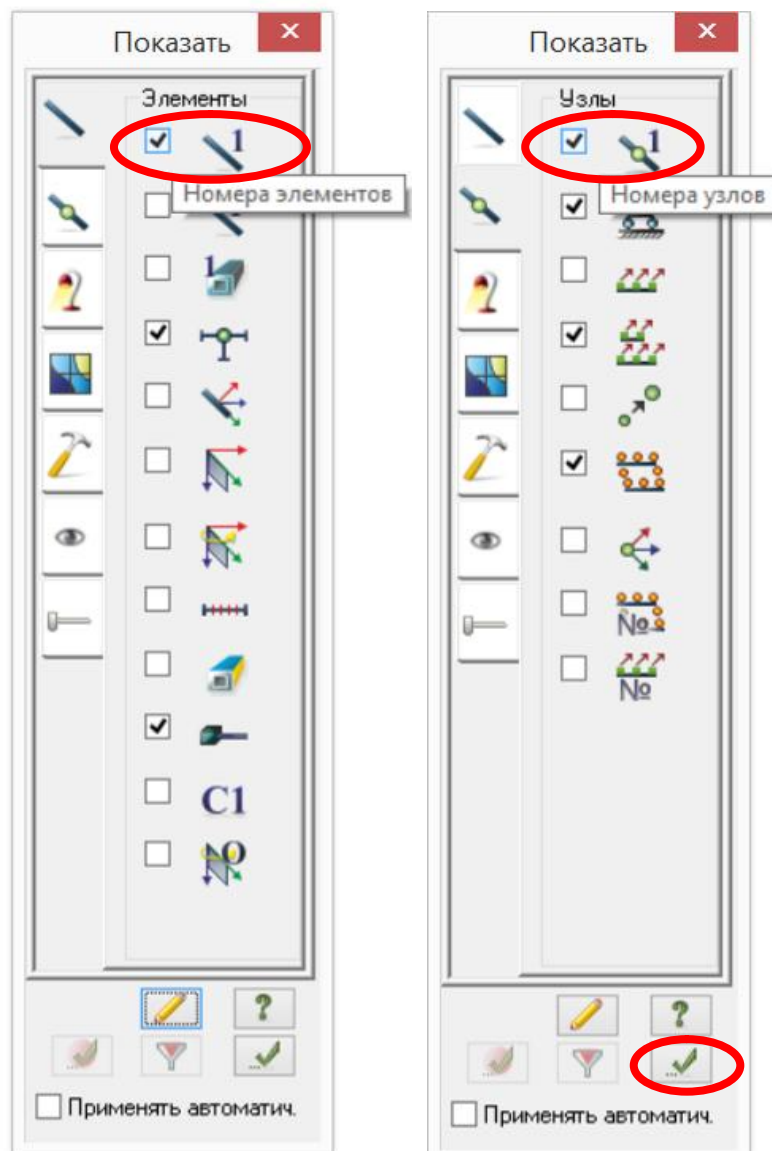
Вводим координаты второго узла рамы (верхнего конца левой стойки)  $X=0$ ,  $Y=0$ ,  $Z=3$  и завершаем ввод координат также кнопкой «Применить».

В результате на графическом поле появятся две точки (два узла). Имеется возможность вывести информацию о номерах этих узлов. Для этого используем команду «флаги рисования».

**Опции** → *Флаги рисования*

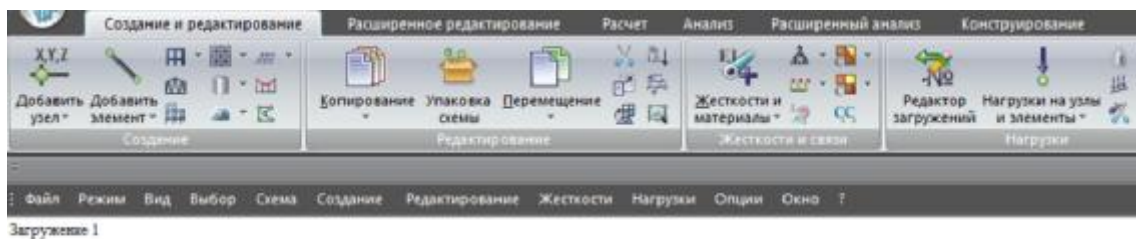
После выполнения этой команды на графическом поле появится форма, в которой можно указать (поставив галочки в соответствующих вкладках и местах), какую дополнительную информацию выводить на графическом поле. Так, на вкладке «Элементы» поставим галочку около

«Номера элементов», а на вкладке «Узлы» – «Номера узлов». Завершение команды – по нажатию кнопки «Применить».



*Рис. 11. Диалоговое окно Флаги рисования*

В результате на графическом поле около точек, обозначающих узлы, появятся и их номера. Нумерация узлов (как и элементов) выполняется автоматически, по мере их создания. Даже при удалении узлов и элементов нумерация продолжается, не прерываясь.



**Рис. 12. Создание узлов расчетной схемы**

Таким образом можно создать все узлы и перейти к заданию стержней, а можно скопировать уже готовые узлы, в нашем случае два узла нужно скопировать на 6 метров по оси X. Для этого необходимо отметить те элементы, которые будем копировать. Воспользуемся для этого командой *Копирование выбранных объектов*, но вначале необходимо указать, какие именно объекты мы хотим копировать, т.е. «отметить» эти объекты. Включаем режим отметки, в данном случае – узлов:.

**Выбор** → *Отметка узлов*

Для того чтобы выделить один узел, нужно щелкнуть на нем левой кнопкой мыши, для выделения нескольких узлов нужно зажать левую кнопку мыши, и появившейся рамкой обвести все нужные узлы.

Попавшие в рамку узлы окрасятся в красный цвет.

Когда все необходимые узлы выделены, можно переходить непосредственно к копированию.

**Редактирование** → *Копирование выбранных объектов*



Так как узлы нужно копировать по оси X на 6 метров, в строке dX ставим значение 6, при этом нужно обратить внимание на единицы измерения, в строке N оставляем значение 1, потому что скопировать нужно один раз.

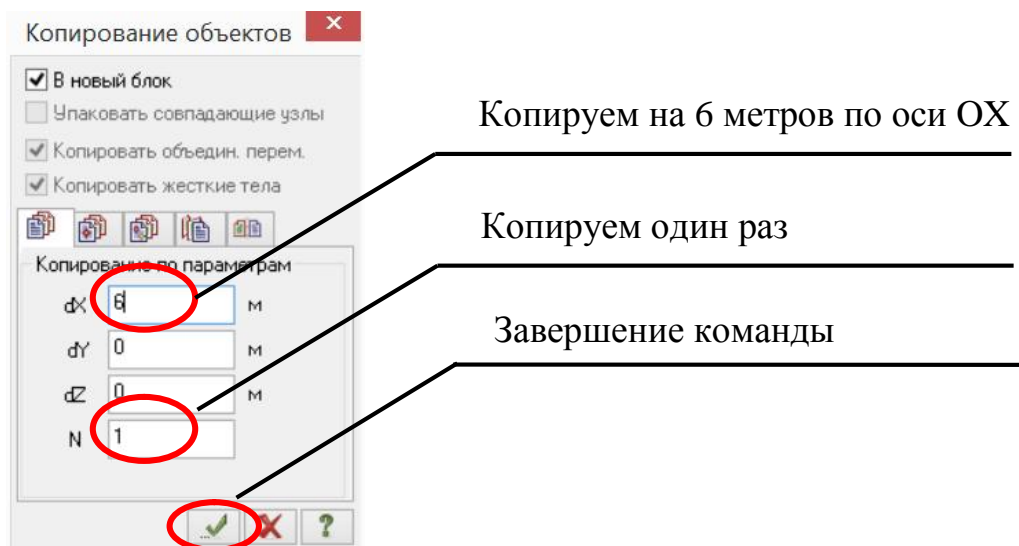


Рис. 13. Диалоговое окно Копирование объектов

Подтверждаем завершение команды копирования нажатием на кнопку «Применить». В результате выполнения этой команды появляются еще два узла (3-й и 4-й).

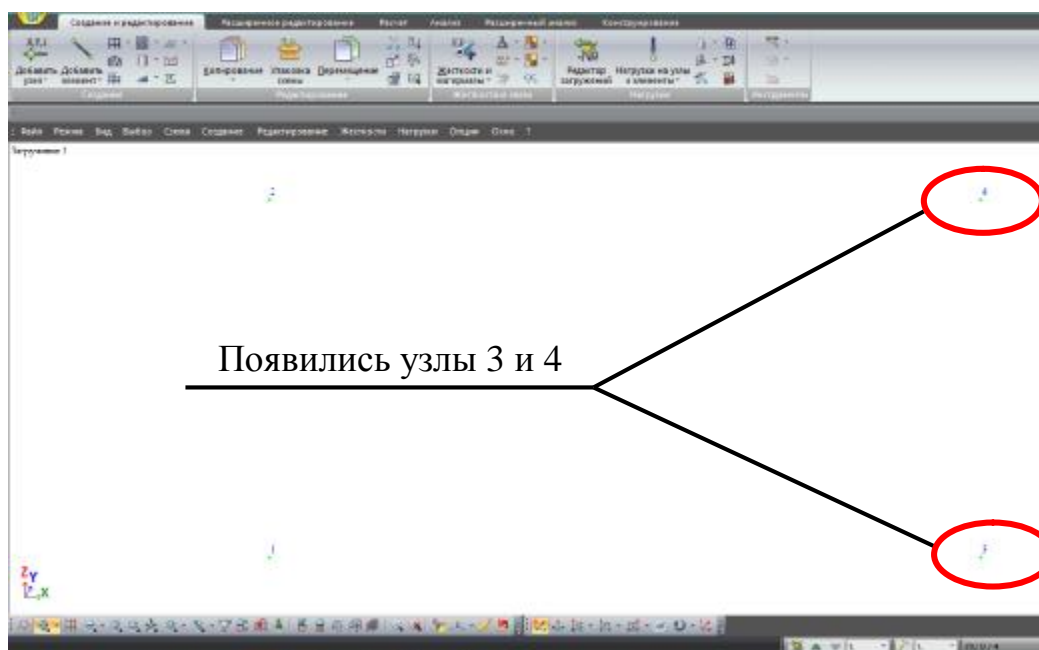
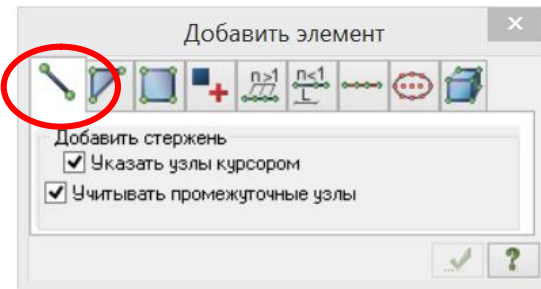


Рис. 14. Создание узлов расчетной схемы

Для создания элементов – в нашем случае это стержни – необходимо вызвать команду «Добавить элемент».

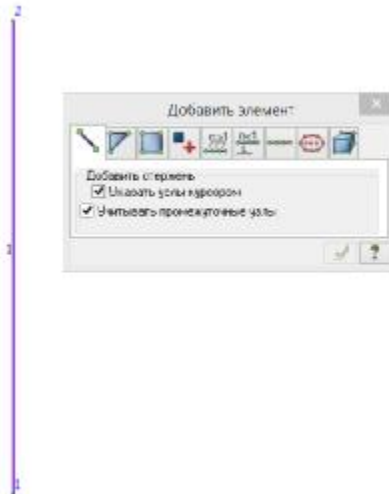
### **Создание** → *Добавить элемент*

Используем первую вкладку в появившейся форме.



*Рис. 15. Диалоговое окно Добавить элемент*

Элементы создаются графически, для этого щелкаем левой кнопкой мыши на первый узел, при перемещении мыши за курсором будет тянуться «резиновая нить», затем подводим указатель мыши ко второму узлу, и щелкаем на нем левой кнопкой мыши. В результате создается стержень.

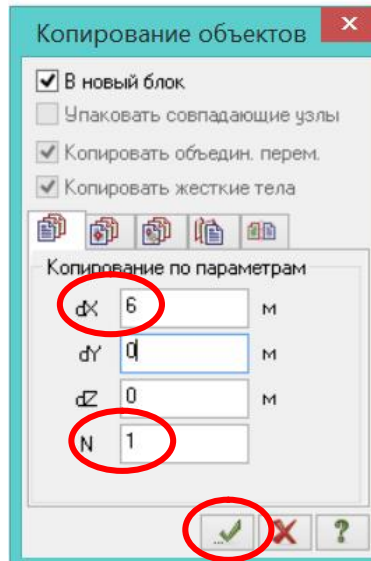


*Рис. 16. Создание элементов расчетной схемы*

Так можно создать все стержни, а можно скопировать повторяющиеся стержни, отметив сначала необходимые элементы с помощью клавиши «отметка элементов», и используя команду «копировать выбранные элементы», выполнить это копирование.

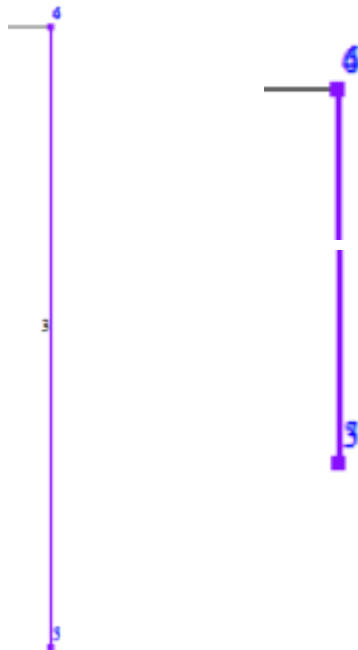
### **Выбор** → *Отметка элементов*

Выбранные элементы окрашиваются в красный цвет. Копирование осуществляем аналогично копированию узлов. Указываем в появившейся форме, по какой координате, с каким приращением и сколько раз будем копировать (по оси X копируем на 6 метров один раз). Знак приращения имеет значение.



*Рис. 17. Диалоговое окно Копирование объектов*

При копировании создаются не только элементы, но и узлы, принадлежащие этим элементам, таким образом, у нас появились двойные узлы. Внизу стойки был узел 3 и скопировался еще один узел с номером 5. Наверху стойки был узел 4 и скопировался еще один узел, номер которого – 6.



*Рис. 18. Двойные узлы*

Для корректной работы необходимо избавиться от двойных узлов в одной и той же точке пространства. Выполняется это командой «Упаковка схемы».

### Схема → Упаковка схемы

При выполнении этой команды появляется форма, в которой можно пока ничего не исправлять, оставить все по умолчанию, но для подтверждения выполнения этой команды нажать на кнопку «Применить».

Двойные узлы исчезнут, нумерация восстановится.

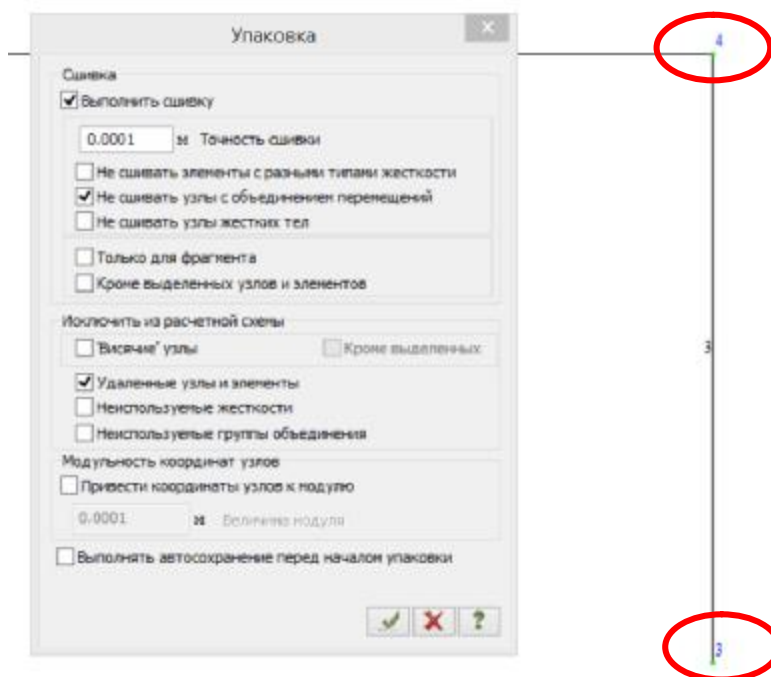


Рис. 19. Диалоговое окно Упаковка схемы

Топология создана.

### 2. Назначение внешних связей

Для назначения внешних связей необходимо отметить (выделить) необходимые узлы.

Выделяем два нижних узла (низы стоек), предварительно включив клавишу «отметка узлов» и обведя эти узлы рамкой.

### Выбор → Отметка узлов

Вызываем команду «Связи»

### Схема → Связи

Заполняем появившуюся форму. Первый столбик описывает линейные связи (т.е. связи, препятствующие линейному смещению узла вдоль соответствующей оси), второй – угловые (т.е. связи, которые запрещают поворот относительно соответствующей оси).

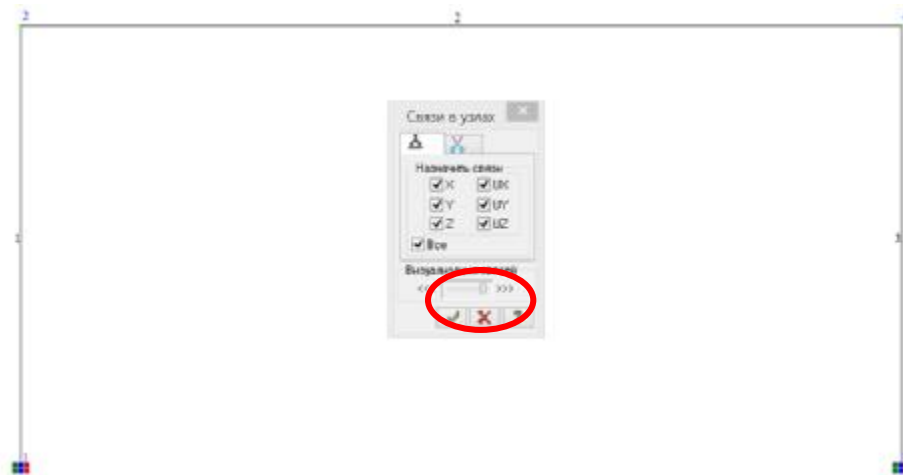


Рис. 20. Диалоговое окно Связи в узлах

Чтобы наглядно видеть, какие связи назначены, нужно передвинуть ползунок под надписью «Визуализация связей» в крайнее правое положение.

### 3. Создание и назначение жесткостей элементов

Пользуясь командой «Отметка элементов», выделяем колонны. Вызываем команду «Жесткости и материалы».

#### Жесткости → Жесткости и материалы

В открывшейся форме нажимаем кнопку «добавить» и переходим во вкладку «База металлических сечений». Выбираем сортамент и профиль (по заданию это двутавр колонной серии 35К1, сортамент – «Двутавр с параллельными гранями полок типа К(колонный). Актуализированный»). В комментарии (для удобства) пишем «колонна».

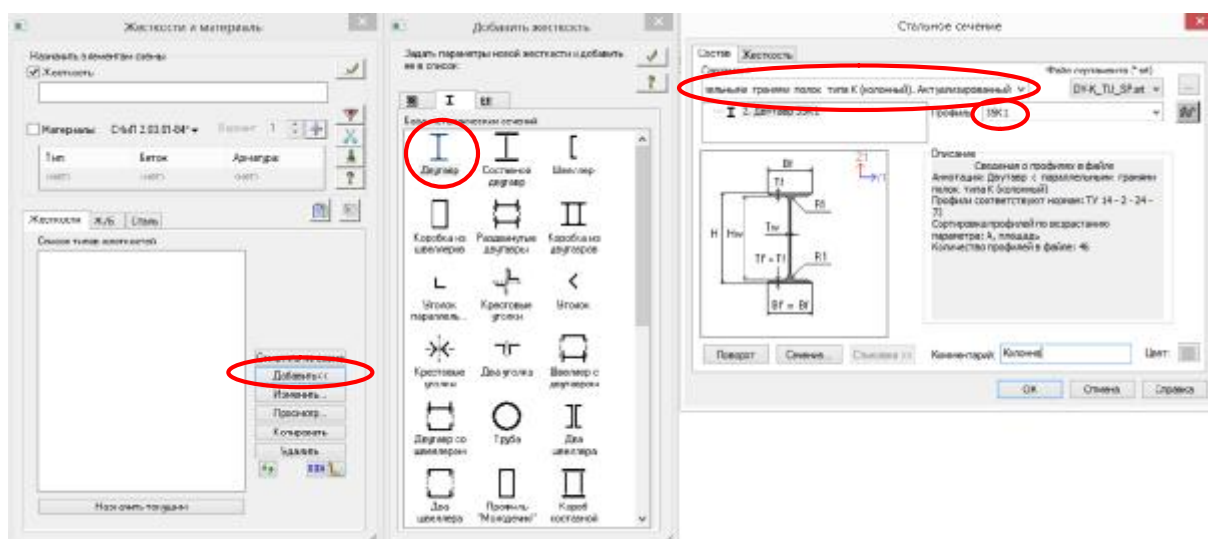


Рис. 21. Диалоговое окно Жесткости и материалы

Выделив тип жесткости «Колонна», созданный ранее, назначаем его текущим, и применяем.

Теперь выделяем ригель, и повторяем операции, но выбираем сортамент «Двутавр балочной серии» и профиль 26Б1.

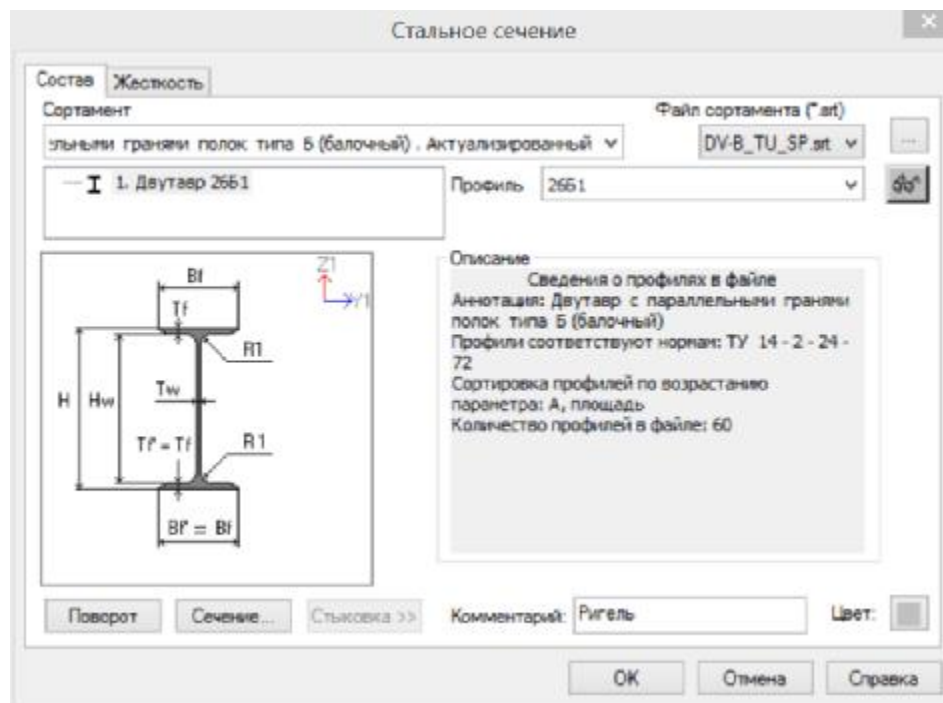


Рис. 22. Диалоговое окно *Стальное сечение*

#### 4. Формирование и приложение нагрузок

Нагрузка направлена сверху вниз, т.е. вдоль оси  $z$ , она распределенная и прикладывается на горизонтальный стержень (ригель). Включаем режим «отметка элементов».

**Выбор** → *Отметка элементов*

Отмечаем горизонтальный элемент (ригель).

Теперь необходимо непосредственно описать эту нагрузку и задать ей численное значение.

**Нагрузка** → *Нагрузка на узлы и элементы*

При выполнении этой команды появляется форма, которую необходимо заполнить. Во-первых, перейти на вкладку «Нагрузка на стержни» (по заданию нагрузка приложена к ригелю рамы). Убедиться, что направление оси выбрано “ $Z$ ”. Найти клавишу с изображением равномерно распределенной силы (т.е. выбрать «Тип нагрузки»). Нажатие на эту клавишу вызовет появление еще одной формы (рис. 23), в которой необходимо ввести численное значение этой нагрузки.

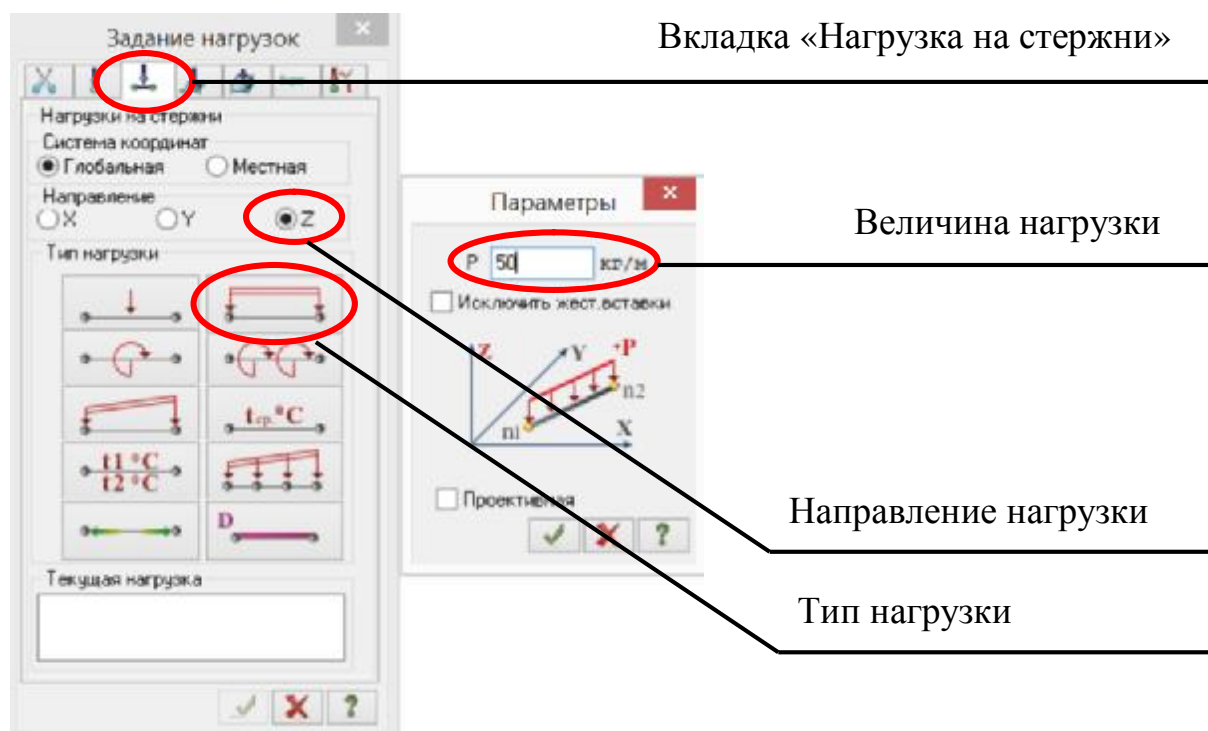


Рис. 23. Диалоговое окно Задание нагрузок. Диалоговое окно Параметры

Значение этой величины нужно вводить внимательно, проверяя соответствие единиц измерения, указанных правее поля, в которое записываем числовое значение. По заданию нагрузка имеет величину 500 кН/м, а в открывшейся форме указаны единицы измерения т/м, следовательно, необходимо перевести кН/м в т/м. Так как  $500 \text{ кН/м} = 50 \text{ т/м}$ , вводим величину «50». Направление действия нагрузки (сверху вниз или снизу вверх) задается знаком вводимой величины. Положительное значение величины нагрузки будет соответствовать действию силы против направления оси (на рисунке в форме записано «+P» и показано направление стрелками «сверху вниз»).

Очень часто возникает необходимость проверить введенные параметры, величины, значения, которые на графическом поле не видны. Для получения полной информации о введенных параметрах (назначенных жесткостях, наложениях внешних связей, приложениях нагрузок и их величин и т.д.) можно воспользоваться кнопкой «информация об узле или элементе».

#### **Выбор** → *Информация об узле или элементе*

После включения этой функции кликнем (щелкнем левой кнопкой мыши, поместив указатель в виде стрелки на нужном объекте) на ригеле (стержень 2). Откроется форма с информацией об этом стержне (рис. 24).

Аналогично можно посмотреть информацию по любому узлу, например, по узлу 1 (рис. 24). Кроме просмотра, эти формы позволяют и редактировать представленную информацию.

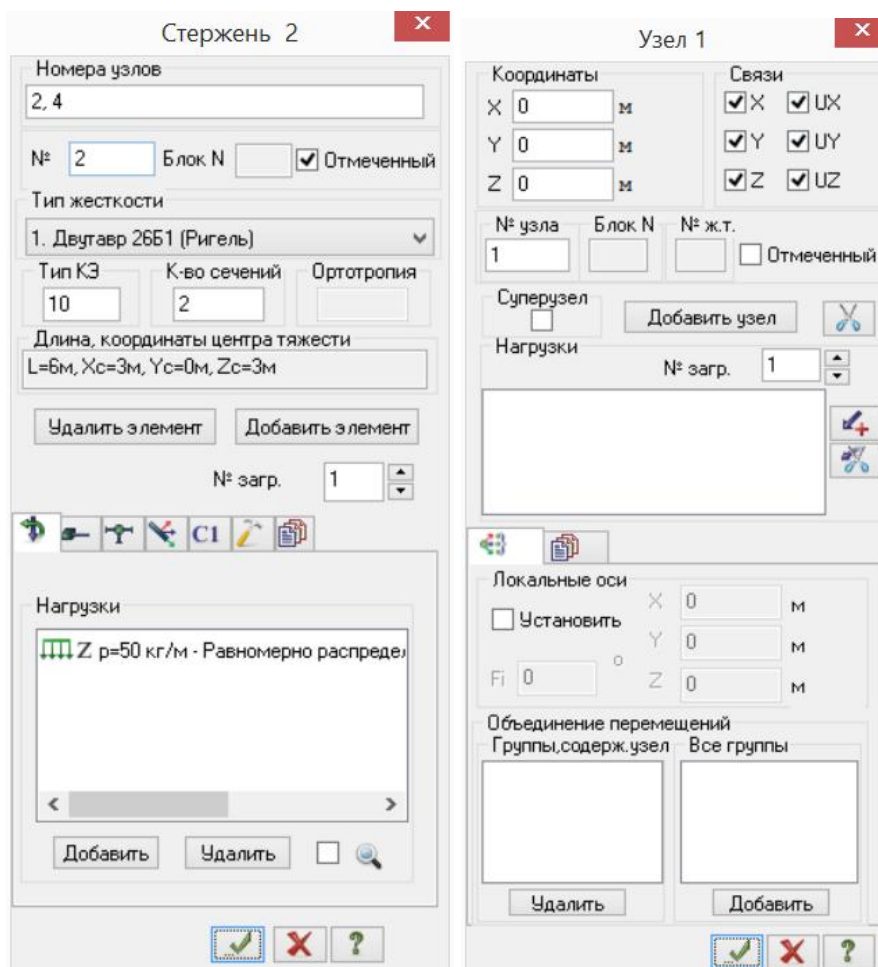


Рис. 24. Диалоговое окно Информация об узле или элементе

Создание расчетной схемы завершено, теперь можно переходить к выполнению расчета.

### 5. Выполнение статического расчета

Переходим во вкладку «расчет» и нажимаем на кнопку «Выполнить полный расчет».

#### Режим → Выполнить полный расчет

Интерфейс программы закроется, на экране возникнет служебное окно «Протокол выполнения расчета» с информацией по выполнению расчета. Если грубых ошибок не будет, служебное окно закроется, и снова откроется интерфейс комплекса ЛИРА-САПР.



## 6. Чтение и анализ полученных результатов

Переходим во вкладку «анализ». Здесь можно увидеть результаты расчета в графическом виде, для стержней это будут эпюры усилий.

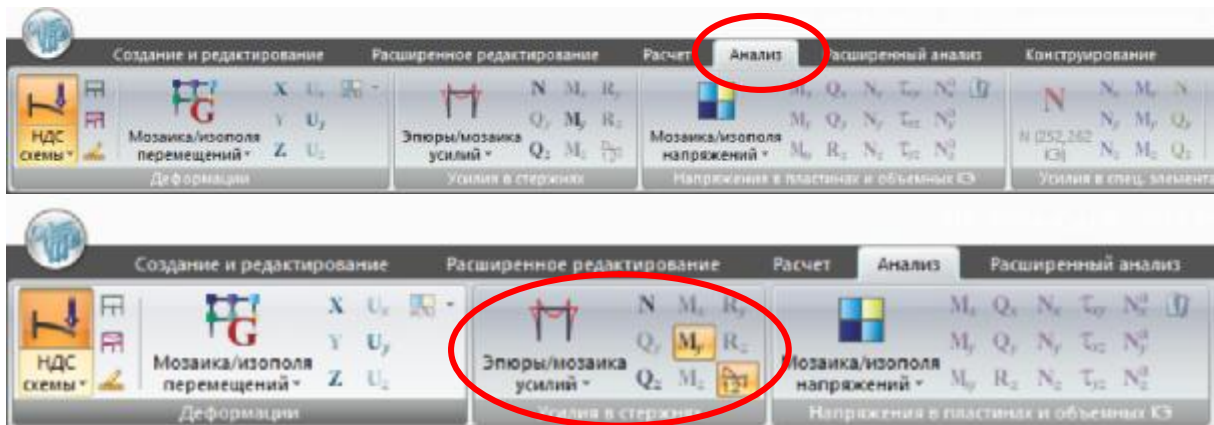


Рис. 25. Вкладка Анализ

Нажимая на кнопки  $M_y$ ,  $N$ ,  $Q_z$  можно увидеть эпюры соответствующих сил на деформированной расчетной схеме. Если нажать на кнопку с изображением условной эпюры с величинами сил («значения на эпюрах»), то можно на эпюрах отобразить и численные значения.

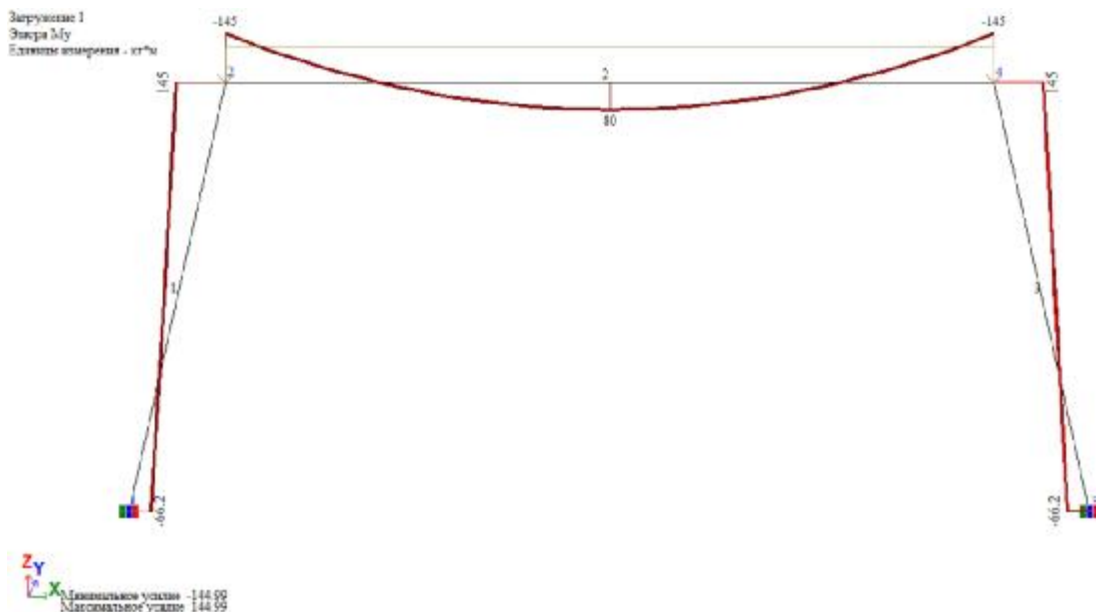
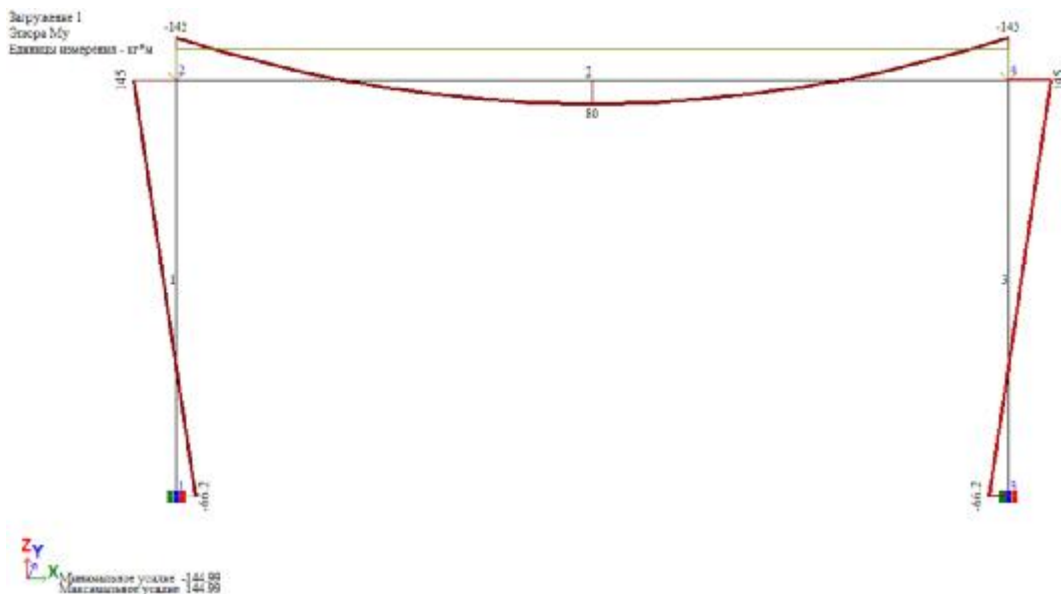


Рис. 26. Результаты расчета. Эпюры

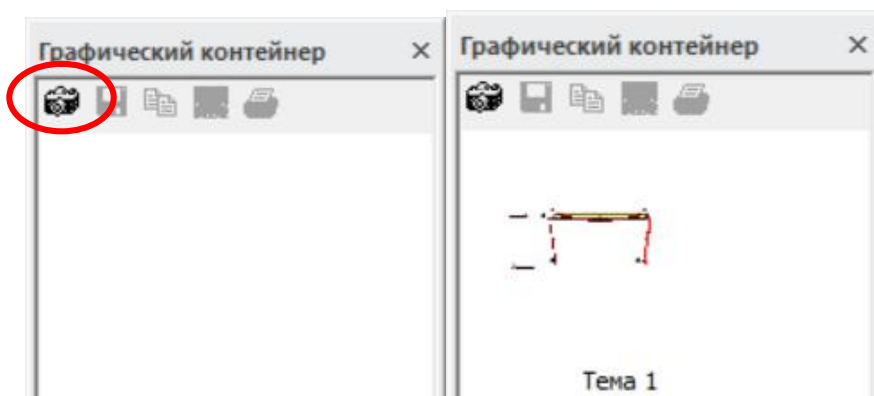
Если нажать на кнопку «Исходная схема», эпюры будут построены на недеформированной расчетной схеме.

Схема → Исходная схема



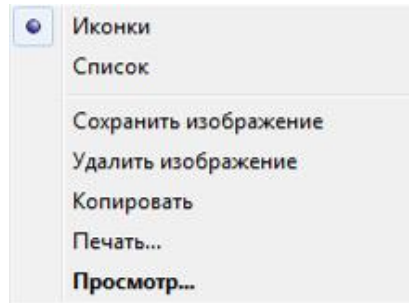
*Рис. 27. Результаты расчета. Эпюры*

Графическое изображение результатов статического расчета в виде эпюр можно сохранить (задокументировать), используя для этого графический контейнер. Сохранить в нем можно любую графическую информацию, нажав на кнопку в виде фотоаппарата «Добавить изображение».



*Рис. 28. Диалоговое окно Графический контейнер*

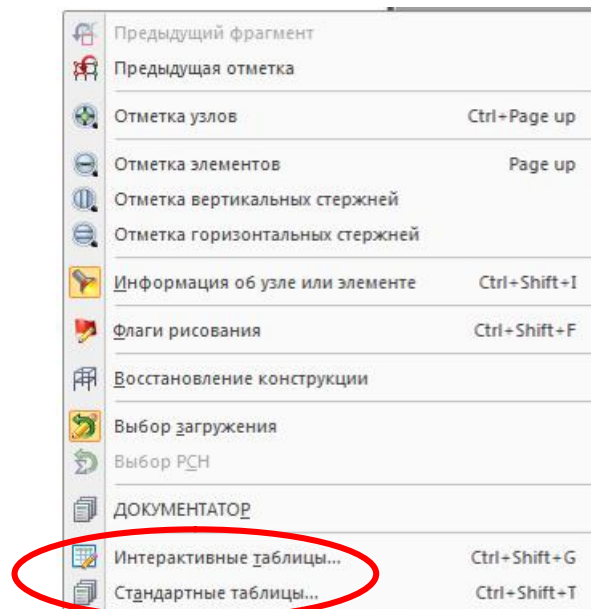
Это изображение, используя контекстное меню, можно сохранить в виде файла, скопировать, распечатать, просмотреть или просто удалить. Если воспользоваться командой «Копировать», то изображение копируется в системный буфер обмена, из которого его можно вставить в любое приложение, например, в страницу текстового редактора Word.



*Рис. 29. Контекстное меню Графического контейнера*

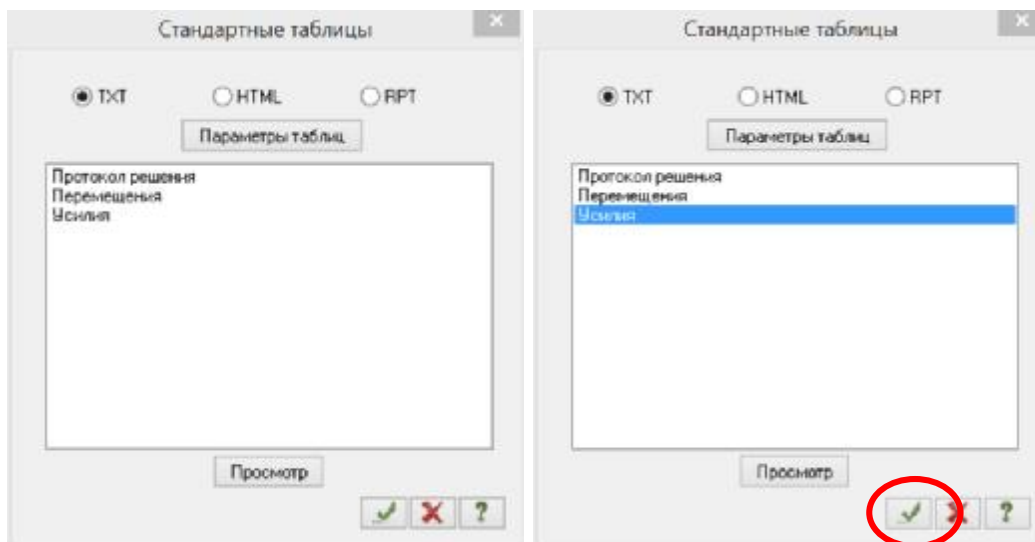
Для вывода информации в текстовом виде, т.е. в виде таблиц, используются команды «Стандартные таблицы» или «Интерактивные таблицы». Эти команды можно вызвать, используя контекстное меню.

Для этого (когда указатель мыши находится на графическом поле) нужно нажать на правую кнопку мыши, и рядом с курсором возникнет это самое контекстное меню.



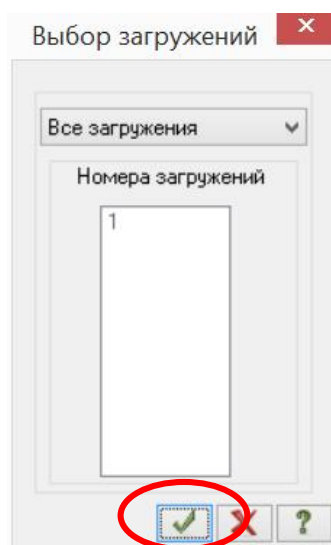
*Рис. 30. Контекстное меню*

Из него можно выбрать любую из команд «Стандартные таблицы» или «Интерактивные таблицы». Воспользуемся стандартными таблицами. На графическом поле возникнет форма, в которой необходимо выбрать необходимую строчку, например «Усилия». Заканчиваем выбор нажатием на кнопку «Применить».



*Рис. 31. Диалоговое окно Стандартные таблицы*

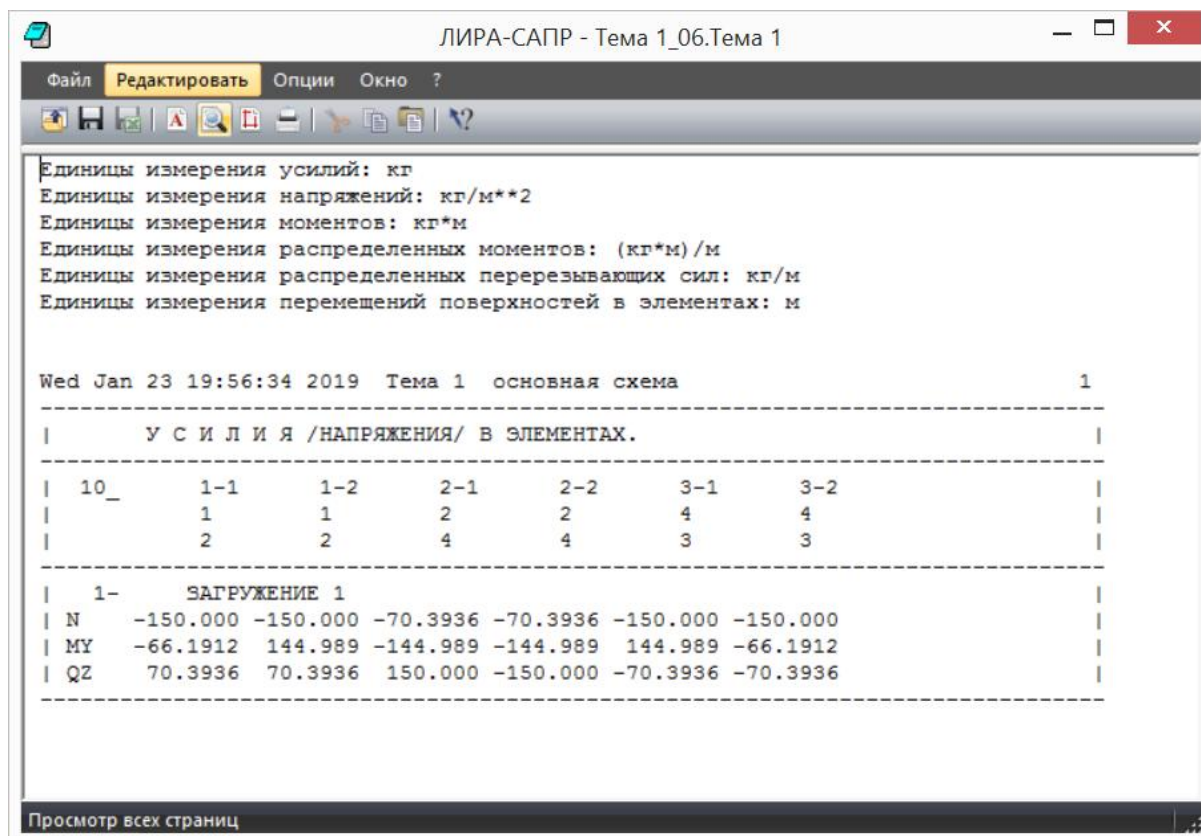
Появится форма, в которой будет предложено выбрать номер загрузки. Согласимся с выбором по умолчанию «Все загрузки», нажмем на кнопку «Подтвердить».



*Рис. 32. Диалоговое окно Выбор загрузок*

В результате на экране появится таблица со значениями усилий во всех стержнях.

Останется только выделить эту таблицу и скопировать ее в текстовый документ, например, в текстовый редактор Word.



*Рис. 33. Стандартная таблица*

Например, так будет выглядеть страничка в текстовом редакторе Word со вставленной таблицей усилий.

Единицы измерения усилий: кг  
 Единицы измерения напряжений: кг/м\*\*2  
 Единицы измерения моментов: кг\*м  
 Единицы измерения распределенных моментов: (кг\*м)/м  
 Единицы измерения распределенных перерезывающих сил: кг/м  
 Единицы измерения перемещений поверхностей в элементах: м

Wed Jan 23 19:58:29 2019 Тема 1 основная схема 1\_

У С И Л И Я /НАПРЯЖЕНИЯ/ В ЭЛЕМЕНТАХ.						
10_	1-1	1-2	2-1	2-2	3-1	3-2
	1	1	2	2	4	4
	2	2	4	4	3	3

1-	ЗАГРУЖЕНИЕ 1					
N	-150.000	-150.000	-70.3936	-70.3936	-150.000	-150.000
MY	-66.1912	144.989	-144.989	-144.989	144.989	-66.1912
QZ	70.3936	70.3936	150.000	-150.000	-70.3936	-70.3936

## Занятие 2

### Основные вопросы занятия

1. Самостоятельное выполнение студентами работы с исходными данными, рассмотренными на предыдущем занятии.
2. Документирование результатов с формированием текстового документа (файла в формате Word) и сохранением его.
3. Создание расчетной схемы другим способом, с использованием команды «Генерация регулярных фрагментов и сетей».
4. Назначение дополнительных сечений (для получения изгибающего момента в середине пролета в таблицах).
5. Разбиение стержня на несколько участков для демонстрации получения результатов деформаций в ригеле.
6. Демонстрация назначения шарниров в соединении стержней.

### Особенности

На втором занятии демонстрируется использование команды «Генерация регулярных фрагментов и сетей».

Выполняется анализ полученных эпюр для уточнения полученных результатов, для этого назначаются дополнительные сечения элементов (на эпюре  $M_y$  есть максимальный момент в середине ригеля, в таблицах нет – из-за наличия по умолчанию всего двух сечений в начале и в конце стержня).

При изменении расчетной схемы с добавлением шарниров (соединение стальных балок с колонной шарнирное) анализ изменения моментов и прогибов (вида линии прогибов).

1. *Создание расчетной схемы с использованием команды «Генерация регулярных фрагментов и сетей»*

#### **Создание** → *Регулярные фрагменты и сети*

При выполнении этой команды возникает форма, в которой необходимо заполнить две таблицы.

Первая таблица описывает параметры плоской рамы по первому направлению – направлению по оси X, вторая – по оси Z. Каждая таблица состоит из двух столбцов для ввода значения и количества шагов вдоль соответствующей оси. В нашем случае вдоль оси X шаг составляет 6 м и

количество таких шагов – 1, а в направлении оси Z шаг  $3m$  и количество таких шагов также – 1. Заполнив таблицы, не забыть нажать на кнопку «Применить». Топология создается практически за один клик.

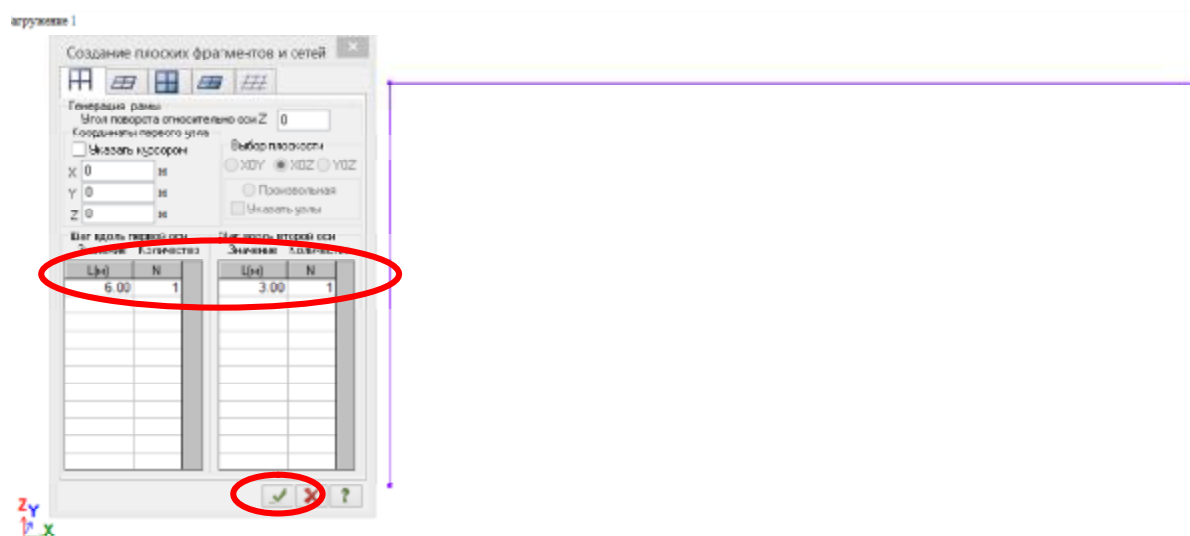


Рис. 34. Диалоговое окно *Создание плоских фрагментов и сетей*

Назначение внешних связей, жесткостей и нагрузок выполняем аналогично первому занятию. После выполнения статического расчета получаем результаты точно такие же, как и на первом занятии. Теперь постараемся проанализировать их.

Рассмотрим подробно эпюру изгибающего момента  $M_x$ . На этой эпюре мы видим значение максимального момента в середине ригеля, а в таблице такого значения нет. Это получилось потому, что по умолчанию для стержневых элементов создается только два сечения, в которых вычисляются усилия. Эти сечения располагаются в начале и в конце стержня. Для того чтобы получить результаты в других сечениях, необходимо увеличить (дополнить) количество сечений. Для того чтобы появилось сечение в середине ригеля (стержня № 2), необходимо указать нечетное число сечений.

## 2. Назначение дополнительных сечений

Для этого, выделив нужный стержень (в нашем случае ригель), нужно в разделе «Создание и редактирование» во вкладке «Схема» выбрать команду «Расчетные сечения стержней»

**Схема** → *Расчетные сечения стержней*

Поставить нечетное значение, например, 3 или 5, чтобы сечение проходило через середину этого стержня.

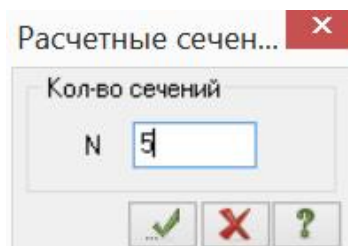


Рис. 35. Диалоговое окно Расчетные сечения стержней

Снова запускаем расчет, заходим в анализ и смотрим таблицы. Значение максимального момента теперь присутствует (стержень 2, сечение 3).

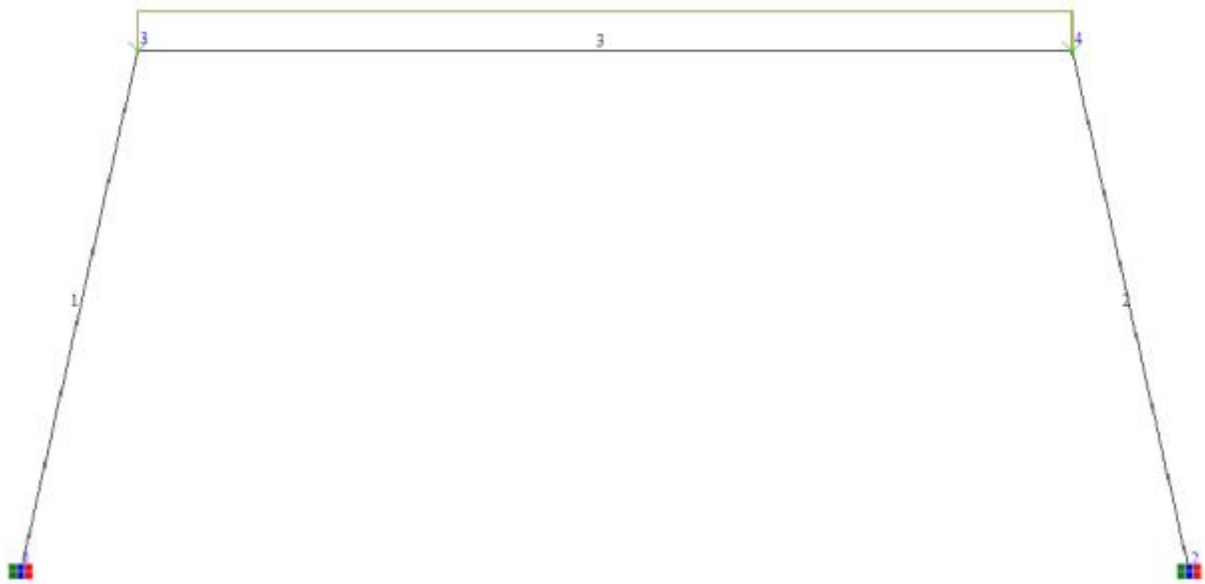
У С И Л И Я /НАПРЯЖЕНИЯ/ В ЭЛЕМЕНТАХ.									
10_	1-1	1-2	2-1	2-2	3-1	3-2	3-3	3-4	
	1	1	2	2	3	3	3	3	
	3	3	4	4	4	4	4	4	
1- ЗАГРУЖЕНИЕ 1									
N	-150.000	-150.000	-150.000	-150.000	-70.3928	-70.3928	80.0360	-70.3928	
MY	-66.2145	144.963	66.2145	-144.963	-144.963	23.7860	23.7860	23.7860	
QZ	70.3928	70.3928	-70.3928	-70.3928	150.000	75.0000		-75.0000	
10_	3-5								
	3								
	4								
1- ЗАГРУЖЕНИЕ 1									
N	-70.3928								
MY	-144.963								
QZ	-150.000								

Рис. 36. Стандартная таблица

Если рассматривать деформированную схему, то можно отметить еще одно несоответствие с поведением расчетной схемы, созданной нами. От поперечной нагрузки на горизонтальный стержень в этом стержне должны возникать поперечные деформации, прогибы, а в результатах расчетов этого нет. Горизонтальный стержень остался прямым.

Произошло это потому, что перемещения определяются только для узлов расчетной схемы, а в горизонтальном стержне узлов только два, и они расположены по его концам. Из этого следует, что для того, чтобы увидеть деформации горизонтального стержня, необходимо вставить дополнительные узлы. Это возможно, если разбить этот стержень на несколько частей.





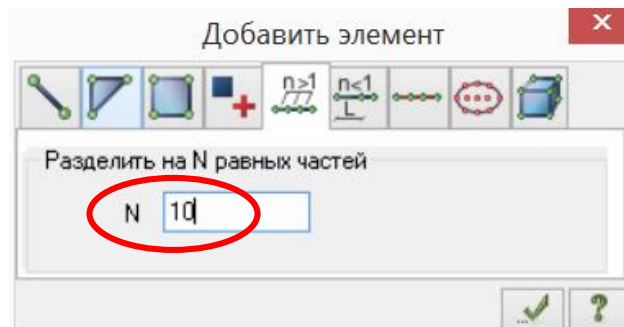
**Рис. 37. Деформированная схема**

### 3. Разбиение стержня на несколько участков

Чтобы разбить существующий стержень на несколько частей, необходимо вернуться на вкладку «Создание и редактирование», отметить стержень 2 и применить команду «Добавить элемент».

**Создание** → *Добавить элемент*

Добавление элемента можно выполнить командой «Разделить на N равных частей».



**Рис. 38. Диалоговое окно Добавить элемент**

Разобьем стержень на четное число, например, на 10.

В результате стержень 2 исчез, но появились стержни с 4-го по 13-й. Здесь надо обратить внимание на то, что этим вновь созданным стержням присвоены жесткость и нагрузки, которые были у стержня 2, т.е. эти свойства унаследовались.

Запустим измененную расчетную схему на расчет, и посмотрим получившиеся результаты.

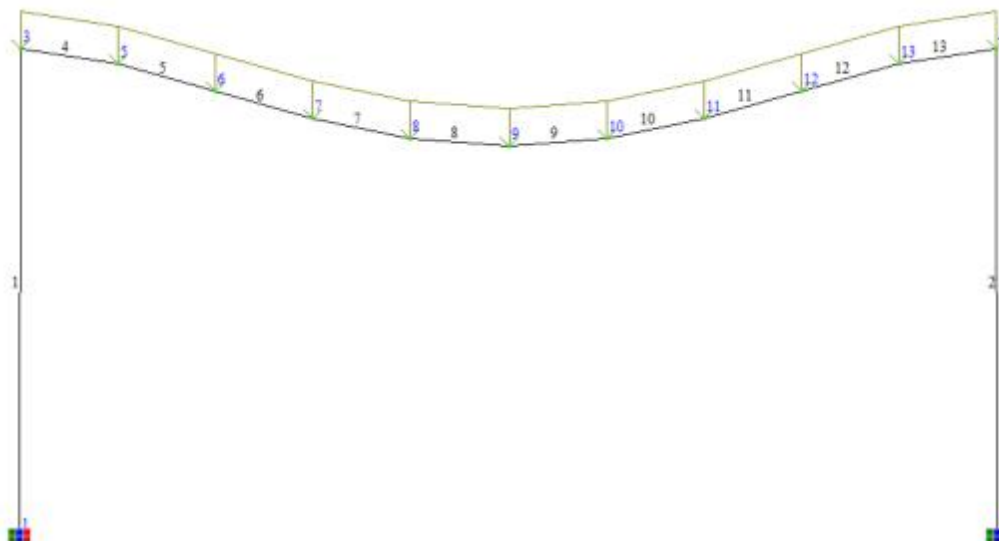


Рис. 39. Деформированная схема

На деформированной схеме теперь четко видны прогибы горизонтального стержня.

#### 4. Назначения шарниров в соединении стержней

Теперь можно рассмотреть, как изменятся деформации и усилия, если в местах соединения стальных балок с колонной поставить шарниры.

Отметим последовательно 3-й и 13-й стержни, и воспользуемся командой *Шарниры*. Для стержня 3 введем шарнир в 1-м узле, для 13-го – во 2-м.

**Жесткости** → *Шарниры*

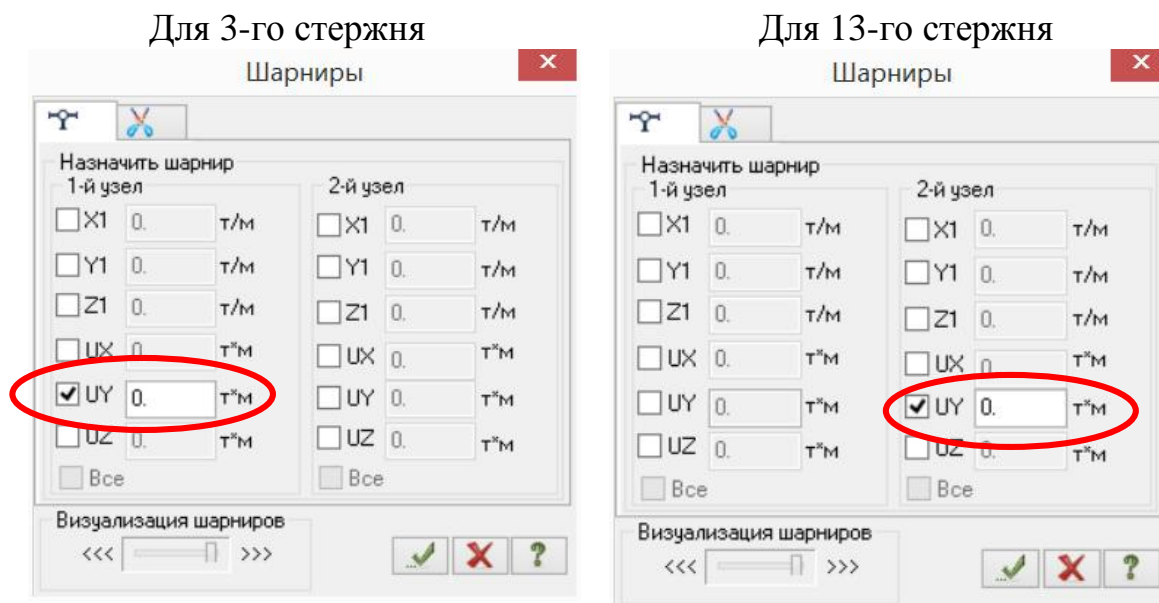
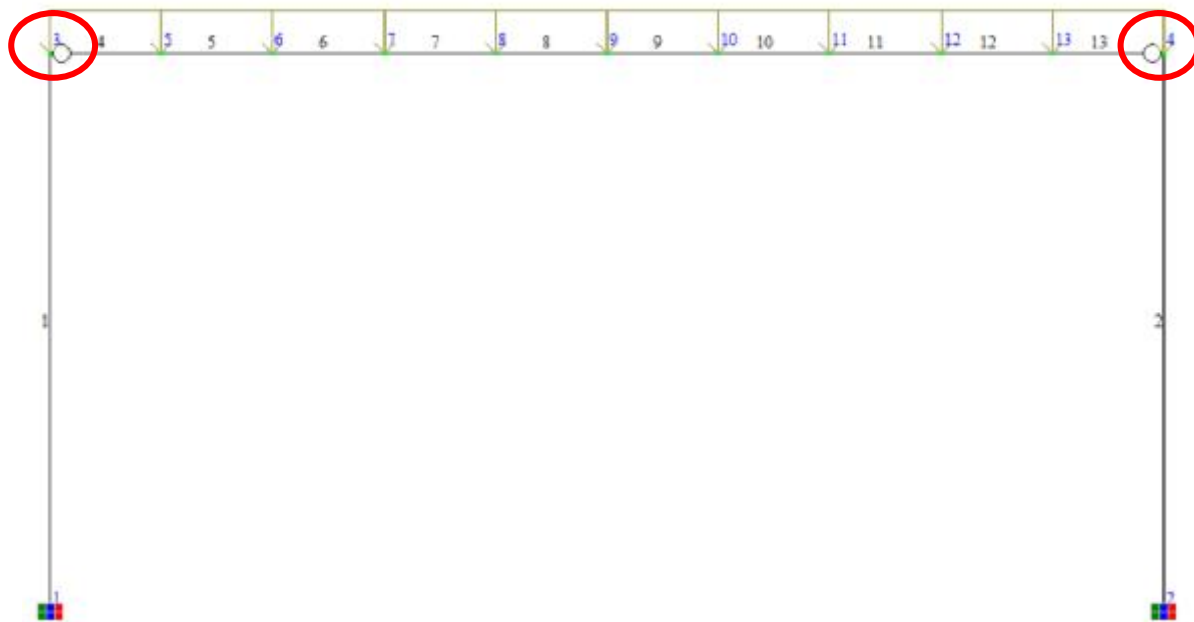


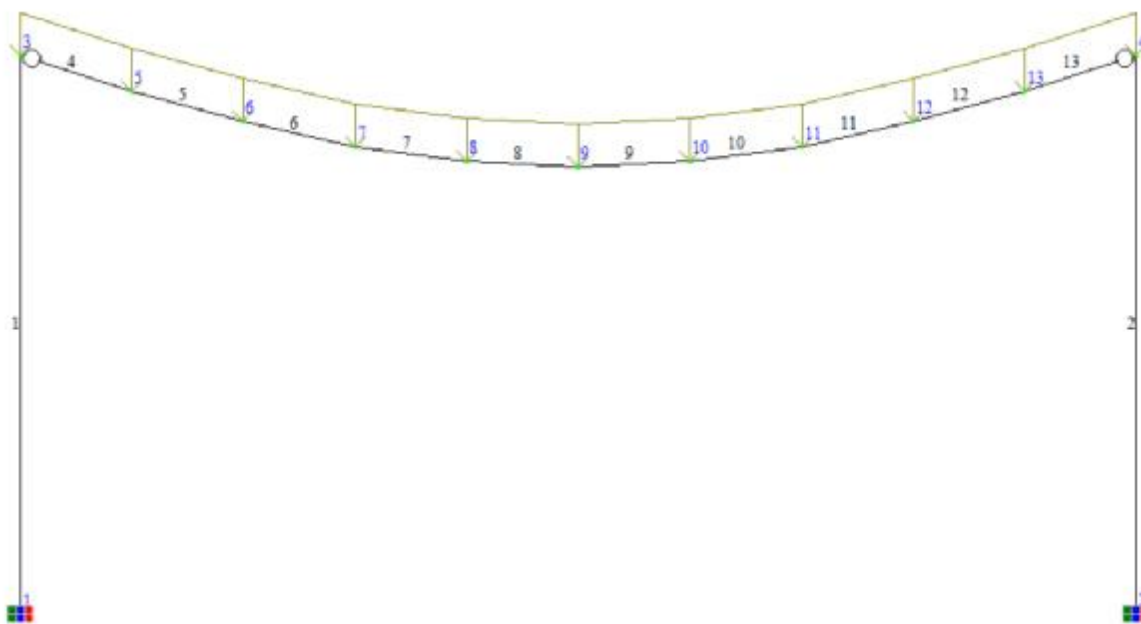
Рис. 40. Диалоговое окно Шарниры

На расчетной схеме появились условные изображения шарниров в местах сочленения ригеля и колонн.



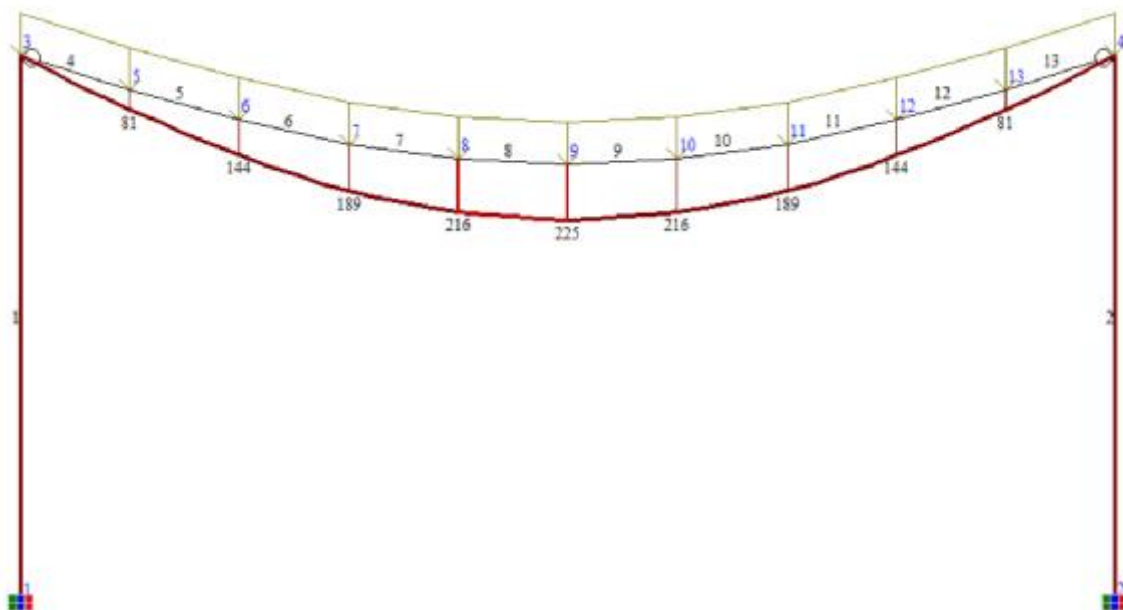
*Рис. 41. Расчетная схема с условным изображением шарниров*

Снова запускаем расчет, и анализируем полученные результаты.



*Рис. 42. Деформированная схема*

Положение ригеля изменилось, т.е. деформации стали другими.



*Рис. 43. Результаты расчета. Эпюры*

И эпюра изгибающего момента также изменилась. Максимальное значение момента в середине ригеля стало 225 кг·м вместо 80 кг·м.

### Занятие 3

#### Основные вопросы занятия

1. Выполнение индивидуального задания по варианту.

#### Особенности

На третьем занятии выполняется контроль полученных навыков, приобретенных на двух предыдущих занятиях этой темы.

Результаты выполнения работы сохраняются в виде двух файлов: ЛИРА-САПР 2013 R5 (.lir) и текстового (doc).

Варианты заданий приведены в приложении 3.

## Тема 2 «Плита»

### **Знакомство с нормативным документом СП 20.13330.2011. Нагрузки и воздействия. Сбор нагрузок. Составление расчетной схемы плиты перекрытия. Выполнение расчета с документированием полученных результатов**

#### **Занятие 1**

##### Основные вопросы занятия

На первом занятии темы рассматриваются следующие основные вопросы:

1. Знакомство с нормативным документом СП 20.13330.2011 «Нагрузки и воздействия» и методикой сбора нагрузок на элементы конструкций.
2. Создание расчетной схемы с использованием «Генерации регулярных фрагментов и сетей» и дальнейшим удалением конечных элементов (КЭ) в отверстиях.
3. Назначение внешних связей (назначаются связи только по углам плиты).
4. Формирование жесткости для плиты (вкладка «Пластинчатые, объемные, численные») «Пластины».
5. При назначении нагрузок выполняется создание двух загрузений.
6. Формирование постоянной нагрузки от собственного веса плиты и конструкции пола, при этом демонстрируются возможности использования автоматического назначения собственного веса от созданных элементов расчетной схемы.
7. Формирование временной нагрузки от помещений (людей и оборудования), приложение ее на КЭ расчетной схемы в виде равномерно распределенной нагрузки.
8. Выполнение статического расчета.
9. Чтение, анализ полученных результатов и их документирование.

##### Особенности

Демонстрируется таблица сбора нагрузок, правила ее заполнения и вычисление нагрузок от элементов пола.

Даются понятия о коэффициенте надежности по нагрузкам (выбор из СП).

Для нагрузок от назначения помещений поясняется работа с СП – выбор соответствующей таблицы нормативных значений нагрузок от людей и оборудования и назначение коэффициента надежности по этим нагрузкам.

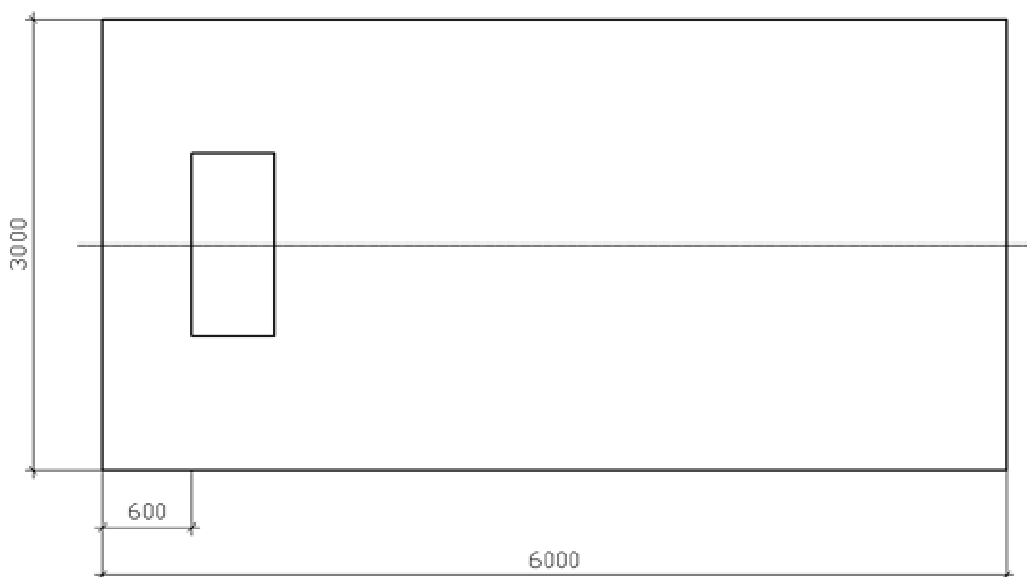
При «Генерации регулярных фрагментов и сетей» создаются четырехугольные плоские КЭ (они не требуют согласования местных осей).

При чтении результатов дается различие в «мозаике» и «изополях» напряжений или усилий.

При «Триангуляции» могут создаваться и треугольные плоские КЭ. При формировании топологии с использованием способа «Триангуляции» для КЭ требуется согласование местных осей. В противном случае «изополя» будут иметь «выбросы» из-за визуализации несогласованных усилий по осям.

### **Задание:**

Рассчитать монолитную железобетонную плиту размерами 3х6 м с проемом для вентиляционного канала 400х1000 мм, расположенного в середине короткой стороны с отступом от края на 600 мм. Плита составлена из прямоугольных КЭ 200х200 мм. Опирается шарнирно, по четырем углам. Расчет выполнить на два нагружения: 1 – собственный вес (включая вес железобетонной плиты и конструкции пола); 2 – временная нагрузка от людей и оборудования. При сборе нагрузок учесть назначение помещения (квартира в жилом здании) и покрытие пола (ламинат толщиной 6 мм по цементно-песчаной стяжке 30 мм).



**Рис. 44. Схема размещения проема для вентиляционного канала**

## Алгоритм выполнения работы

### 1. Сбор нагрузок

Сбор нагрузок выполняют в табличной форме (по образцу).

Для элементов заводского изготовления (керамическая плитка, ламинат и т.д.) выбираются веса из таблиц в справочных материалах (Приложение 1).

Для других элементов (стяжек, заполнений и пр.) нагрузки вычисляются умножением толщины на объемный вес.

Для определения коэффициента надежности по нагрузкам необходимо использовать таблицу 7.1 СП 20.13330.2011 «Нагрузки и воздействия» (Приложение 1), нормативные значения временных нагрузок от людей и оборудования принимать по таблице 8.3 того же СП. Коэффициент надежности для временных нагрузок принимать согласно п. 8.2.2 СП 20.13330.2011 «Нагрузки и воздействия» (Приложение 1).

### Сбор нагрузок

Таблица. 1

№ п/п	Наименование конструктивных слоев (вида нагрузки)	Нормативная кг/м <sup>2</sup>	Коэффициент надежности по нагрузке $\gamma_f$	Расчетная кг/м <sup>2</sup>
1	2	3	4	5
Постоянные нагрузки				
1.	Ламинат (ламинированный паркет) толщиной 6мм	3.6	1.1	3.96
2.	Стяжка (цементно-песчаная толщиной 30мм) $0.03 \cdot 1800 \text{ кг/м}^3 = 54 \text{ кг/м}^2$	54	1.3	70.2
	Итого	57.6	-	74.16
Временные нагрузки				
3.	Квартира жилого здания	150	1.3	195

## 2. Создание расчетной схемы

Создаем топологию расчетной схемы с использованием команды «Генерации регулярных фрагментов и сетей» и дальнейшим удалением КЭ в отверстиях.

### Создание → Регулярные фрагменты и сети

На появившейся форме переходим на вкладку «Генерация плиты». Задаем геометрические параметры плиты с учетом, что плита составлена из КЭ 200x200мм.

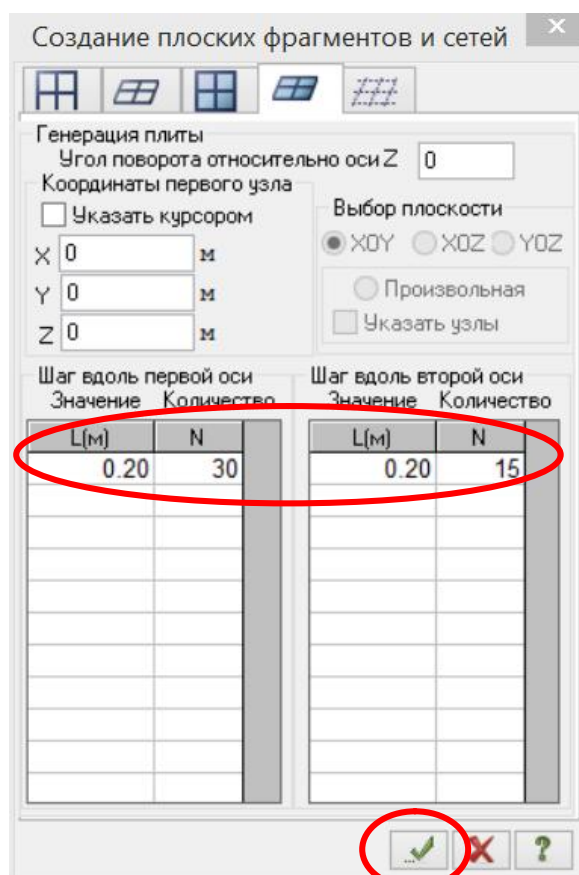


Рис. 45. Диалоговое окно *Создание плоских фрагментов и сетей*

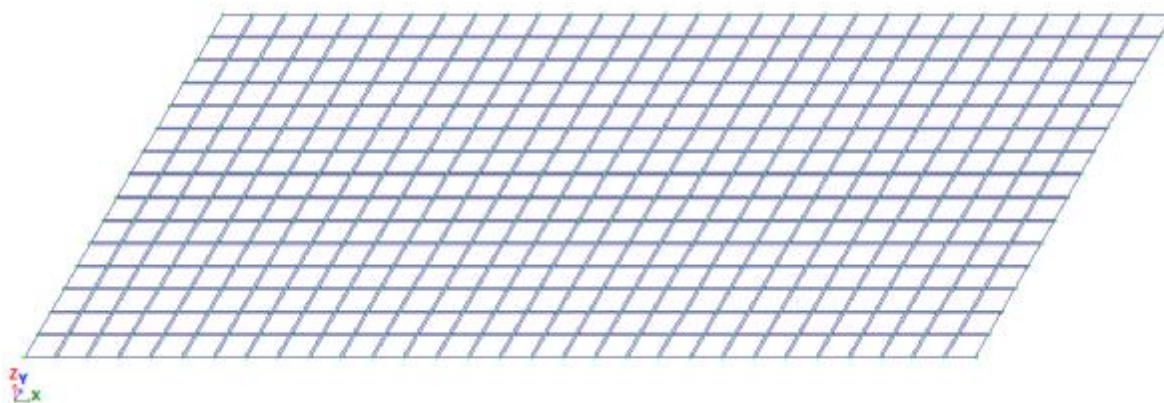


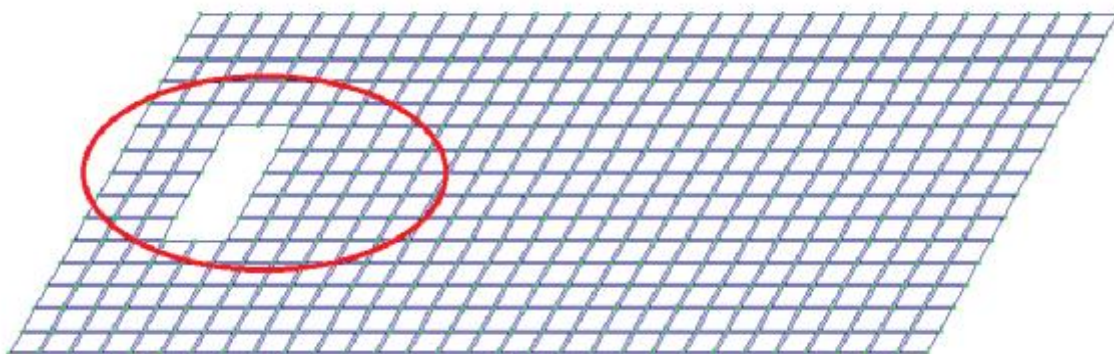
Рис. 46. Расчетная схема



Затем выделяем КЭ для вентиляционного отверстия (400x1000), расположенного симметрично относительно продольной оси и смещенного от левого торца на 600 мм. Удаляем выделенные КЭ нажатием на кнопку «Del» на клавиатуре или командой «Удаление».

### **Редактирование** → *Удаление*

Удаляем их, также удаляем узлы, которые остались внутри проема.



*Рис. 47. Расчетная схема с удаленными узлами*

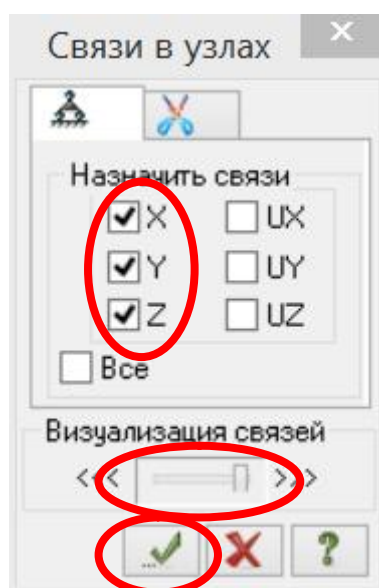
### *3. Назначение внешних связей*

Назначаем внешние связи (назначаются связи только по углам плиты).

Выделяем 4 угла (узла) плиты, и выполняем команду «Связи».

### **Схема** → *Связи*

Галочкой отмечаем линейные перемещения вдоль осей x, y и z (по ним вводим ограничения на линейные перемещения, т.е. вводим линейные внешние связи).



*Рис. 48. Диалоговое окно Связи в узлах*

#### 4. Формирование жесткости для плиты

Формируем жесткость для КЭ плиты. Сначала отмечаем все КЭ, затем используем команду «Жесткость и материалы».

##### **Жесткости** → *Жесткости и материалы*

В открывшейся форме нажатием на кнопку «Добавить» открываем дополнительную форму для ввода значений жесткостных параметров. Выбираем вкладку «Пластинчатые, объемные, численные», выбираем конечные элементы «Пластины», и задаем все необходимые параметры.

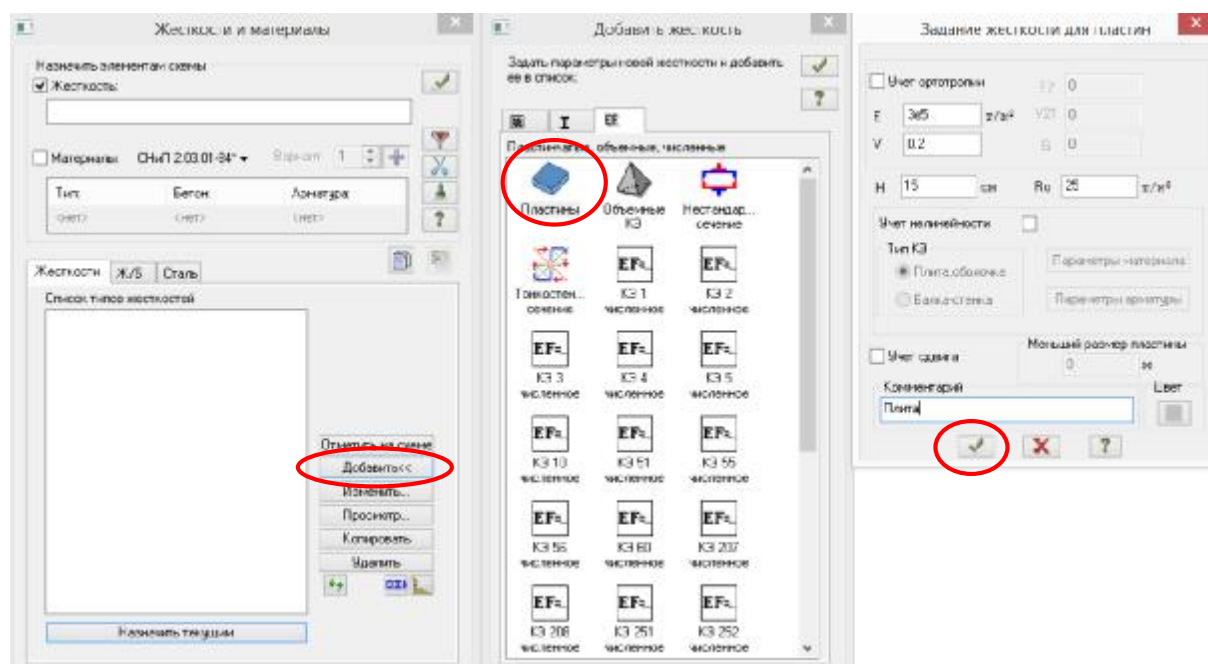


Рис. 49. Диалоговое окно *Жесткость и материалы*

Параметры жесткости плиты – модуль упругости для бетона, коэффициент Пуассона, толщина плиты и объемный вес железобетона.

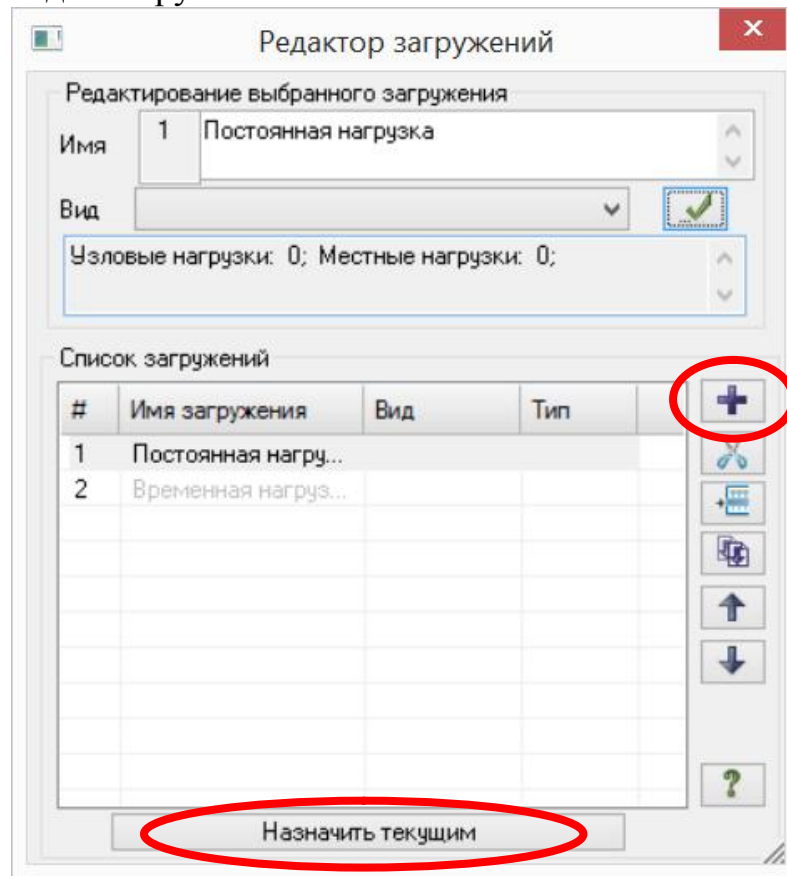
При вводе значений обращаем внимание на единицы измерения, указанные после полей с записываемыми числами.

Завершаем ввод значений жесткости при помощи кнопки «Применить», а завершение ввода жесткостей выделенным элементам – кнопкой «Применить», находящейся на основной форме.


#### 5. Назначение нагрузок

Учитываем, что у нас два нагружения – Постоянное и временное. В постоянное нагружение входит собственный вес и равномерно распределенная нагрузка от конструкции пола. Временная нагрузка – нагрузка от людей и оборудования, размещаемых на этой плите. Эта нагрузка зависит от вида помещений. Нагрузки от собственного веса пола и временная нагрузка нами уже собраны в начале занятия.

**Нагрузки** → *Редактор загрузжений*  
Формируем два загрузжения



*Рис. 50. Диалоговое окно Редактор загрузжений*

В поле «Имя» записываем название загрузжения (Постоянная нагрузка или Временная нагрузка). Кнопкой  «Добавить загрузжение» при необходимости добавляем новое загрузжение, и даем ему название.

В каждом загрузжении может быть приложена одна или несколько нагрузок. Так, для постоянной нагрузки будем формировать две нагрузки, одна будет формироваться автоматически, другая вручную.

Автоматически может быть сформирована нагрузка от собственного веса элементов расчетной схемы, для которых мы ввели значения жесткостей. Для этого используем команду «Добавить собственный вес».

**Нагрузки** → *Добавить собственный вес*

Ко всем элементам будет приложена нагрузка с учетом коэффициента надежности, указанного в заполняемой форме. Величина этого коэффициента назначается в соответствии с требованиями СП «Нагрузки и воздействия» (Приложение 1).

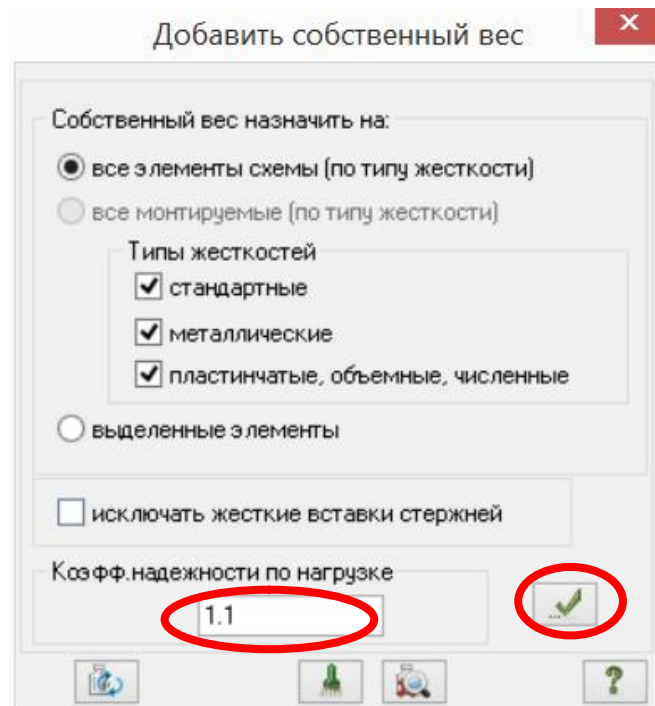


Рис. 51. Диалоговое окно *Добавить собственный вес*

Для приложения нагрузок от конструкции пола используем команду «Нагрузка на узлы и элементы», предварительно выделив все элементы расчетной схемы.

**Нагрузки** → *Нагрузка на узлы и элементы*

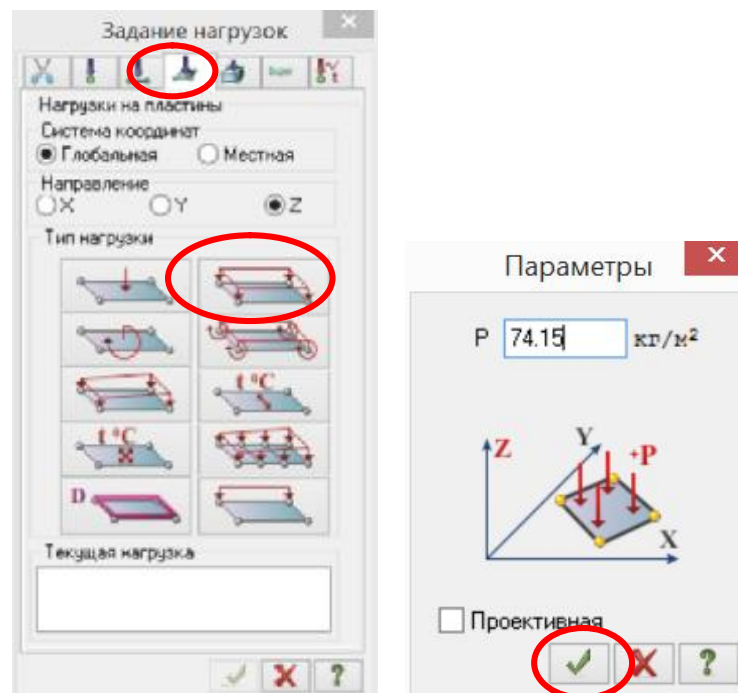


Рис. 52. Диалоговые окна *Задание нагрузок* и *Параметры*

Открываем вкладку «Нагрузка на пластины», задаем направление нагрузки (точка у указателя направления Z), «Тип нагрузки» – равномерно распределенная по всей площади конечного элемента. В открывшейся дополнительно форме записываем численное значение этой нагрузки. Знак указывает направление (положительное значение – против направления оси, отрицательное – по направлению оси).

Используя команду «Редактор загрузений», меняем загрузение с «Постоянная нагрузка» на «Временная нагрузка». Для этого щелкнем на соответствующей строке в списке загрузений, и подтвердим выбор нажатием на кнопку «Назначить текущим».

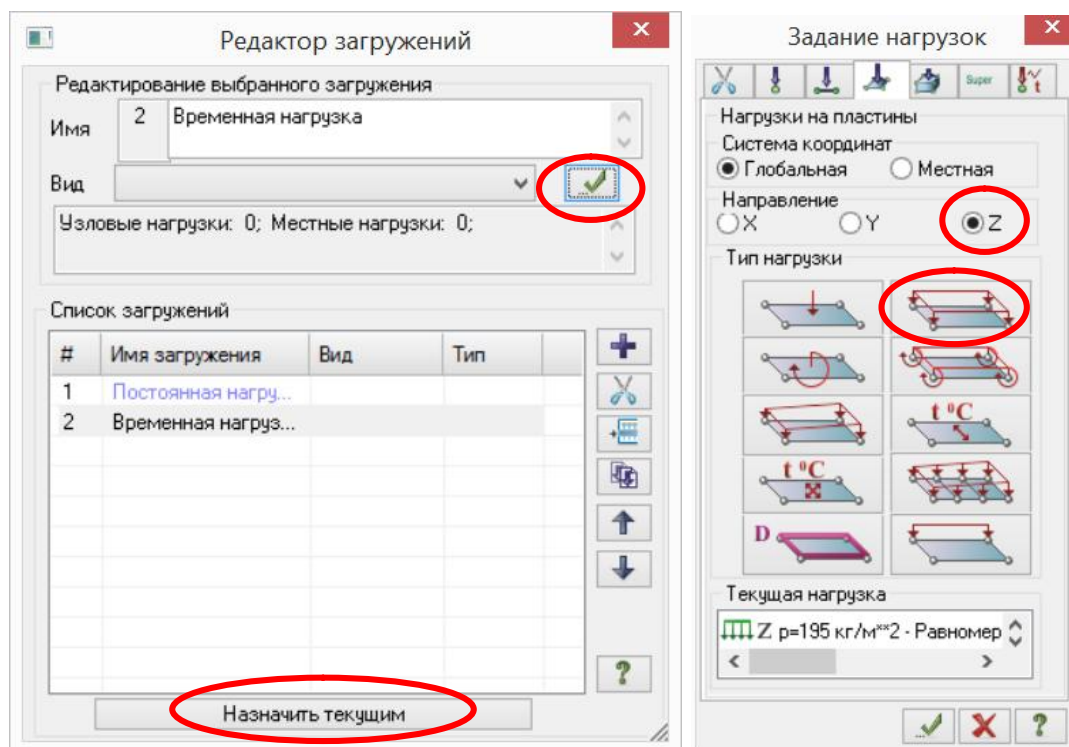


Рис. 53. Диалоговые окна Редактор загрузений и Задание нагрузок

Либо двойным кликом на нужной строке сменим загрузение.

Далее задаем саму нагрузку. При сборе нагрузок нами вычислена расчетная величина временной нагрузки –  $195 \text{ кг/м}^2$ , вот эту нагрузку и приложим к плите. Делаем это аналогично приложению нагрузки от собственного веса пола. Отмечаем (выделяем) все элементы плиты, вызываем команду «Нагрузка на узлы и элементы», выбираем вкладку «Нагрузка на пластины», указываем направление и тип нагрузки, затем в дополнительной форме вводим численное значение этой нагрузки.

## 6. Выполнение статического расчета

Выбираем команду «Выполнить полный расчет»

**Режим** → *Выполнить полный расчет*

Сворачивается окно с интерфейсом ЛИРА-ВИЗОР, открывается служебное окно, появляется протокол выполнения расчета, и если ошибок в исходных данных нет, снова появляется интерфейс ЛИРА-ВИЗОР.

## 7. Чтение, анализ полученных результатов и их документирование

Переходим в раздел «Анализ». Здесь мы можем увидеть результаты нашего расчета. Появляется изображение деформированной рассчитываемой плиты.

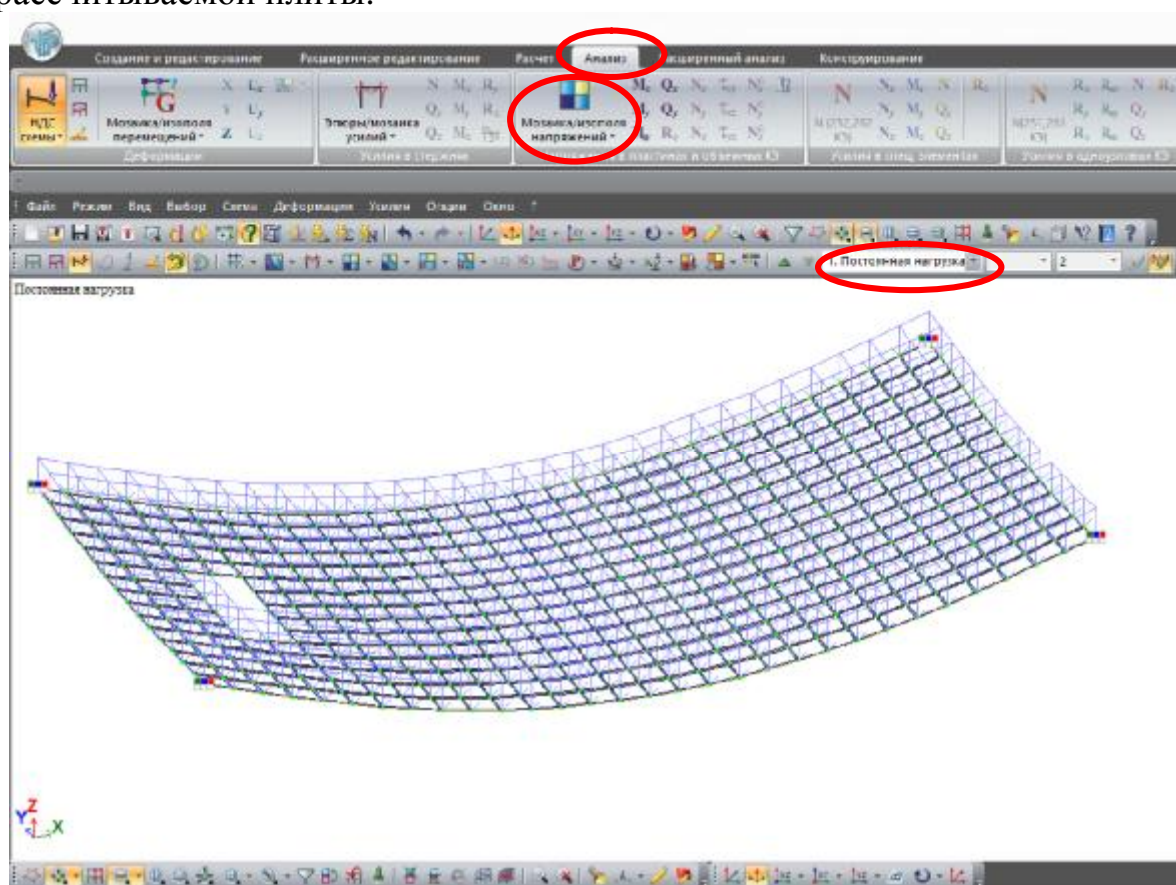
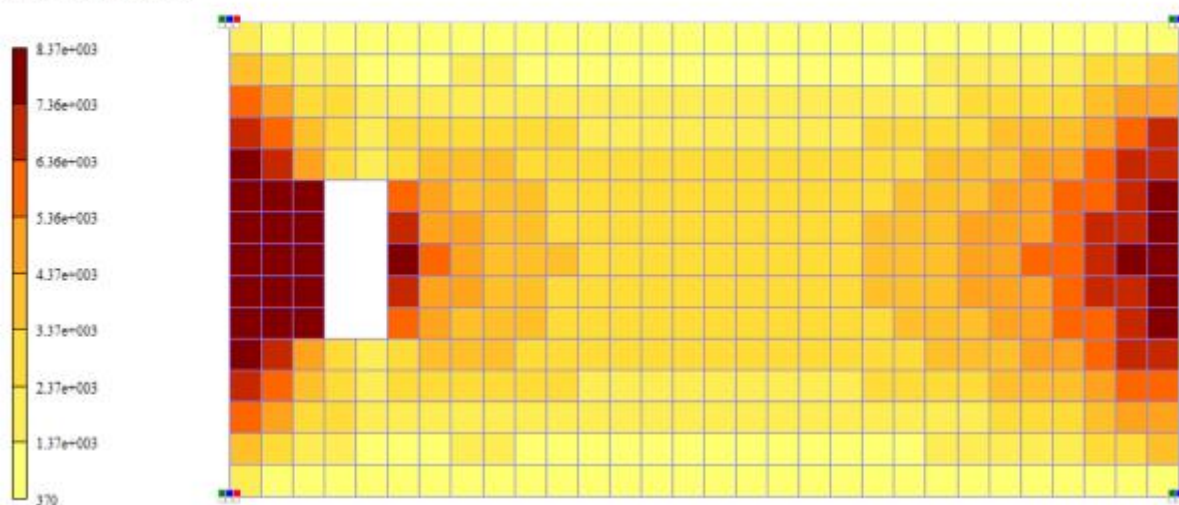


Рис. 54. Вкладка Анализ

Нажимаем на иконку «Мозаика/изополя напряжений» ( $M_y$ ,  $M_x$ ,  $M_{xy}$ ,  $Q_y$ ,  $Q_x$ ). На изображении деформированной плиты появляется мозаика выбранных напряжений. Используя возможности документирования, создаем графический файл с изображением мозаики для  $M_y$ .

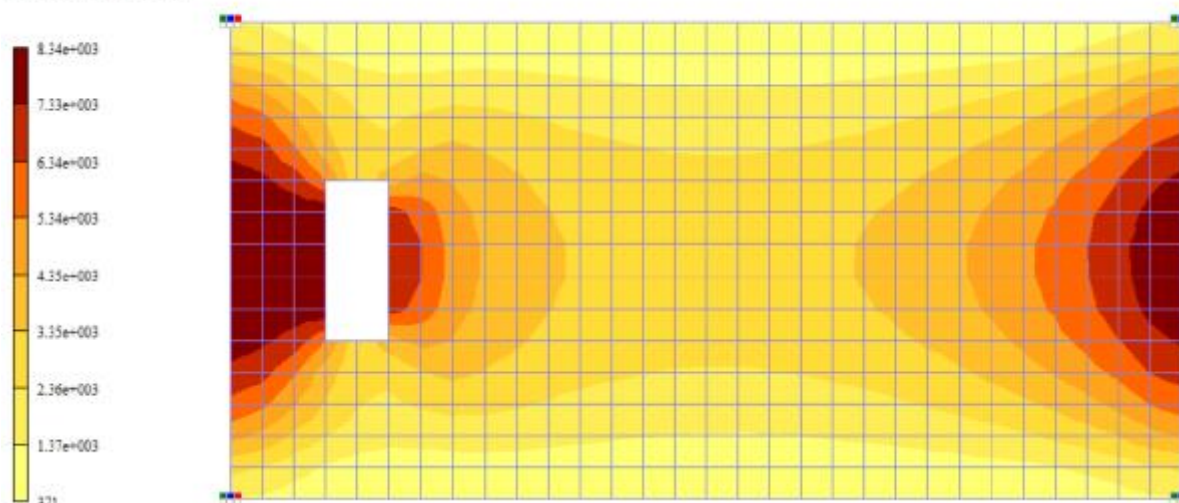
Постоянная нагрузка  
Мозаика напряжений по М<sub>xy</sub>  
Единицы измерения - (кг\*м)/м



*Рис. 55. Мозаика напряжений*

При переключении с мозаики на изополя представленная информация будет более детально описывать изменение напряжений по КЭ плиты. В мозаике каждый КЭ окрашивается в один цвет (среднее значение напряжений по КЭ, при использовании изополей внутри каждого КЭ появляется градация изменений этих напряжений, а, следовательно, и цвета. Выглядеть это будет примерно вот так.

Постоянная нагрузка  
Изополя напряжений по М<sub>xy</sub>  
Единицы измерения - (кг\*м)/м



*Рис. 56. Изополя напряжений*

Результаты в виде таблиц можно получить аналогично результатам, рассмотренным в теме 1. Вызываем контекстное меню (нажатие на правую кнопку мыши, когда курсор расположен на графическом поле), выбираем стандартные таблицы, в них выбираем таблицы усилий, соглашаемся с

указанием по умолчанию с выбором всех загрузок, и получаем таблицу усилий в КЭ плиты.

ЛИРА-САДР - тема 2 - занятие 1\_06.11.14.2 - занятие 1

Элементы изменения усилий: кг  
 Элементы изменения напряжений: кг/м\*\*2  
 Элементы изменения моментов: кг\*м  
 Элементы изменения распределенных моментов: (кг\*м)/м  
 Элементы изменения распределенных перемещений: см: кг/м  
 Элементы изменения перемещений поверхностей в элементах: м

Wed Sep 23 21:11:00 2010 тема 2 - занятие 1 основная схема 1

У С И Л И Я / НАПРАВЛЕНИЯ / В ЭЛЕМЕНТАХ.

44_	1-1	2-1	3-1	4-1	5-1	6-1	7-1	8-1
1	32	63	94	125	156	187	218	
2	33	64	95	126	157	188	219	

3- ПОСТОЯННАЯ НАГРУЗКА

МК	МУ	МКУ	СХ	СУ
1885.10	1470.53	1488.42	1301.77	1035.49
1413.85	3859.02	5482.43	6691.47	7647.37
7189.54	3759.35	4302.25	3968.18	1648.56
14839.3	8836.13	7634.85	6664.01	5309.67
12008.6	4973.31	8020.98	3249.23	1139.89

2- ВЕРХНЯЯ НАГРУЗКА

МК	МУ	МКУ	СХ	СУ
80.0149	17.8831	49.2897	60.4840	46.0889
45.4653	179.230	234.480	310.787	351.472
333.837	247.202	199.811	137.856	86.7880
489.177	412.848	355.504	309.485	246.585
547.890	323.876	233.165	150.826	82.4999

8-1 10-1 11-1 12-1 13-1 14-1 15-1 16-1

249	280	311	342	373	404	435	2
250	281	312	343	374	405	436	3

3- ПОСТОЯННАЯ НАГРУЗКА

МК	МУ	МКУ	СХ	СУ
520.300	744.189	1035.49	1301.78	1489.60
8299.70	8076.14	7847.23	6691.37	5482.37
-455.896	-1051.47	-1849.18	-2968.78	-4302.84
2359.28	3709.80	5009.95	6363.90	7654.77
429.312	113.391	-1129.87	-3249.08	-8019.90

2- ВЕРХНЯЯ НАГРУЗКА

МК	МУ	МКУ	СХ	СУ
24.1623	34.8401	48.3889	60.4840	69.1307
395.245	379.114	351.472	310.787	254.630
-21.1870	-48.8140	-86.7880	-137.856	-199.811
109.382	172.103	246.585	309.485	355.504
410.368	609.177	519.955		

Рис. 57. Стандартная таблица

Сохранить все полученные результаты можно, скопировав необходимые изображения и тексты, вставив их затем в текстовый редактор, например, в Word. В этом же текстовом файле можно сохранить и сбор нагрузок.

## Занятие 2

### Основные вопросы занятия

На втором занятии:

1. Самостоятельное выполнение работы (закрепление навыков сбора нагрузок и создания расчетной схемы).
2. Создание расчетной схемы с использованием встроенных возможностей вычислительного комплекса для ускорения создания расчетных схем, в частности «Триангуляции». Триангуляция выполняется для «Контур с отверстием».
3. Демонстрируется согласование местных осей при использовании создания плоских КЭ командой «Триангуляция».



## Алгоритм выполнения работы

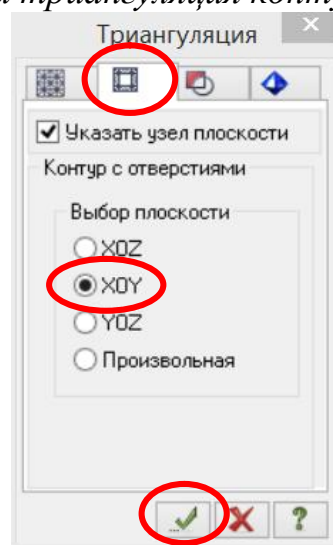
### 1. Создание расчетной схемы с использованием команды «Триангуляция»

Создание расчетной схемы с использованием команды «Триангуляция» позволяет создать достаточно сложную в плане плиту сразу с отверстиями. Для этого используется триангуляция для «Контура с отверстием». Необходимость создания таких сложных плит связана с тем, что не всегда возможно подобрать размер КЭ так, чтобы можно было образовать необходимое по размеру и конфигурации отверстие в плите.

В таких случаях имеется возможность генерировать КЭ на каком-либо контуре. Для образования контура необходимы узлы. Для нашего примера необходимо создать четыре узла внешнего контура и четыре узла внутреннего контура для отверстия.

Узлы создаем уже известным способом, командами «Добавить узел» и «Копировать выбранные объекты». Создаем 8 узлов с координатами: 1(0;0;0), 2(0;3;0), 3(6;3;0), 4(6;0;0), 5(0,6;1;0), 6(0,6;2;0), 7(1;1;0), 8(1;2;0). Для удобства во «Флагах рисования» укажем отображение нумерации узлов.

**Создание** → *Создание и триангуляция контуров*

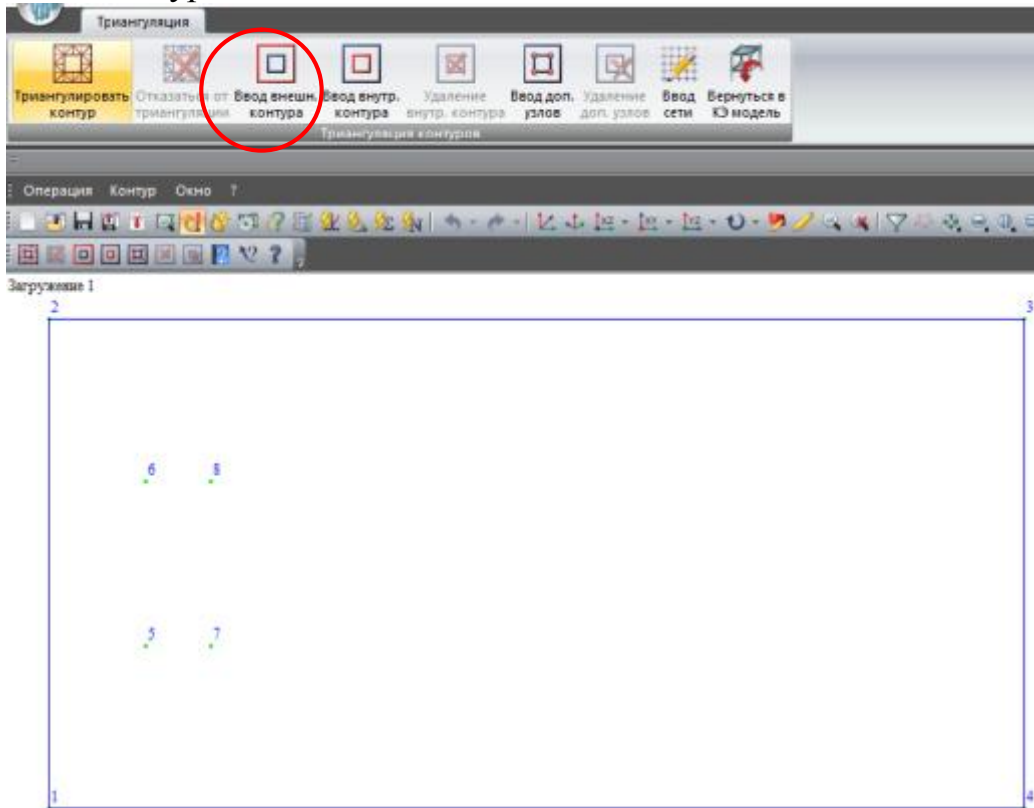


**Рис. 58.** Диалоговое окно *Триангуляция*

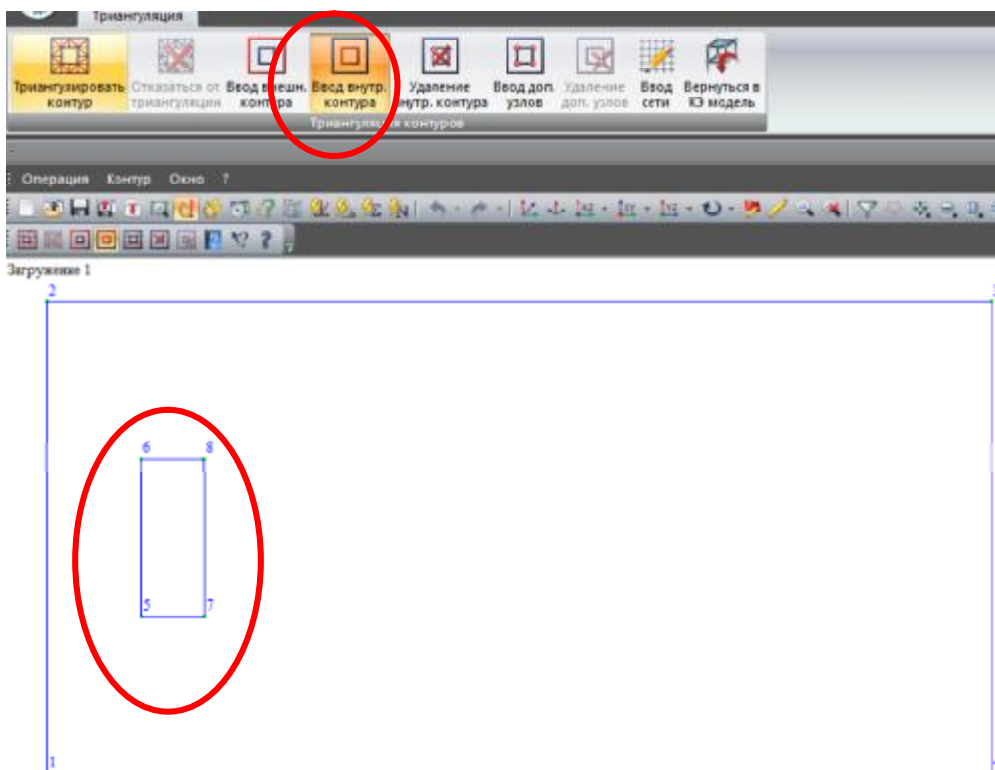
Открывается новое окно, выбираем кнопку «Ввод внешнего контура».

Аналогично созданию стержней, кликая на узлах внешнего контура (1, 2, 3 и 4), обходим его (по часовой или против часовой стрелки) так, чтобы создавался выпуклый контур (без пересечения отдельных сторон друг с другом).

Далее выбираем «Ввод внутреннего контура», и соединяем узлы 5, 6, 7, 8 (т.е. контур отверстия) аналогично внешнему контуру, также создавая выпуклый контур.

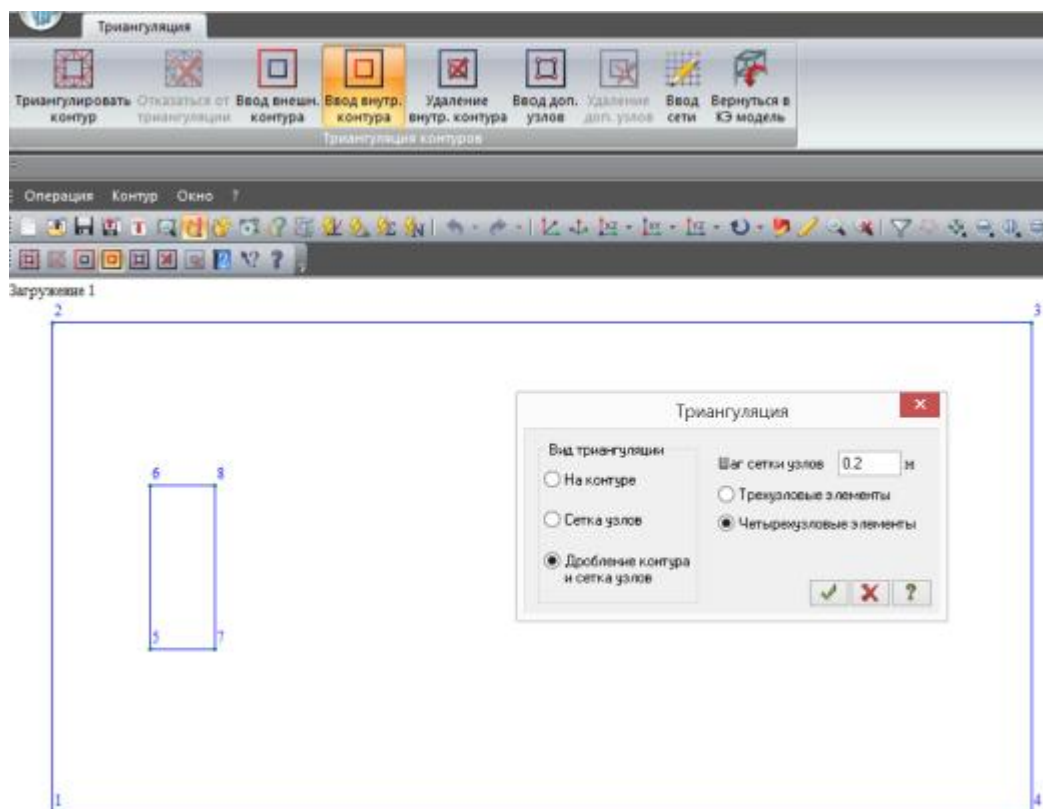


*Рис. 59. Создание и триангуляция контуров*



*Рис. 60. Создание и триангуляция контуров*

Затем кликаем по кнопке «Триангулировать контур». В новом окне выбираем «Четырехузловые элементы», шаг сетки узлов задаем 0.2 м, нажимаем «Применить».



**Рис. 61. Создание и триангуляция контуров**

Далее кликаем по иконке «Вернуться в КЭ модуль». Получаем готовую топологию.

При использовании сложных команд, копировании генерации возникают «двойные» узлы, т.е. узлы в одной и той же точке пространства, но с разной нумерацией. Такие узлы создают ошибки при расчетах. Для устранения таких узлов производят «Упаковку схемы».

**Схема** → *Упаковка схемы*

## 2. *Согласование местных осей*

При генерации плоских КЭ возникает сложность с согласованием местных осей КЭ. Если игнорировать это, полученные результаты будут неадекватны действительным распределениям напряжений.

Для того чтобы увидеть ориентацию местных осей для плоских или объемных КЭ, необходимо во «Флагах рисования» установить галочку

возле свойства «Местные свойства пластин и объемных КЭ» или «Согласование осей пластин и объемных КЭ».

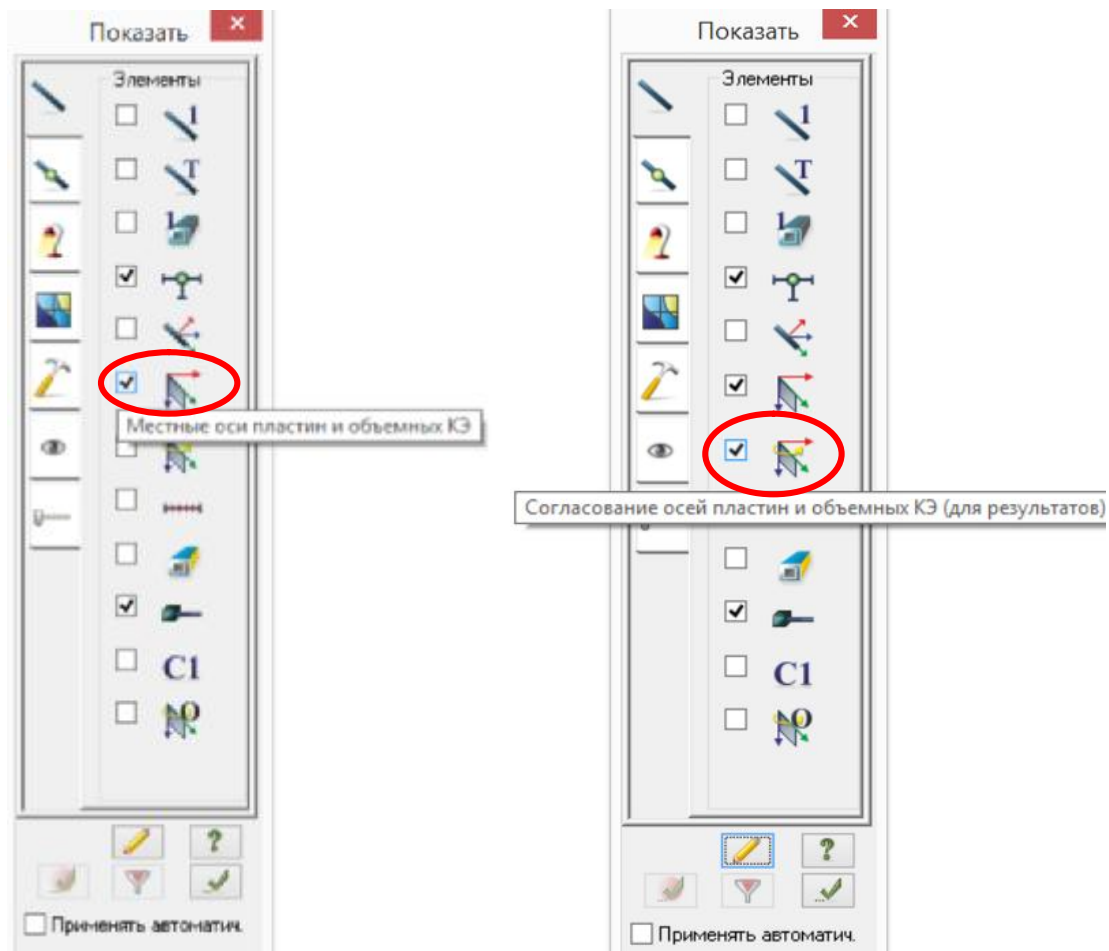


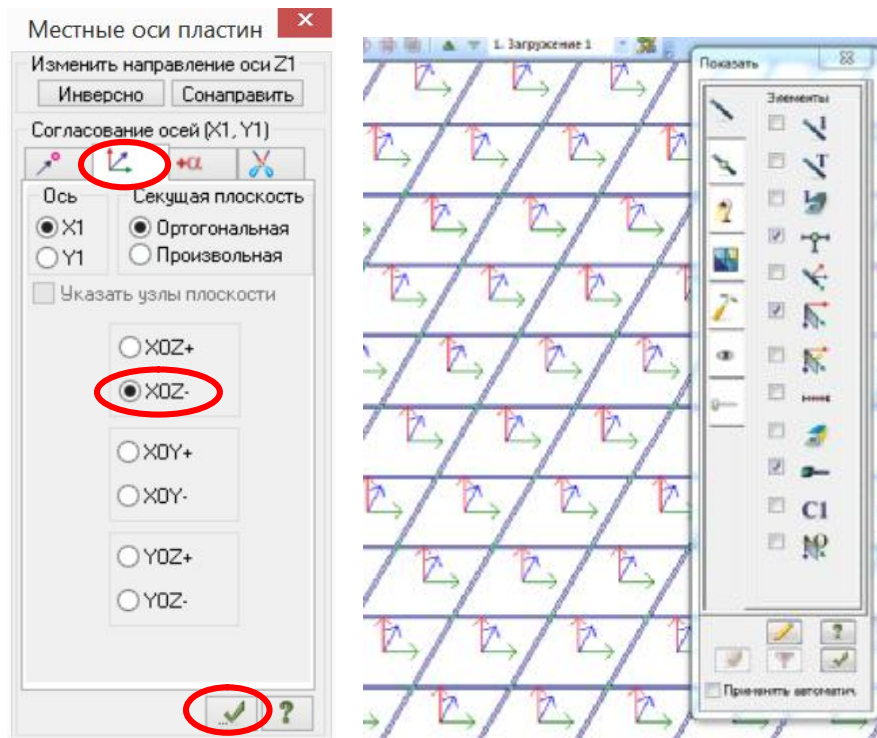
Рис. 62. Диалоговое окно Флаги рисования

Если эти оси не согласованы, необходимо их согласовать.

Для этого используем команду «Местные оси пластин».

Согласование выполняется после отметки необходимых для согласования КЭ.

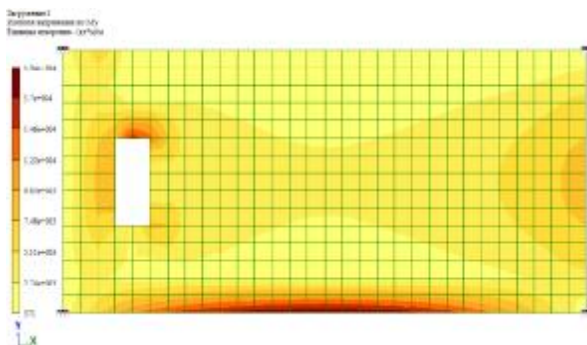
**Редактирование** → *Местные оси пластин*



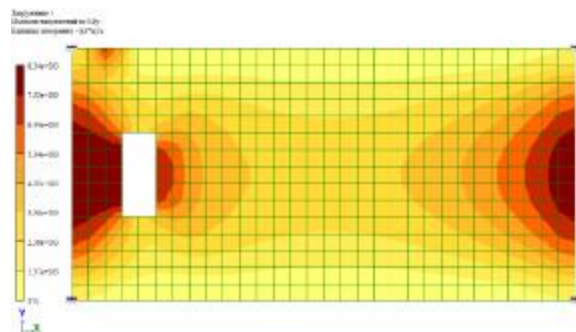
**Рис. 63. Диалоговое окно Местные оси пластин**

Выбираем в появившейся форме ось, секущую плоскость и указываем положение этой плоскости. После выполнения этой команды у всех отмеченных КЭ местные оси будут согласованы, т.е. будут располагаться одинаково.

Результаты расчетов до и после согласования осей



**Рис. 64. Результаты расчета до согласования осей**



**Рис. 65. Результаты расчета после согласования осей**

Результаты расчетов можно сравнить с выполнением аналогичного расчета без использования «Триангуляции». Результаты будут одинаковыми, если выполнено согласование местных осей.

## Занятие 3

### Основные вопросы занятия

1. Выполнение индивидуального задания по варианту.

### Особенности

На третьем занятии выполняется контроль полученных навыков, приобретенных на двух предыдущих занятиях этой темы.

Результаты выполнения работы сохраняются в виде двух файлов: ЛИРА-САПР 2013 R5 (.lir) и текстового (doc).

Варианты заданий приведены в приложении 3.

## Тема 3 «Ферма»

**Знакомство со сбором снеговых нагрузок по СП 20.13330.2011. Нагрузки и воздействия. Составление расчетной схемы фермы. Знакомство с понятием расчетного сочетания усилий (РСУ) и расчетных сочетаний нагрузок (РСН). Выполнение расчета с документированием полученных результатов**

## Занятие 1

### Основные вопросы занятия

На первом занятии:

1. Знакомство со сбором нагрузок от снега по СП «Нагрузки и воздействия». Расчет узловых нагрузок. Разные варианты схем приложения временных нагрузок
2. Создание расчетной схемы с использованием «Генерации ферм»
3. Назначение внешних связей для опорных узлов.
4. Формирование жесткости для стержней и прокатных уголков (сечение из двух уголков, составленных в тавр).
5. При назначении нагрузок демонстрация создания трех загружений (собственный вес, снег 1-го варианта, снег 2-го варианта).  
Использование кнопки «Добавить собственный вес»
6. Формирование таблицы РСУ.

7. Выполнение статического расчета.
8. Чтение, анализ полученных результатов и их документирование.  
Анализ таблицы с расчетными сочетаниями усилий (PCY).

### Особенности

Для сбора узловых нагрузок вводится понятие «Грузовая площадь». Расчет нагрузок на крайние и промежуточные узлы.

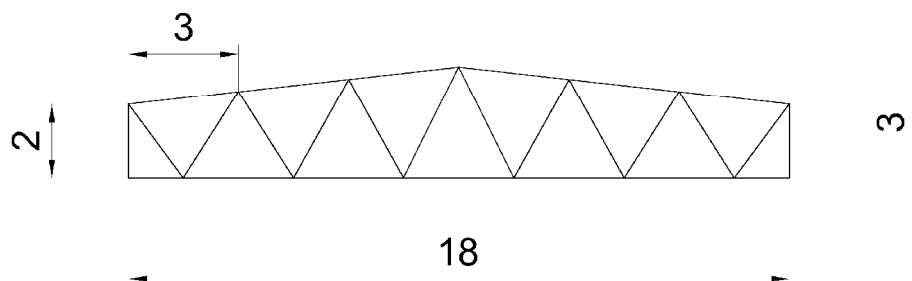
Демонстрируется расчет с использованием введения шарниров и использование смены типа конечного элемента (4-й тип КЭ пространственной фермы вместо 10-го КЭ универсального) или признака схемы (1-й признак вместо 5-го).

При составлении таблицы PCY – обратить внимание на «группу взаимоисключающих нагрузений» для правильного формирования сочетаний от двух вариантов снега.

При чтении результатов «PCY (стержни)» обратить внимание на отсутствие одновременного появления несовместных нагрузений.

Пояснение понятия расчетов с использованием РСН. Формирование РСН, отличие чтения результатов с PCY и РСН

#### **Задание:**



*Рис. 66. Расчетная схема фермы*

Пролет – 18 м

Шаг – 6 м

Стальная ферма из равнополочных уголков L100x12 мм. Размер ячейки 3 м, высота на опоре 2 м, в пролете 3 м.

Нагрузки: собственный вес, от покрытия –  $100\text{кг/м}^2$ , снег – IV снеговой район в двух вариантах: на всем пролете и на половине – требование СП 20.13330.2011 – пункт Г.1 приложения Г к СП (Приложение 1).

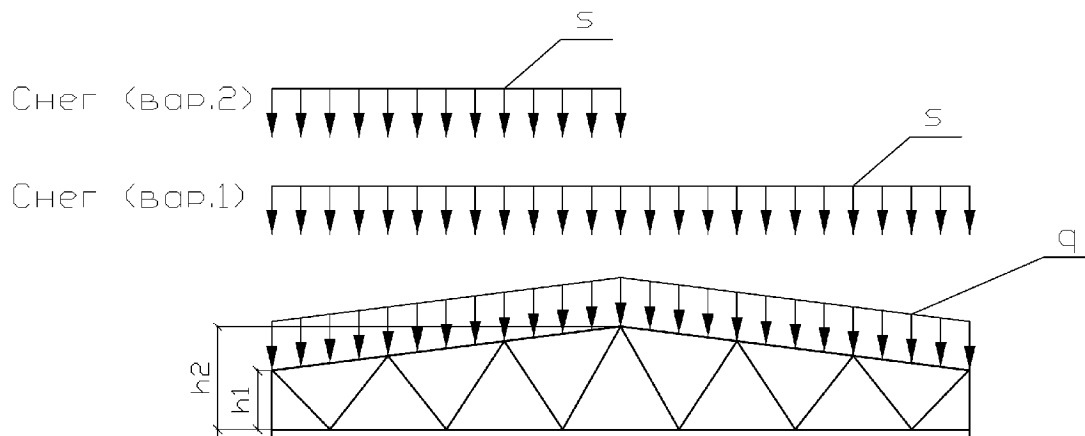


Рис. 67. Схема приложения нагрузок

Узловая нагрузка

- собственный вес покрытия  $q=100 \cdot 6 \cdot 3 = 1800\text{кг} = 18\text{кН}$ ;
- снег  $s=240 \cdot 6 \cdot 3 = 4320\text{кг} = 43.2\text{кН}$ .

### Алгоритм выполнения работы

#### 1. Сбор нагрузок

Сбор нагрузок на квадратный метр от собственного веса покрытия может быть выполнен аналогично описанному в теме 2 «Плита», в нашем случае эта величина принимается по заданию  $100\text{кг}/\text{м}^2$ . Сбор нагрузок от снега выполняется в соответствии с требованиями СП 20.133330.2011 «Нагрузки и воздействия». Выписка из этого нормативного документа приведена в Приложении 1. По заданному снеговому району (IV снеговой район) в таблице 10.1 СП 20.133330.2011 находим  $S_g$  – вес снегового покрова на  $1\text{ м}^2$  горизонтальной поверхности земли, это значение равно  $2.4\text{кПа}$ , т.е.  $S_g = 2.4\text{кН}/\text{м}^2$ .

Нормативное значение снеговой нагрузки на горизонтальную проекцию покрытия определяем по формуле:

$$S_0 = 0,7 c_e c_t m S_g.$$

Принимаем величины  $c_e$  (коэффициент, учитывающий снос снега с покрытий зданий),  $c_t$  (термический коэффициент),  $m$  (коэффициент перехода от веса снегового покрова земли к снеговой нагрузке на покрытие) в соответствии с указаниями СП 20.133330.2011, равными 1.

Численное значение нормативной снеговой нагрузки будет равно:

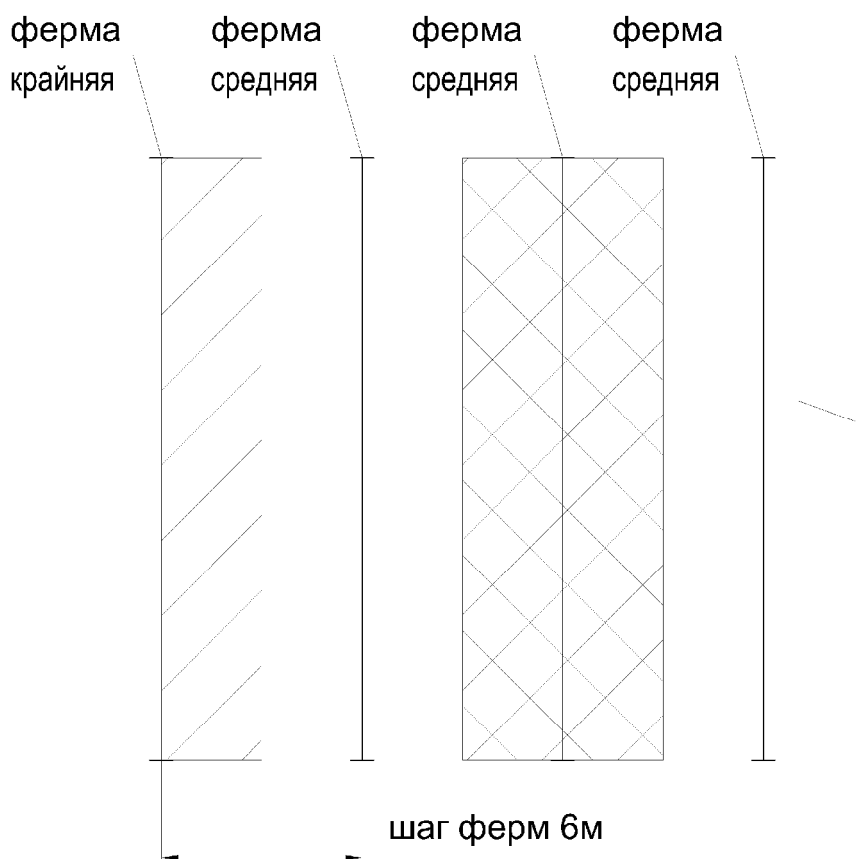
$$S_0 = 0,7 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 2.4 = 1.68\text{кН}/\text{м}^2.$$

Расчетная снеговая нагрузка будет определяться с учетом коэффициента надежности по нагрузке (пункт 10.12 СП 20.133330.2011)  $\gamma = 1.4$ , следовательно:



$$S_0 = S_0 \cdot g = 1.68 \cdot 1.4 = 2.352 \text{ кН/м}^2.$$

Для определения узловой нагрузки (нагрузки, приходящейся на узел верхнего пояса фермы), необходимо учитывать грузовую площадь, т.е. площадь, с которой необходимо собрать нагрузку. Для определения грузовой площади необходимо рассмотреть взаимное расположение ферм и узлов верхнего пояса. Рассмотрим вначале взаимное расположение ферм (план ферм).



**Рис. 68. План фермы**

Для крайней фермы зона влияния нагрузки будет ограничена самой фермой и серединой расстояния между этой (крайней фермой) и соседней (рядовой фермой). Эта зона заштрихована косой штриховкой. Для средних ферм эта зона влияния будет ограничена полосой, шириной половины шага ферм с левой стороны от рассматриваемой фермы, и половины шага ферм с правой стороны (эта зона имеет на рисунке перекрестную штриховку).

Рассуждая аналогичным образом по отношению к расположению узлов верхнего пояса самой фермы, будем иметь следующее.

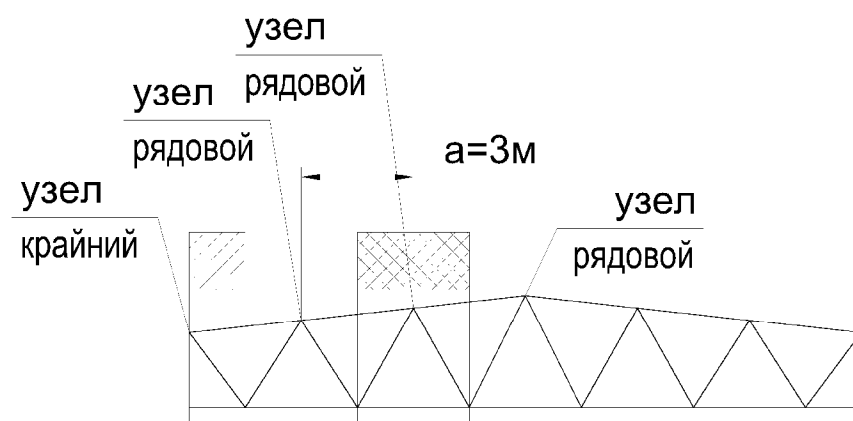


Рис. 69. План фермы

Для крайнего узла зона влияния нагрузки будет ограничена рассматриваемым узлом и половиной расстояния до соседнего узла (среднего). Ширина этой зоны будет равна половине шага узлов (размера панели  $a=3$  м), отмечена на рисунке косой штриховкой. Для рядового узла эта зона будет больше, половина шага слева плюс половина шага справа, при одинаковых шагах между узлами – шаг  $a=3$  м. Зона влияния для среднего узла имеет на рисунке перекрестную штриховку.

Таким образом, грузовая площадь для крайнего узла крайней фермы будет равна произведению половины шага ферм на половину шага узлов (половине размера панели):

- Грузовая площадь крайнего узла рядовой фермы  $F_{гр} = B \cdot a/2 = B \cdot a/2$
- Грузовая площадь рядового узла крайней фермы  $F_{гр} = B/2 \cdot a = B \cdot a/2$
- Грузовая площадь рядового узла рядовой фермы  $F_{гр} = B \cdot a = B \cdot a$

При выполнении расчетов по данной теме рассматриваем рядовую ферму покрытия здания, подсчитываем нагрузки для нее.

Узловая нагрузка крайнего узла:

- собственный вес покрытия  $q = 100 \cdot 6 \cdot 3/2 = 900\text{кг} = 9\text{кН}$ ;
- снег  $S = 2.352 \cdot 6 \cdot 3/2 = 21.168\text{кН} = 2116.8\text{кг}$ .

Узловая нагрузка рядового узла:

- собственный вес покрытия  $q = 100 \cdot 6 \cdot 3 = 1800\text{кг} = 18\text{кН}$ ;
- снег  $S = 2.352 \cdot 6 \cdot 3 = 42.336\text{кН} = 4233.6\text{кг}$ .

## 2. Создание расчетной схемы:

Создается топология (узлы, стержни и другие КЭ) с использованием заложенных разработчиками расчетного комплекса возможностями генерирования большого количества стандартных конструкций, в частности, ферм.

## Создание → Фермы

Через открывшееся меню подбираем наиболее похожий на требуемый тип фермы:

По очертанию поясов, затем по очертанию решетки

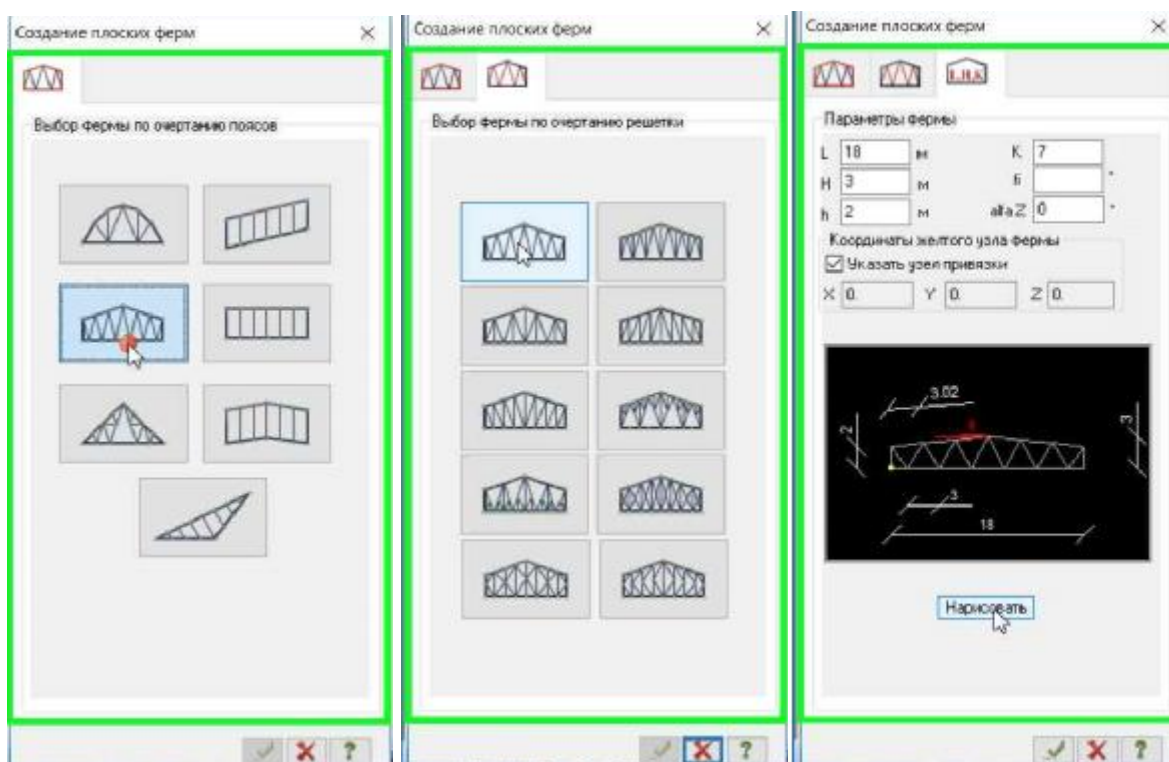


Рис. 70. Диалоговое окно Создание плоских ферм

Далее вводим числовые параметры фермы, где:

L – пролет фермы

H – высота фермы в середине пролета

h – высота фермы на опоре (наименьшая высота)

K – количество панелей фермы

Для проверки используем команду «Нарисовать», и проверяем полученную ферму.

Подтверждаем окончание ввода данных по ферме нажатием кнопки «Применить».

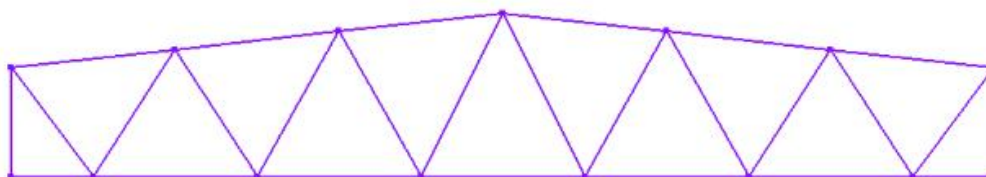


Рис. 71. Расчетная схема

Для корректной работы необходимо избавиться от двойных узлов в одной и той же точке пространства. Выполняется команда «Упаковка схемы».

**Схема** → *Упаковка схемы*

### 3. Задание условий закрепления, наложение внешних связей

Левый опорный узел (крайний левый узел нижнего пояса фермы) должен быть закреплен от смещения по горизонтали и вертикали, правый опорный узел (крайний левый узел нижнего пояса фермы) достаточно раскрепить от смещения по вертикали.

Для задания внешних связей используем команду «Связи», предварительно отметив необходимый узел.

**Схема** → *Связи*

Назначаем связи в соответствии с условиями задачи

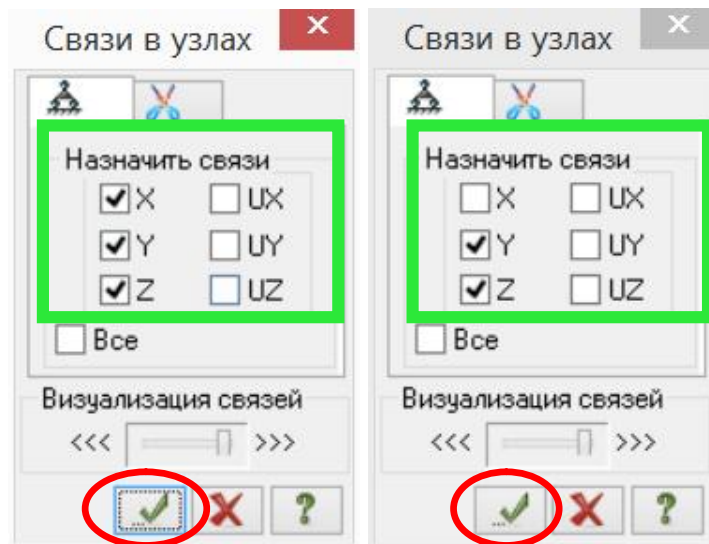


Рис. 72. Диалоговое окно Связи в узлах

### 4. Формирование жесткости КЭ

**Жесткости** → *Жесткости и материалы*

В открывшейся при выполнении этой команды форме необходимо заполнить список жесткостей, и из этого списка назначить всем КЭ соответствующие жесткости. Так как все элементы фермы (все стержни фермы) по заданию стальные, воспользуемся при создании списка жесткостей заложенной разработчиками базой данных по стальным профилям аналогично теме №1 «Рама». Отличие будет только в том, что необходимо выбрать сечение из двух уголков, составленных в тавр.

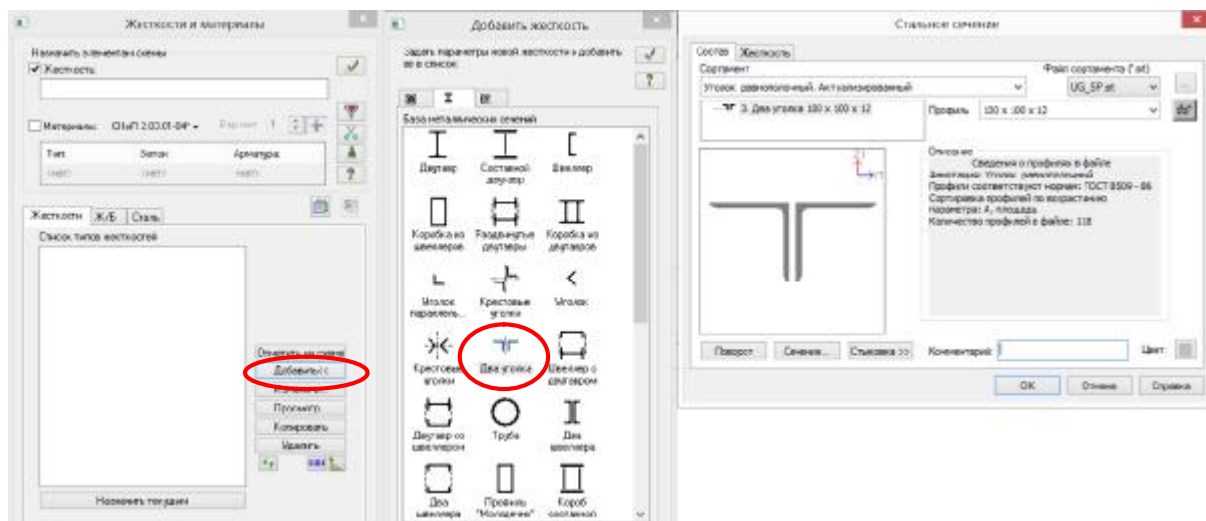


Рис. 73. Диалоговое окно Жесткости и материалы

### 5. Формирование и приложение нагрузок

В данной задаче мы рассматриваем приложение нескольких нагрузок: от собственного веса конструкции покрытия, а также снеговую нагрузку на конструкцию фермы. Следует отметить, что снеговая нагрузка должна быть учтена в двух вариантах приложения (согласно СП 20.13330.2011), Нагрузка будет приложена к узлам фермы, причем нагрузка на рядовые узлы фермы и нагрузка на крайние узлы фермы – различна (расчет этих нагрузок нами уже выполнен выше). Напомним, что величина узловой нагрузки будет:

*от собственного веса покрытия:*

на рядовые узлы  $P = 18\text{кН}$

на крайние узлы:  $P = 9\text{кН}$


*от снега:*

на рядовые узлы:  $S = 42,336\text{кН}$

на крайние узлы:  $S = 21,168\text{кН}$ .

Начинаем с создания «Загружений». Для этого используется команда «Редактор загружений»

**Нагрузка** → *Редактор загружений*

В открывающейся форме даем имена загружениям, например, «Постоянные нагрузки» (или «Собственный вес»), «Снег на всем пролете», «Снег на половине пролета» (или «Снег  $\frac{1}{2}$ »), и создаем эти загружения нажатием на кнопку с изображением знака  (плюс). При создании в Списке загружений появляется еще одна строчка, название которой мы и редактируем:

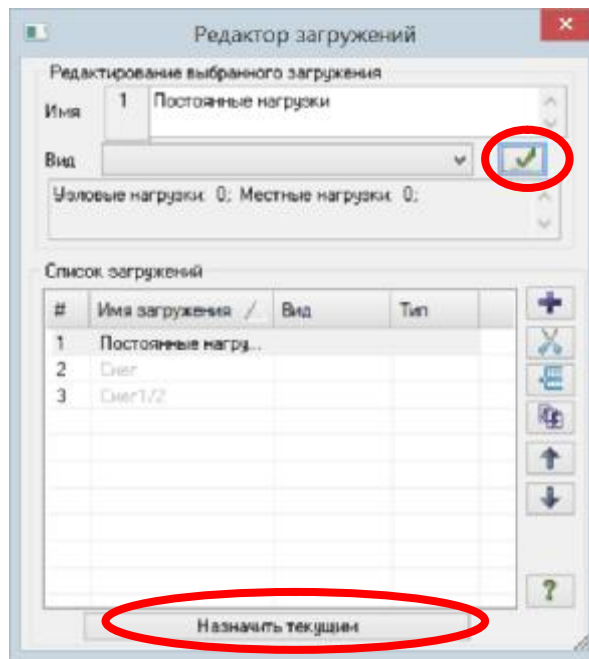


Рис. 74. Диалоговое окно Редактора загрузжений

В загрузжении «Собственный вес» прикладываем нагрузки от собственного веса покрытия ко всем узлам (не забываем, что рядовые и крайние узлы должны быть нагружены соответствующей величиной нагрузки). В загрузжениях «Снег на всем пролете» и «Снег на половине пролета» величины нагрузок должны соответствовать нагрузкам от снега.

На графическом поле слева вверху указывается актуальное загрузжение, с которым работаем. Переключение на другое загрузжение выполняется через «Редактор загрузжений». Выбирается из списка необходимое загрузжение, и нажатием на клавишу «Назначить текущим» (или двойным кликом на нужной строчке) производится переключение.

Задание самих величин нагрузок выполняется командой «Нагрузка на узлы и элементы».

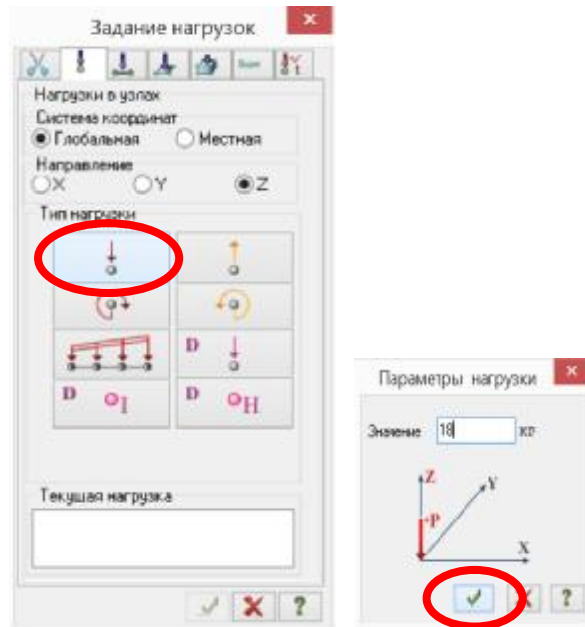
#### **Нагрузка** → *Нагрузка на узлы и элементы*

Предварительно отмечаем нужные узлы с использованием команды «Отметка узлов».

**Выбор** → *Отметка узлов*,  
щелчка или обводя нужные узлы

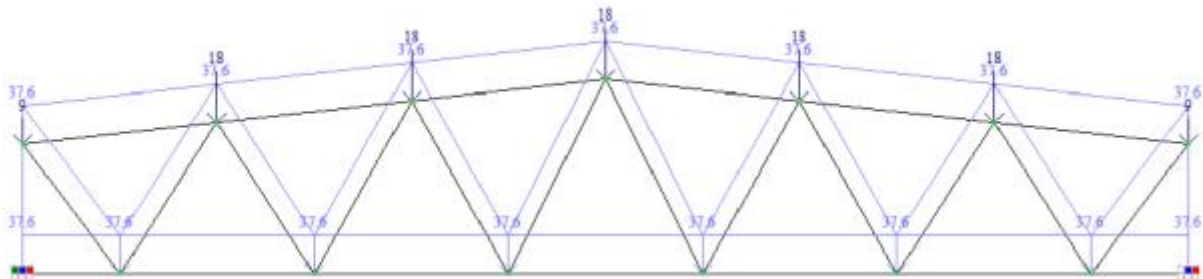
При задании нагрузок следует обратить внимание на вкладку в форме при задании величин нагрузок. Выбранная вкладка должна быть «Нагрузки в узлах». Кроме того, выбирается направление нагрузки (точкой должно быть выбрано направление «Z») и «Тип нагрузки» – выбираем сосредоточенную силу. В поле «Значение» вводится само численное

значение нагрузки (знак плюс или минус указывает направление против оси или по оси, соответственно). На рисунке рядом с полем ввода численного значения имеется подсказка по знаку и соответственно направлению нагрузки.

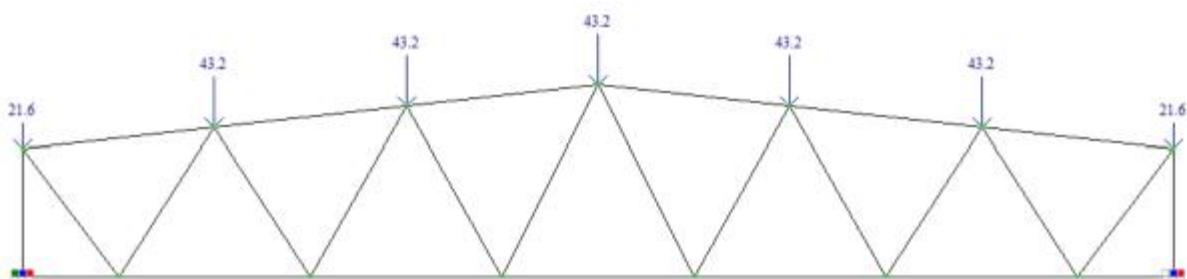


*Рис. 75. Диалоговое окно Задание нагрузок*

Аналогично прикладываем нагрузку к крайним узлам фермы:



*Рис. 76. Первое загрузжение – постоянная нагрузка*



*Рис. 77. Второе загрузжение – снеговая нагрузка на весь пролет*

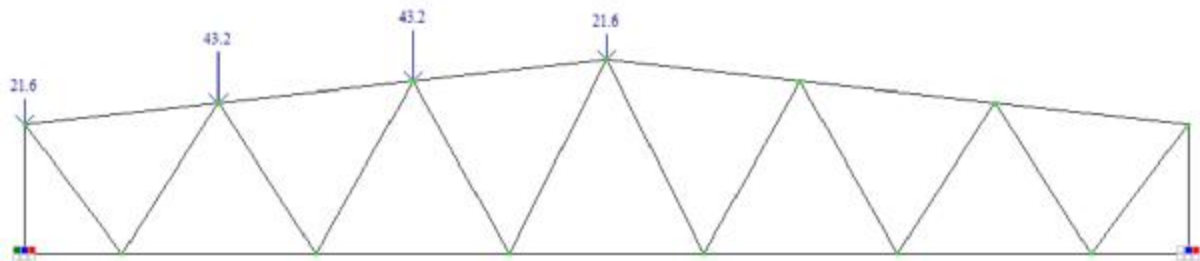


Рис. 78. Третье загрузжение – снеговая нагрузка на пол-пролета

б. Создаем таблицу РСУ (Расчетные сочетания усилий):

**Нагрузки** → РСУ → Генерация таблиц РСУ.

Заполняем ее по следующему образцу (учитывая, что должны быть выбраны «Строительные нормы» – СП 20.13330.2011), для собственного веса «Вид загрузки» должен быть выбран «Постоянное», для снега – «Кратковременное».

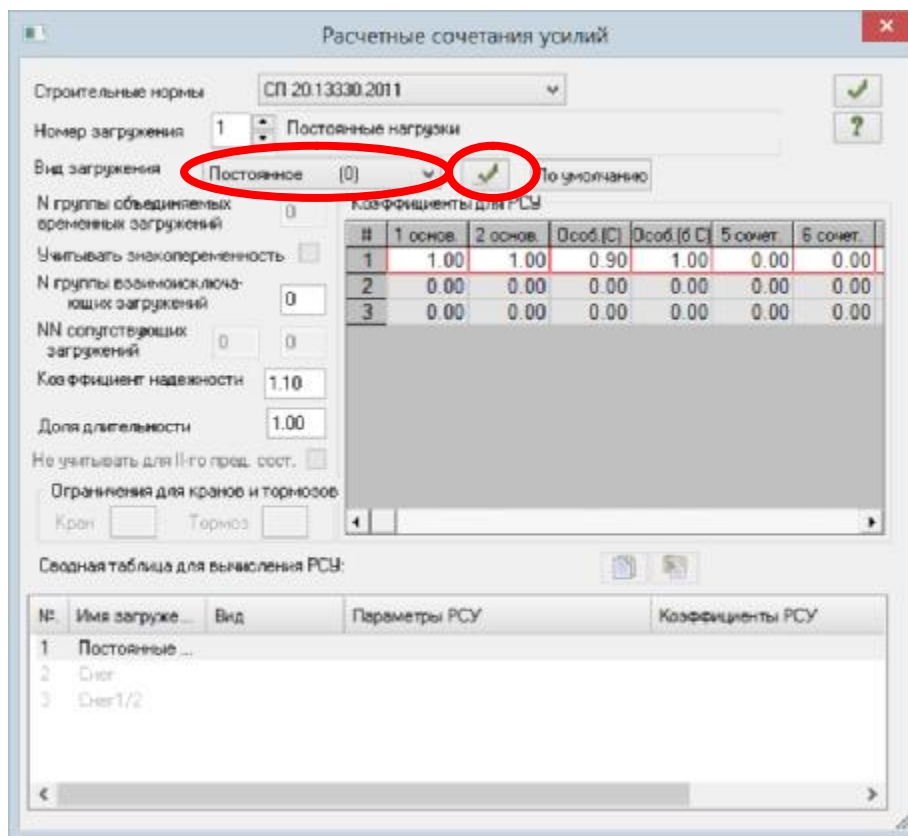


Рис. 79. Диалоговое окно Расчетные сочетания усилий

Для корректного учета двух вариантов снеговой нагрузки (эти нагрузки не должны быть учтены одновременно) в поле «N группы взаимоисключающих загрузжений» необходимо указать один и тот же номер, например, «1». Завершаем ввод очередного загрузжения нажатием



кнопки «Применить» (рядом с полем «Вид загрузки»), а сохраняем заполненную таблицу нажатием на кнопку «Подтвердить» (в правом верхнем углу формы).

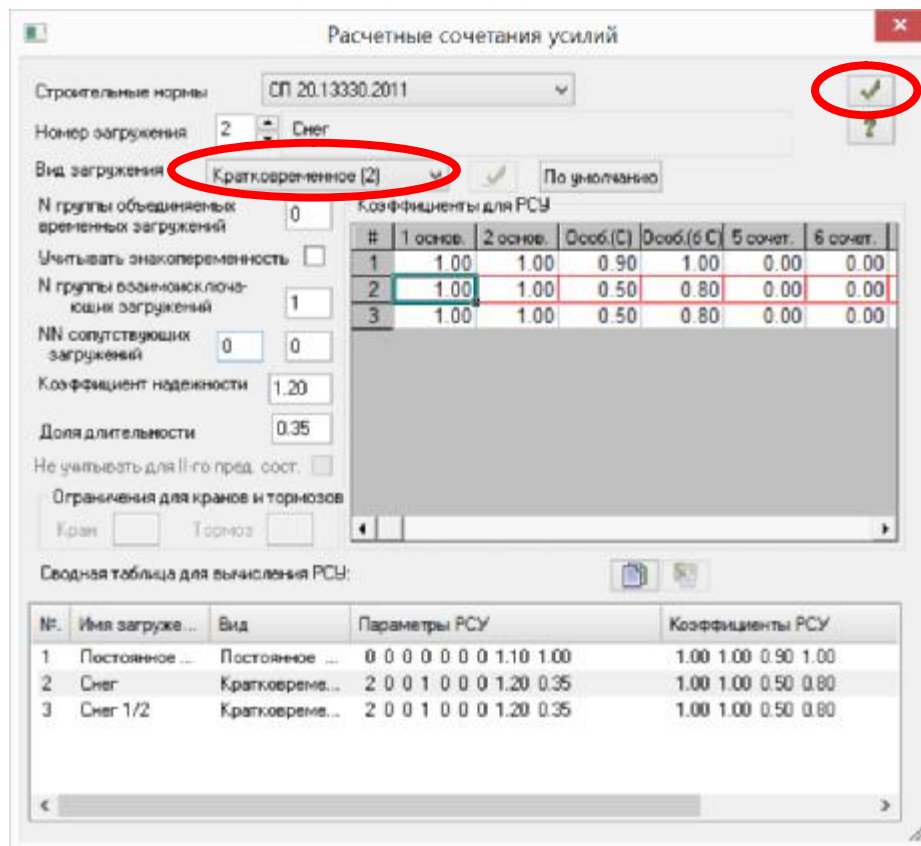


Рис. 80. Диалоговое окно Расчетные сочетания усилий

Сохраняем, и приступаем к выполнению расчета.

### 7. Выполнение статического расчета

Перед выполнением самого расчета (для того, чтобы случайно не потерять все введенные данные) рекомендуется сохранить их.

**Файл** → *Сохранить*

При наличии грубых ошибок имеется неприятная возможность некорректного завершения работы вычислительного комплекса с потерей всей информации по задаче. После сохранения данных можно приступить к непосредственному статическому расчету.

**Режим** → *Выполнить полный расчет*

При выполнении расчета интерфейс работы с ЛИРА-ВИЗОР закрывается, на некоторое время открывается служебное окно, в котором появляется упрощенное изображение расчетной схемы, пробегают строки протокола расчета, схематичное изображение матрицы жесткости и

преобразования, происходящие с ней. Если грубых ошибок в заданных исходных данных нет, служебное окно закрывается, и вновь открывается интерфейс ЛИРА-ВИЗОР. При наличии ошибок служебное окно не закрывается, и виден протокол выполнения расчета с описанием ошибок. Ну а если ошибки были очень существенные, возможно полное закрытие расчетного комплекса. Будем считать, что фатальных ошибок мы не допустили, и расчет успешно выполнен. Перед нами вновь открылся интерфейс ЛИРА-ВИЗОР, и на графическом поле мы увидим все ту же расчетную схему.

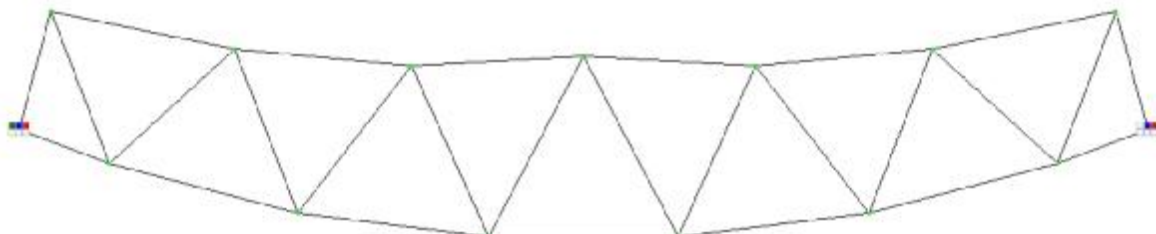
## 8. Чтение и анализ полученных результатов

Для просмотра и работы с результатами расчета необходимо перейти в режим «Результаты расчета».

Результаты расчета смотрим во вкладке «Анализ» (переход в режим «Результаты расчета» выполняется кликом по вкладке «Анализ» или выбором режима).

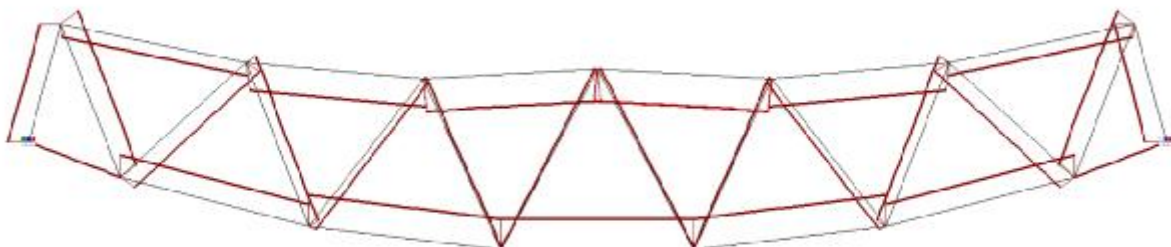
**Режим** → *Результаты расчета*

На экране возникнет изображение расчетной схемы в виде деформированной конструкции под воздействием первого нагружения. В этом режиме можно просмотреть результаты статического расчета как от отдельных нагружений, переключаясь между разными нагружениями, так и увидеть результаты совместного воздействия – «Расчетные усилия».



**Рис. 81. Деформированная схема от постоянного нагружения**

Постоянное нагружение  
Эпюра N  
Свойства конструкции - tr



5y  
Инженерное училище 210300

**Рис. 82. Результаты расчета. Эпюра N**

От отдельных загрузок можно посмотреть эпюры усилий, деформации, а в табличном виде можно увидеть «Расчетные усилия». Для просмотра и сохранения результатов вызываем интерактивную помощь (курсор должен быть на графическом поле при нажатии на левую кнопку мыши). Рядом с курсором появляется таблица с командами, в самом низу той таблицы будут две строчки «Интерактивные таблицы» и «Стандартные таблицы». Используя эти таблицы, можно получить всю информацию по результатам выполненного расчета. Откроем «Стандартные таблицы», на экране появится форма, в которой необходимо выбрать строчку «PCY расчетные» (можно посмотреть и другие результаты, например, «Усилия», «Протокол расчета», «Перемещения» и т.д.). Подтвердить выбор можно, нажав на кнопку «Применить», и на экране появится таблица результатов.

ЛИРА-САПР - тема 3 - занятие 1\_08.тема 3 - занятие 1

Файл Редактировать Опции Окно ?

Единицы измерения усилий: кг  
 Единицы измерения напряжений: кг/м\*2  
 Единицы измерения моментов: кг\*м  
 Единицы измерения распределенных моментов: (кг\*м)/м  
 Единицы измерения распределенных перерезывающих сил: кг/м  
 Единицы измерения перемещений поверхностей в элементах: м

Wed Jan 23 23:52:01 2019 тема 3 - занятие 1 основная схема

РАСЧЕТНЫЕ СОЧЕТАНИЯ УСИЛИЙ

ЭЛМ	НС	КРП	СТ	КС	Г	N	МК	МУ	QZ	MZ	QY	ЗАГРУЖЕНИЯ.
1	1	13	1	A1	0	0	0	28.177	0	0	0	1
1	2	14	1	A1	0	0	0	-28.177	0	0	0	1
2	1	1	1	A1	1627.6	0	0	56.355	0	0	0	1 2
		13	1	A1	1488.8	0	0	56.355	0	0	0	1
2	2	1	1	A1	1627.6	0	0	-56.355	0	0	0	1 2
		14	1	A1	1488.8	0	0	-56.355	0	0	0	1
3	1	1	1	A1	2306.4	0	0	56.355	0	0	0	1 2
		13	1	A1	2112.0	0	0	56.355	0	0	0	1
3	2	1	1	A1	2306.4	0	0	-56.355	0	0	0	1 2
		14	1	A1	2112.0	0	0	-56.355	0	0	0	1
4	1	1	1	A1	2317.0	0	0	56.355	0	0	0	1 2
		13	1	A1	2122.6	0	0	56.355	0	0	0	1
4	2	1	1	A1	2317.0	0	0	-56.355	0	0	0	1 2
		14	1	A1	2122.6	0	0	-56.355	0	0	0	1
5	1	1	1	A1	2306.4	0	0	56.355	0	0	0	1 2
		13	1	A1	2112.0	0	0	56.355	0	0	0	1
5	2	1	1	A1	2306.4	0	0	-56.355	0	0	0	1 2
		14	1	A1	2112.0	0	0	-56.355	0	0	0	1
6	1	1	1	A1	1627.6	0	0	56.355	0	0	0	1 2
		13	1	A1	1488.8	0	0	56.355	0	0	0	1
6	2	1	1	A1	1627.6	0	0	-56.355	0	0	0	1 2
		14	1	A1	1488.8	0	0	-56.355	0	0	0	1
7	1	13	1	A1	0	0	0	28.177	0	0	0	1
7	2	14	1	A1	0	0	0	-28.177	0	0	0	1
8	1	2	1	A1	-952.04	0	0	56.355	0	0	0	1 2
		13	1	A1	-876.81	0	0	56.355	0	0	0	1
8	2	2	1	A1	-939.52	0	0	-56.355	0	0	0	1 2
		14	1	A1	-864.29	0	0	-56.355	0	0	0	1

Рис. 83. Стандартная таблица

Для сохранения табличных результатов расчета можно воспользоваться возможностью сохранения этой таблицы в виде текстового файла

**Файл** → *Сохранить как*

Выделив фрагмент текста, скопировать его в любой текстовый редактор, например, в Word, и сохранить результаты в нем. В текстовом редакторе можно сохранить и графические изображения результатов расчетов.

При анализе результатов расчетов «Расчетных усилий» следует обратить внимание на то, что в графе «Загрузки» не должны встречаться одновременно второе и третье загрузки (т.е. снег первого и второго вариантов не может быть учтен одновременно). В противном случае, были допущены ошибки в формировании таблицы РСУ или она не была сохранена.

## Занятие 2

### Основные вопросы занятия

На втором занятии:

1. Самостоятельное выполнение работы (закрепление навыков сбора нагрузок и создания расчетной схемы).
2. Формирование таблицы РСН.
3. Выполнение статического расчета.
4. Чтение, анализ полученных результатов и их документирование. Анализ таблицы с расчетными сочетаниями нагрузок (РСН).

### Особенности

На втором занятии по этой теме необходимо самостоятельно выполнить подготовку исходных данных для расчета той же задачи, что была рассмотрена на первом занятии этой темы. Собрать узловые нагрузки, сформировать топологию с использованием стандартной команды «Генерация фермы», задать внешние связи и жесткости, сформировать три загрузки и приложить соответствующие нагрузки, заполнить таблицу РСУ и выполнить статический расчет.

После выполнения расчета и получения корректных результатов познакомимся с другой формой представления результатов расчетов от совместного воздействия нескольких загрузений.

1. Самостоятельное выполнение работы (закрепление навыков сбора нагрузок и создания расчетной схемы)
2. Формирование таблицы РСН

При формировании таблицы РСН? мы могли получить результаты от совместного воздействия трех загружений только в табличной форме. Эта форма представления не позволяет визуально анализировать полученные результаты. Анализировать большую таблицу достаточно сложно.

Результаты отдельного загружения мы можем представить в виде эпюр, на которых быстрее и проще проводить анализ напряженного состояния конструкции. Графическое представление информации от нескольких совместных воздействий позволяет выполнить расчет по Расчетным Сочетаниям Нагрузок (РСН). Кроме того, деформированное состояние от совместного воздействия нескольких загружений возможно только при использовании расчетов по РСН.

Для возможности такого представления результатов необходимо сформировать таблицу РСН. Для этого необходимо в режиме «Расчетная схема» сформировать таблицу РСН, применив следующую команду.

### Нагрузки → РСН

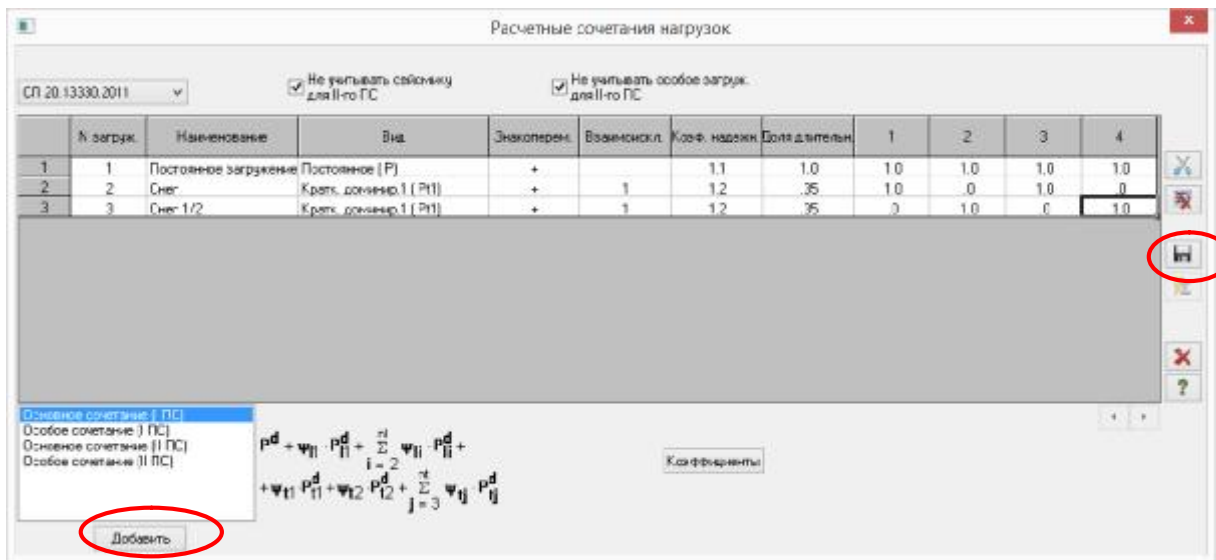


Рис. 84. Диалоговое окно Расчетные сочетания нагрузок

В открывшейся форме необходимо выбрать нормы «СП 20.13330.2011» и отметить необходимые сочетания, например, «Основное сочетание (ПС)», нажать на кнопку «Добавить», тем самым записать все необходимые коэффициенты для формирования таблицы. При необходимости эти коэффициенты могут быть скорректированы.

Сохраняется эта таблица нажатием на кнопку «Сохранить данные» (кнопка с изображением дискеты) после выполнения расчета.

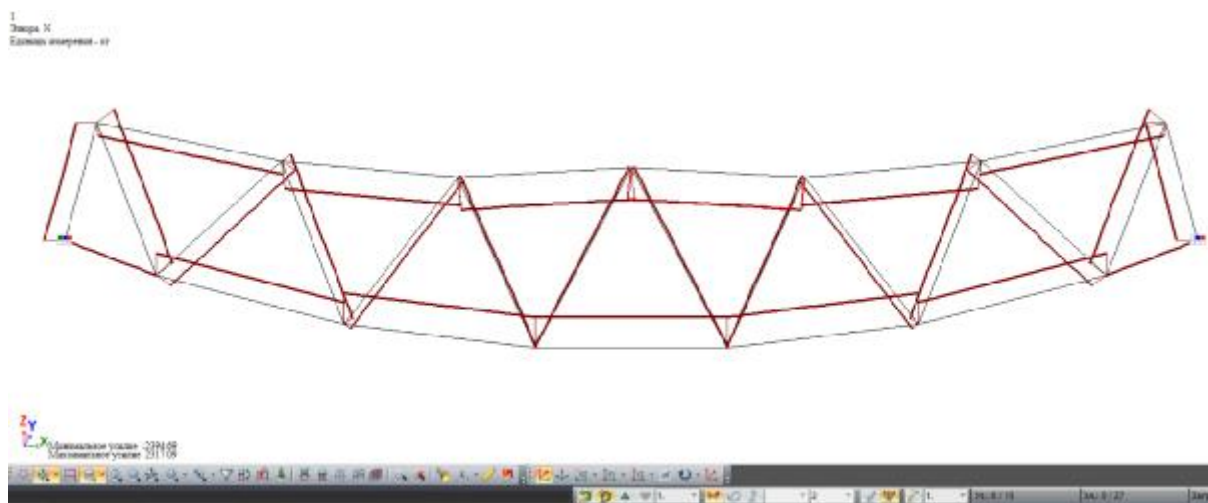
### 3. Выполнение статического расчета

**Режим** → *Выполнить полный расчет*

### 4. Чтение и анализ полученных результатов

**Режим** → *Результаты расчета*

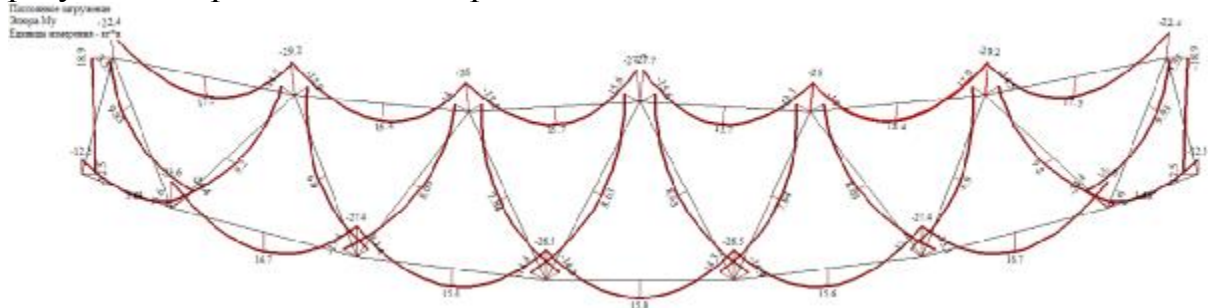
Можно увидеть и деформации, и графическое представление усилий в виде эпюр от совместного воздействия различных загрузок.



**Рис. 85. Результаты расчета по РСН. Эпюры N**

### 5. Учет шарнирного соединения стержневой фермы

Конструктивная особенность ферм заключается в том, что все элементы фермы работают только на центральное сжатие или растяжение. Конструкция узлов соединения стержневой позволяет передавать только продольные усилия, не образуя изгибающих моментов в стержнях. В расчетной схеме мы не учитывали эту особенность, это можно заметить по результатам расчетов на эпюре изгибающего момента.



**Рис. 86. Результаты расчета по РСН. Эпюры  $M_y$**

В местах узловых соединений стержней имеются характерные скачки. Для корректного формирования расчетной схемы необходимо исправить эту неточность путем введения во всех стержнях шарнирного соединения.

#### *б. Введение шарниров в стержнях*

Шарниры – это свойство, характерное для стержней, следовательно, назначение или удаление шарниров в конструкции выполняется путем назначения или удаления их в свойствах стержней. Для назначения шарнира необходимо отметить соответствующий стержень, вызвать команду «Шарниры» и задать, относительно какой оси и какого типа должен быть введен шарнир. Шарниры могут позволять линейно перемещаться (допускать линейное перемещение) вдоль какой либо оси (так называемые ползуны), либо поворачиваться (допускать угловое перемещение). Шарнирное соединения стержней можно моделировать, явно указав шарниры, либо выбрав соответствующий тип КЭ, в котором не удерживаются в расчетах изгибающие моменты (не явное задание шарниров).

#### **Ø** *Неявное задание шарниров*

Для неявного задания шарниров сменим тип КЭ всех стержней фермы, для этого отметим все стержни, и сменим им тип на тип 1 – КЭ Плоской фермы.

#### **Редактирование** → *Смена типа конечного элемента*

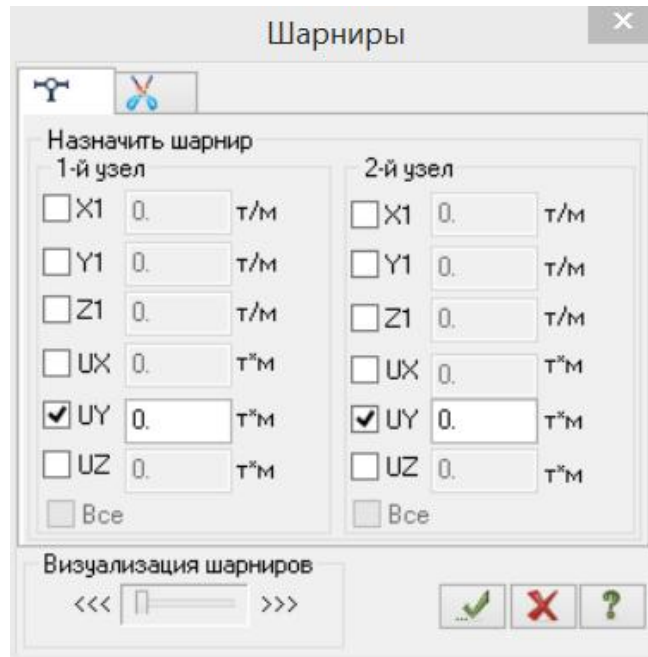
В открывшейся форме выберем первую строчку «тип 1 – КЭ Плоской фермы». Присвоение произойдет после подтверждения, нажатием на кнопку «Применить».

После выполнения расчета в результатах будет неактивна возможность представления информации по изгибающему моменту.

#### **Ø** *Явное задание шарниров*

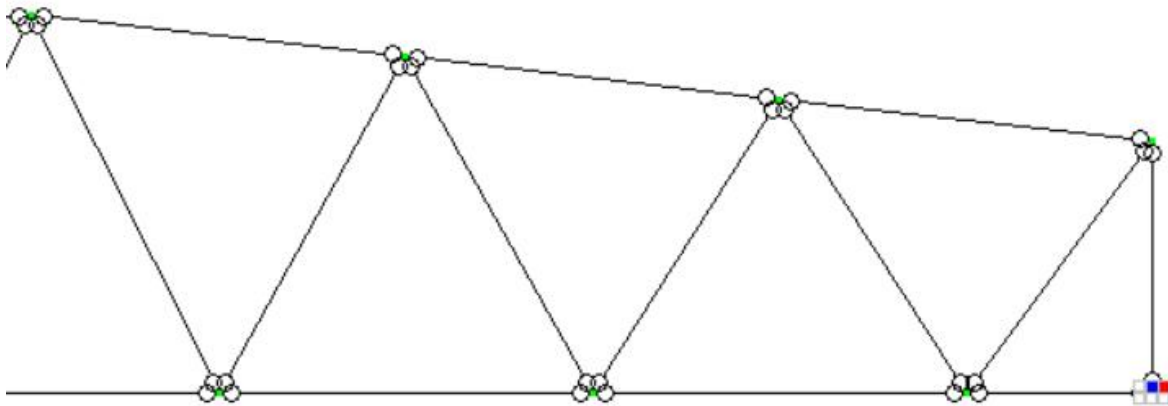
Для явного задания шарниров необходимо отметить все стержни фермы и вызвать команду «Шарниры».

#### **Жесткости** → *Шарниры*



*Рис. 87. Диалоговое окно Шарниры*

В открывшейся форме для 1-го и 2-го узла поставим галочку возле поля с обозначением UY (разрешаем поворот относительно местной оси OY). Присвоение произойдет после подтверждения, нажатием на кнопку «Применить».



*Рис. 88. Расчетная схема с явным заданием шарниров*

После выполнения расчета в результатах также будет неактивна возможность представления информации по изгибающему моменту, а в табличной форме представления информации будут только продольные (N) и поперечные ( $Q_z$ ) силы.



ЛИРА-САПР - тема 3 - занятие 1\_22.тема 3 - занятие 1

Файл Редактировать Опции Окно ?

Единицы измерения усилий: кг  
 Единицы измерения напряжений: кг/м\*\*2  
 Единицы измерения моментов: кг\*м  
 Единицы измерения распределенных моментов: (кг\*м)/м  
 Единицы измерения распределенных перерезывающих сил: кг/м  
 Единицы измерения перемещений поверхностей в элементах: м

Коэффициенты сочетаний

N загруз.	Вид	1	2
1	(Постоянное ( P )	1	1
2	(Кратк. дозонир.1 ( Pт1)	1	0
3	(Кратк. дозонир.1 ( Pт1)	0	1

Thu Jan 24 00:33:44 2019 тема 3 - занятие 1 основная схема 1

У С И Л И Я /НАПРЯЖЕНИЯ/ В ЭЛЕМЕНТАХ.

10_	1-1	1-2	2-1	2-2	3-1	3-2	4-1	4-2	5-1
1	1	3	3	4	4	5	5	6	6
1	3	3	4	4	5	5	6	6	7

1 (I) -	1								
N		1627.6	1627.6	2306.4	2306.4	2317.0	2317.0	2306.4	
Q2	28.177	-28.177	56.355	-56.355	56.355	-56.355	56.355	-56.355	56.355
2 (I) -	2								
N		1586.0	1586.0	2233.5	2233.5	2219.8	2219.8	2184.9	
Q2	28.177	-28.177	56.355	-56.355	56.355	-56.355	56.355	-56.355	56.355

10_	5-2	6-1	6-2	7-1	7-2	8-1	8-2	9-1	9-2
1	6	7	7	8	8	9	9	10	10
1	7	8	8	2	2	10	10	11	11

1 (I) -	1								
N	2306.4	1627.6	1627.6			-952.04	-939.52	-2075.3	-2062.7
Q2	-56.355	56.355	-56.355	28.177	-28.177	56.355	-56.355	56.355	-56.355
2 (I) -	2								
N	2184.9	1530.4	1530.4			-929.48	-916.95	-2016.6	-2004.1
Q2	-56.355	56.355	-56.355	28.177	-28.177	56.355	-56.355	56.355	-56.355

10_	10-1	10-2	11-1	11-2	12-1	12-2	13-1	13-2	14-1
1									
1									

Рис. 89. Стандартная таблица. Усилия от РСН

## Занятие 3

### Основные вопросы занятия

1. Выполнение индивидуального задания по варианту.

### Особенности

На третьем занятии выполняется контроль полученных навыков, приобретенных на двух предыдущих занятиях этой темы.

Результаты выполнения работы сохраняются в виде двух файлов: ЛИРА-САПР 2013 R5 (.lir) и текстового (doc).

Варианты заданий приведены в приложении 3.

## Тема 4 «Железобетонный каркас»

### **Знакомство со сбором ветровых нагрузок по СП 20.13330.2011. Нагрузки и воздействия. Составление расчетной схемы каркаса здания. Выполнение статического и прочностного расчетов для железобетонных элементов с документированием полученных результатов армирования**

#### **Занятие 1**

##### Основные вопросы занятия

На первом занятии:

1. Сбор нагрузок по СП 20.13330.2011. Составить таблицу сбора нагрузок (постоянные и временные). Временные нагрузки от снега, временные от помещений.
2. Собрать ветровые нагрузки (без учета пульсационной составляющей).
3. Создание топологии с использованием «Генерации пространственной рамы». Обратит внимание на автоматическое членение ригелей узлами ж/б плиты и обеспечения совместности работы плиты и ригелей.
4. При назначении жесткостей заполнить характеристики для ж/б конструкций (Колонна, Ригель, Плита) для расчета армирования этих элементов.
5. Выполнить статический расчет и прочностный (с расчетом армирования).
6. Пояснить чтение результатов расчета армирования в виде мозаик армирования и таблиц армирования.

##### Особенности

Нагрузки не только вертикальные, но и горизонтальные (ветер) – обратит внимание на правильность выбора направления нагрузок. Ветровые нагрузки прикладывать к ригелям в покрытии и в перекрытии.

Показать заполнение основных параметров для конструирования ж/б элементов (заполнение 3 вкладок «Тип», «Бетон», «Арматура»).

Обратит внимание на возможность оценки деформаций при использовании РСН (в отличие от использования РСУ).

### Задание:

Выполнить статический расчет железобетонного каркаса одноэтажного здания. По результатам статического расчета определить требуемое армирование ригелей и колонн.

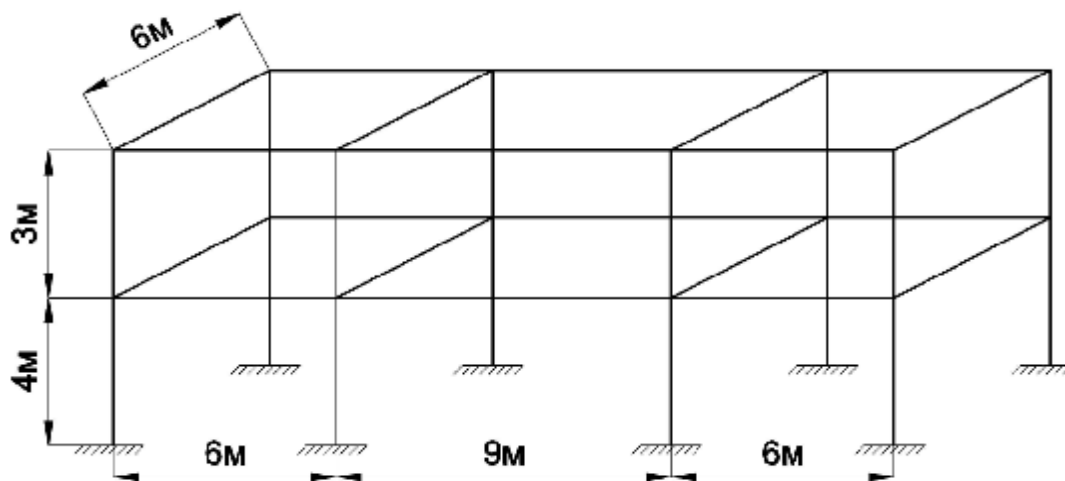


Рис. 90. Расчетная схема

Ригели имеют прямоугольное сечение шириной 400 мм, высотой 600 мм, колонны 400х400 мм. Плиты перекрытия и покрытия имеют толщину 150 мм.

Состав слоев покрытия по железобетонной плите:

- Гидроизоляционный ковер (4 слоя рубероида на битумной мастике); стяжка (цементно-песчаная толщиной 30 мм, плотностью  $1800 \text{ кг/м}^3$ ).

Состав пола перекрытия по железобетонной плите:

- Керамическая плитка толщиной 10мм
- Стяжка (цементно-песчаная толщиной 30мм).

На втором этаже расположены служебные помещения административного, инженерно-технического, научного персонала организаций и учреждений:

Снеговой район – IV.

Ветровой район – II. Тип местности «В».

При расчете учесть следующие виды загрузки:

- 1 – постоянная нагрузка (от собственного веса конструкции пола, кровли, включая вес железобетонных плит и всех элементов каркаса)
- 2 – временная нагрузка на плите перекрытия от людей и оборудования
- 3 – временная нагрузка на плите покрытия от снега (равномерная)
- 4 – временная нагрузка от ветра по широкой стороне

В текстовом файле представить результаты расчета:

1. Таблица сбора нагрузок на перекрытие и покрытие
2. Расчет нагрузок на ригели покрытия и перекрытия от статической составляющей ветра
3. Результаты расчета армирования колонн, ригелей и плит покрытия и перекрытия (мозаику армирования плит и колонн, фрагменты таблиц армирования плит и стержневых элементов каркаса)

Модуль упругости для железобетона ( $E$ ) принимать равным  $3 \cdot 10^6$  кгс/см<sup>2</sup> ( $3e6$  кгс/см<sup>2</sup>,  $3e7$  Н/см<sup>2</sup>,  $30000$  кН/см<sup>2</sup>,  $300000$  МПа).

Коэффициент Пуассона для железобетона ( $\nu$ ) равен 0.2.

Плотность для железобетона ( $R_0$ ) принимать равным  $2.5$  тс/м<sup>3</sup> ( $25$  кН/м<sup>3</sup>).

### Алгоритм выполнения работы

#### 1. Сбор нагрузок по СП20.13330.2011

Сбор нагрузок на квадратный метр от собственного веса кровли и пола второго этажа должен быть выполнен в табличной форме, аналогично описанному в теме 2 «Плита». Сбор нагрузок от снега должен быть выполнен в соответствии с требованиями СП 20.13330.2011 «Нагрузки и воздействия». Выписка из этого нормативного документа приведена в приложении 1.

Сбор нагрузок от ветра выполняется так же, в соответствии с требованиями СП 20.13330.2011 «Нагрузки и воздействия». Выписка из этого нормативного документа приведена в Приложении 1.

По заданному ветровому району (II ветровой район, тип местности «В») в таблице 11.1 СП 20.13330.2011 (Приложение 1) находим  $w_0$  – нормативное значение ветрового давления, для указанного района величина составляет 0.30кПа, т.е.  $w_0 = 0.3$ кН/м<sup>2</sup>.

Нормативное значение ветровой нагрузки  $w$  определяется как сумма средней  $w_m$  и пульсационной  $w_p$  составляющих:

$$w = w_m + w_p.$$

По заданию пульсационная составляющая не учитывается.

Нормативное значение средней составляющей ветровой нагрузки  $w_m$  в зависимости от эквивалентной высоты  $z_e$  над поверхностью земли определяется по формуле:

$$w_m = w_0 k(z_e) c,$$

где  $w_0$  – нормативное, значение ветрового давления;

$k(z_e)$  – коэффициент, учитывающий изменение ветрового давления для высоты  $z_e$ , принимаем равным 1;

$c$  – аэродинамический коэффициент, для зданий прямоугольных в плане согласно п. 11.1.7 СП 20.133330.2011 для наветренной стороны 0.8, для заветренной стороны – 0.5, пункт Д.1 приложения Д СП 20.133330.2011 (Приложение 1).

Расчетная ветровая нагрузка будет определяться с учетом коэффициента надежности по нагрузке (пункт 11.1.12 СП 20.133330.2011)  $g_f = 1.4$ , следовательно:

- для наветренной стороны  $w = w_m g_f = 0.3 \cdot 1 \cdot 0.8 \cdot 1.4 = 0.336 \text{ кН/м}^2$ ;
- для заветренной стороны  $w = w_m g_f = 0.3 \cdot 1 \cdot 0.5 \cdot 1.4 = 0.21 \text{ кН/м}^2$ .

Для определения погонной нагрузки на ригели необходимо учитывать грузовую площадь, аналогично определению нагрузок на ферму. Ширина грузовой площадки для ригеля в перекрытии будет равна сумме половин высоты 1-го и 2-го этажей, а для ригеля в покрытии – половине высоты 2-го этажа.

Расчет нагрузок на ригели от ветра:

- временная погонная нагрузка от ветра на ригели покрытия наветренной стороны:  $w = 0.336 \cdot 3/2 = 0.504 \text{ кН/м}$ ;
- временная погонная нагрузка от ветра на ригели покрытия заветренной стороны:  $w = 0.21 \cdot 3/2 = 0.315 \text{ кН/м}$ ;
- временная погонная нагрузка от ветра на ригели перекрытия наветренной стороны:  $w = 0.336 \cdot (3+4)/2 = 1.176 \text{ кН/м}$ ;
- временная от ветра на балки перекрытия заветренной стороны:  $w = 0.21 \cdot (3+4)/2 = 0.735 \text{ кН/м}$ .

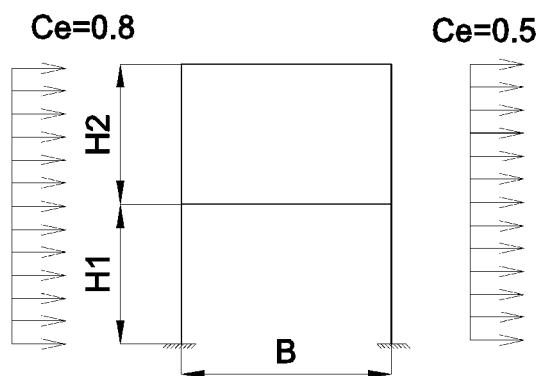


Рис. 91. Схема приложения ветровых нагрузок на каркас

## 2. Создание топологии

Топология создается с использованием инструмента «Генерация пространственных рам».

### Создание → Пространственные рамы

В открывшейся форме (форма аналогична форме использовавшийся нами при изучении темы 2 «Плита») необходимо заполнить три таблицы

по осям X (параметры каркаса вдоль здания), Y (параметры каркаса поперек здания) и Z (параметры каркаса по высоте здания). Следует обратить внимание на установленные по умолчанию галочки, указывающие на то, что при генерации будут созданы плиты перекрытия и покрытия (галочка возле указания «Создавать элементы пластин») наложены внешние связи (установлена галочка возле указания «Накладывать крепления»), плиты перекрытия и покрытия будут иметь дробления совместно с ригелями, с шагом разбивки 6 по осям X и Y.

Пространственная рама ✕

Указать курсором

X

Y

Z

Создавать элементы пластин

Накладывать крепления

X  Y  Z

UX  UY  UZ

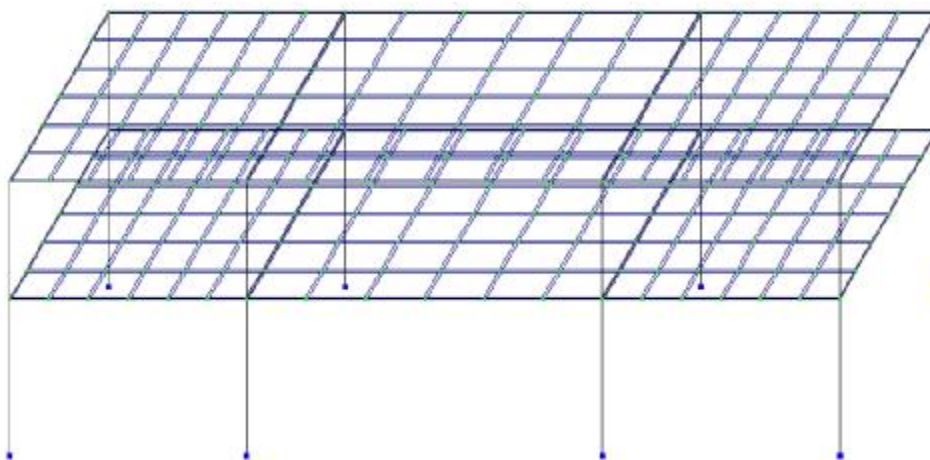
Угол поворота относительно оси Z

X		Y		Z	
Значение	Количество	Значение	Количество	Значение	Количество
L(м)	N	L(м)	N	L(м)	N
6.00	1	6.00	1	4.00	1
9.00	1			3.00	1
6.00	1				

Шаг разбивки     Шаг разбивки

✓ ? ✕

*Рис. 92. Диалоговое окно Пространственная рама*



*Рис. 93. Пространственная рама*

По завершению генерации получаем практически готовую расчетную схему. В ней не хватает только данных по жесткостям и нагрузкам.

### 3. Создание и назначение жесткостей элементов

Для задания всем элементам каркаса (стержням, моделирующим колонны и ригели, пластинам, моделирующим плиты покрытия и перекрытия) жесткостных характеристик необходимо сначала создать эти жесткости, а так как нам предстоит еще и расчет армирования, то и дополнительных характеристик, связанных с этими расчетами. Создание жесткостей выполняется по команде «Жесткости и материалы»

#### **Жесткости** → *Жесткости и материалы*

В открывшейся по выполнению этой команды форме необходимо заполнить список жесткостей, и из этого списка назначить всем КЭ, соответствующие жесткости. Так как все элементы каркаса по заданию железобетонные, воспользуемся при создании списка жесткостей заложенными разработчиками стандартными типами сечений. Для ригелей и колонн выбираем тип сечения «Брус», и задаем соответствующий модуль упругости ( $E$ ), размеры (ширину  $B$  и высоту  $H$ ), объемный вес ( $R_0$ ). В поле «Комментарий» рекомендуется записать название элемента, для которого эта жесткость предусмотрена, например, «колонна» или «ригель».

#### Ø *Жесткость колонн*

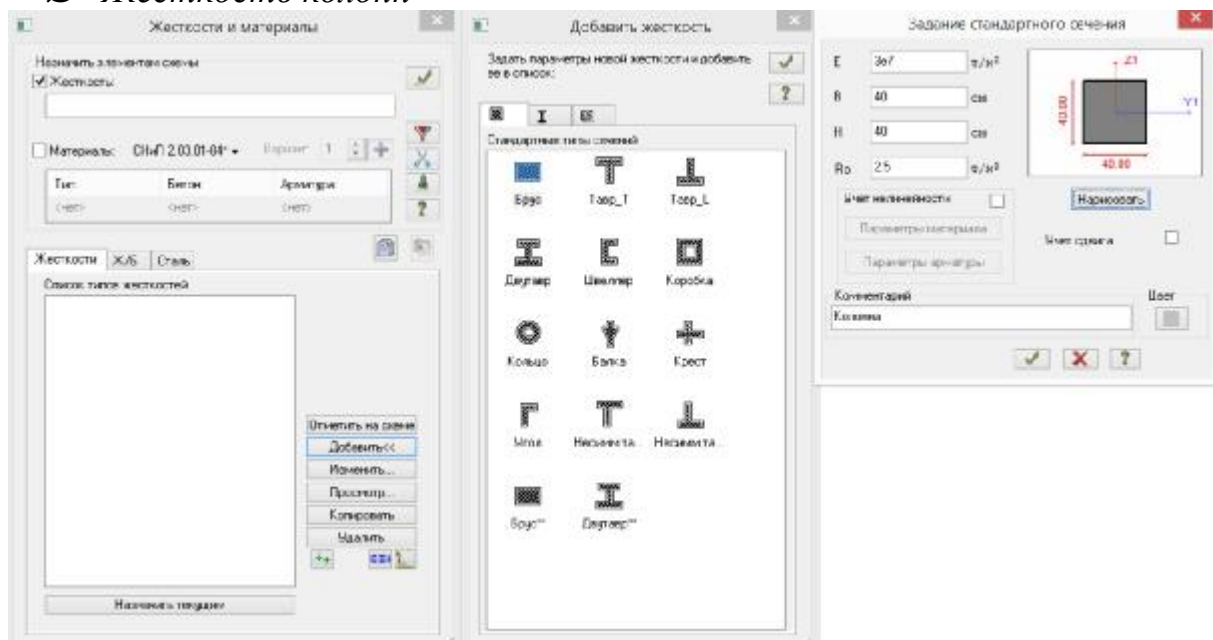


Рис. 94. Диалоговое окно *Жесткости и материалы*

При вводе больших величин, например, модуля упругости  $E$ , для сокращения записи в величине может быть использована английская буква «e», обозначающая показатель степени при множителе 10. Так число 2000000 (два миллиона) кратко может быть записано как 2e6, т.е. два, умноженное на 10 в шестой степени. Кроме основных геометрических характеристик, необходимо указать и дополнительные характеристики. Для этого необходимо перейти на вкладку «Ж/Б», изменить (при необходимости) нормативный документ на СП 63.133330.2012 и заполнить три дополнительных формы «Тип», «Бетон» и «Арматура».

Для колонны в форме «Тип» должны быть указаны модуль армирования «Стержень», а в конструктивных особенностях «Колонна рядовая» или «Колонна первого этажа».

Рис. 95. Диалоговое окно Общие характеристики



## Ø Жесткость ригеля

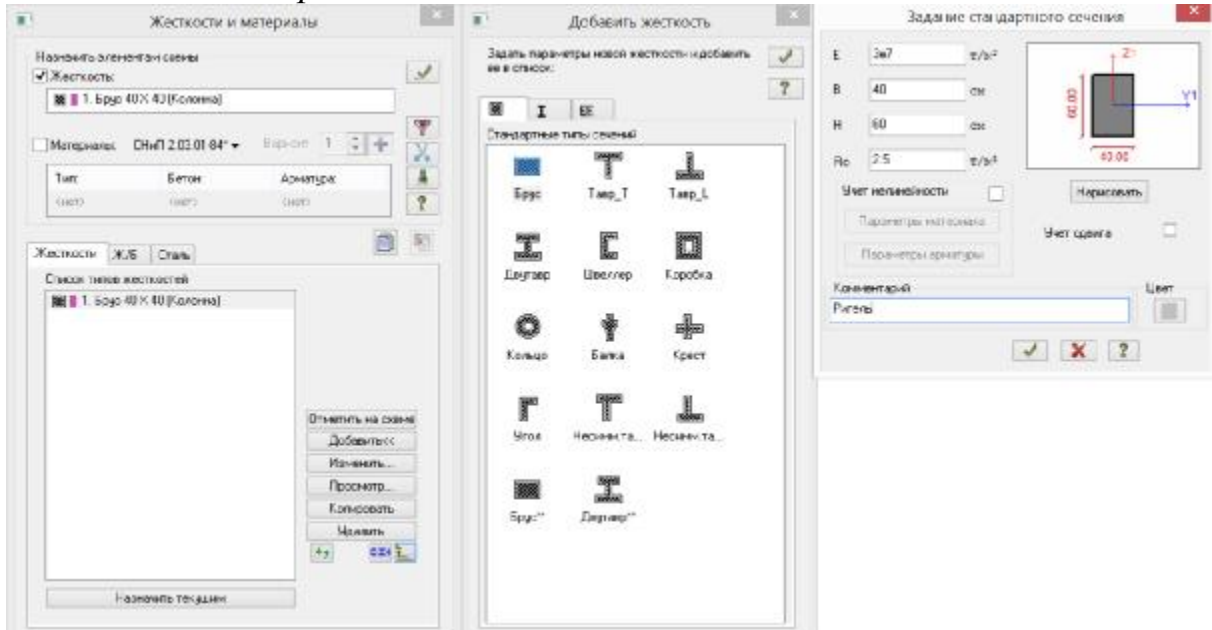


Рис. 96. Диалоговое окно Жесткости и материалы

Для ригеля – «Тип» – «Стержень», а в конструктивных особенностях «Балка». В формах «Бетон» и «Арматура» можно ничего не изменять, соглашаясь с предложенными параметрами по умолчанию.

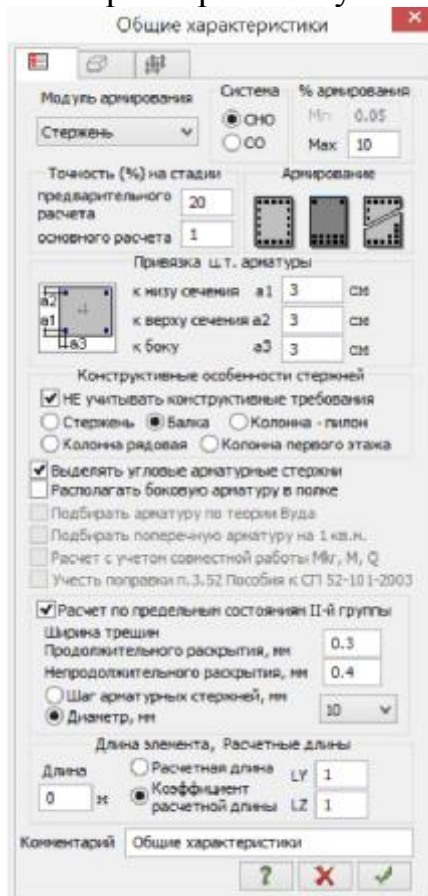
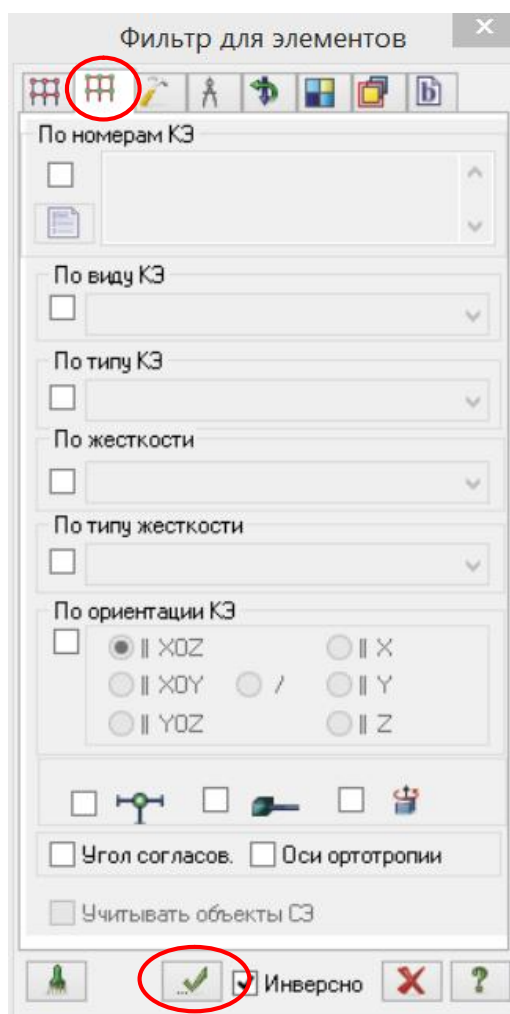


Рис. 97. Диалоговое окно Общие характеристики

Рекомендуется заполненные типы жесткостей с дополнительными характеристиками сразу же присваивать нужным элементам в расчетной схеме. В противном случае, некоторые характеристики не присваиваются корректно.

Для быстрого выбора нужных элементов расчетной схемы можно воспользоваться полифильтром, командой, позволяющей выбирать из расчетной схемы элементы, имеющие один или несколько общих признаков.

**Выбор** → *Полифильтр*



**Рис. 98.** *Диалоговое окно Полифильтр*

Так, например, все ригели лежат в плоскости XOY (первый признак), и все они являются стержнями. Если в полифильтре указать эти два признака, то отметятся только эти элементы. Но если указать один признак – расположение в плоскости XOY, то будут выбраны, кроме ригелей, и плиты покрытия и перекрытия.

Для плит перекрытия и покрытия при назначении жесткостей необходимо выбрать во вкладке «Пластинчатые, объемные, численные» – «Пластины».

### Ø Жесткость плиты

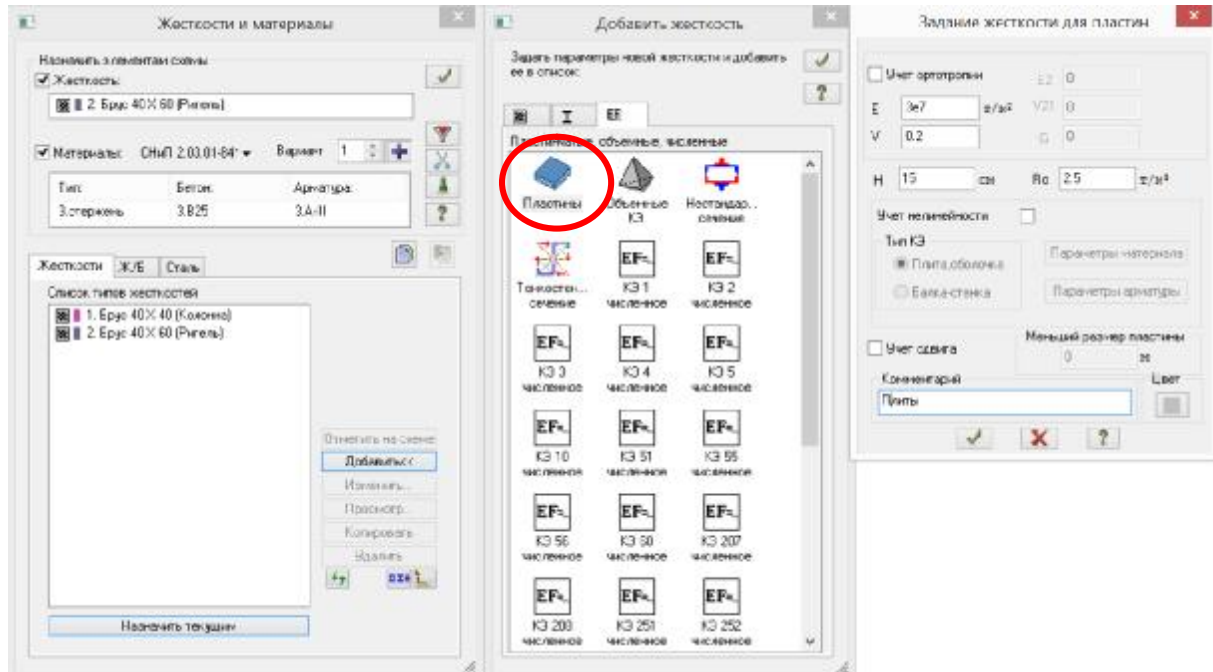


Рис. 99. Диалоговое окно Добавить жесткость

Для такого типа жесткости необходимо указать параметры: модуль упругости ( $E$ ), коэффициент Пуассона ( $V$ ), толщину ( $H$ ) и объемный вес (плотность) бетона ( $R_0$ ). При вводе всех численных величин необходимо строго следить за единицами измерений, указанными после вводимого числа.

В дополнительных характеристиках для плит необходимо во вкладке «Тип» выбрать модуль армирования «оболочка».

После назначения всем элементам каркаса (ригелям, колоннам и плитам) основных и дополнительных жесткостных характеристик можно переходить к формированию загрузений.

#### 4. Создание загрузений и назначение нагрузок

При расчете каркаса необходимо создать четыре загрузения:

- 1 – постоянная нагрузка (от собственного веса конструкции пола, кровли, включая вес железобетонных плит и всех элементов каркаса);
- 2 – временная нагрузка на плите перекрытия от людей и оборудования (назовем ее «полезная»);
- 3 – временная нагрузка на плите покрытия от снега (равномерная);
- 4 – временная нагрузка от ветра, приложенная по широкой стороне каркаса.

## Нагрузка → Редактор загрузжений

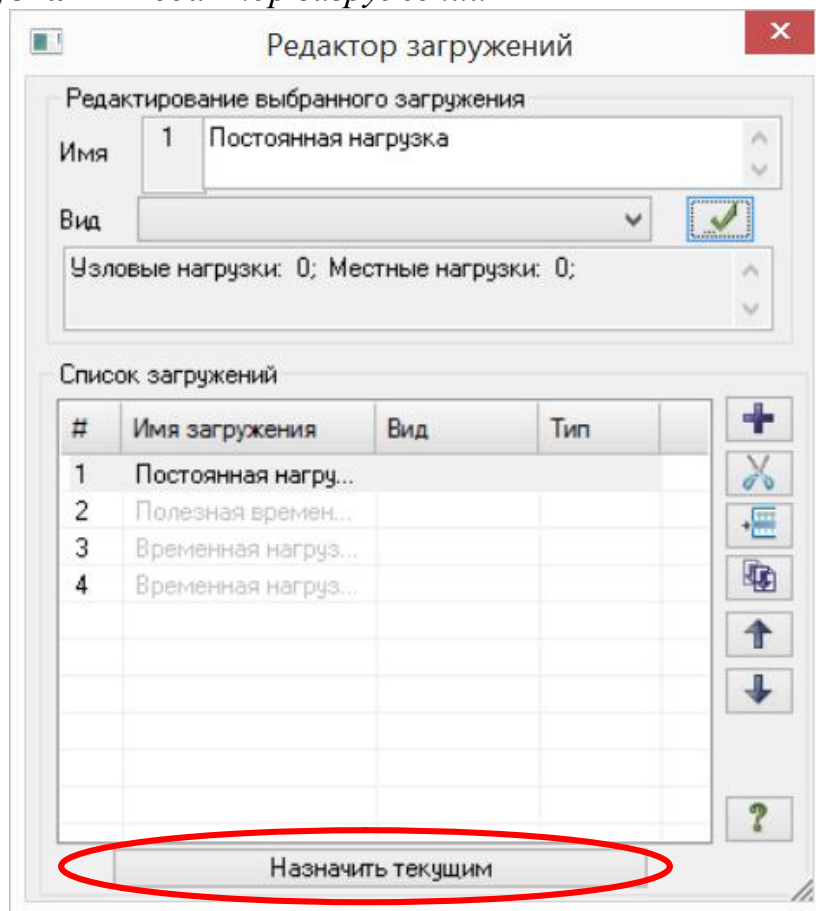


Рис. 100. Диалоговое окно Редактор загрузжений

Мы подробно рассматривали создание загрузжений с использованием этой команды в теме 3 «Ферма».

Задание самих величин нагрузок выполняется командой «Нагрузка на узлы и элементы».

### Нагрузка → Нагрузка на узлы и элементы


Отмечаем нужные элементы с использованием команды «Отметка элементов».

### Выбор → Отметка элементов

Щелкая или обводя нужные элементы, отмечаем необходимые.

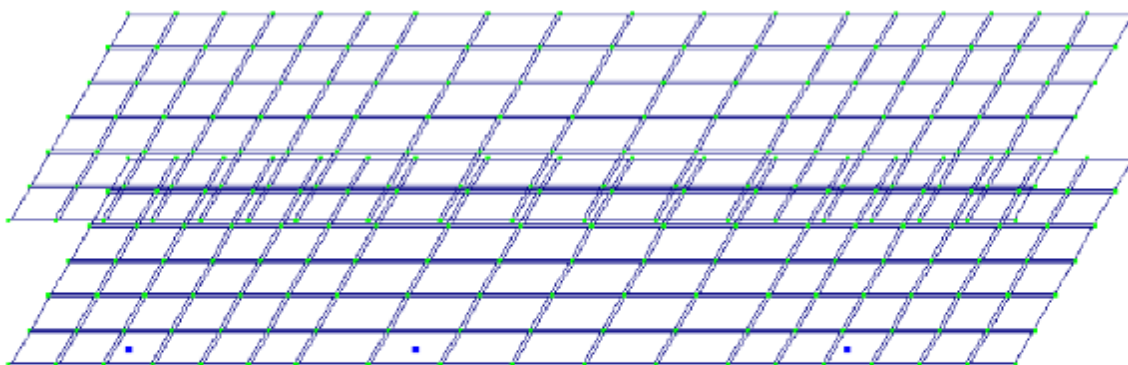
При задании нагрузок следует точно понимать, к каким элементам необходимо эти нагрузки прикладывать. Для нашей расчетной схемы большинство нагрузок прикладываются к КЭ типа пластин (собственный вес кровли, пола, полезная нагрузка на перекрытие первого этажа, снеговая, все эти нагрузки должны быть приложены к покрытию или перекрытию). Так как расчетная схема достаточно громоздкая, то не всегда удастся развернуть ее так, чтобы наиболее простым образом отметить необходимые элементы. Для упрощения выбора элементов, кроме

достаточно мощного инструмента «Полифильтр» имеется возможность скрывать видимость какой-либо части расчетной схемы (называется «Фрагментация») или каких-либо конечных элементов (во «флагах рисования»).

Рассмотрим способ временного скрытия видимости КЭ с использованием опции «Флаги рисования» при приложении нагрузок. Кнопка «Флаги рисования» выглядит в виде развешивающегося красного флага и карандаша на его фоне – .

При вызове этой функции появляется форма со множеством вкладок, выбор которых производится с помощью закладок. Вкладка «показывать» имеет закладку в виде глаза. В этой вкладке почти все элементы отмечены галочками, это означает, что эти элементы расчетной схемы видимы. Если убрать галочку, соответствующие элементы становятся невидимыми. Места расположения галочек имеют интерактивную подсказку, т.е. при наведении на них указателя мыши рядом с курсором появляется комментарий. Найдем изображение стержня, наведем на поле с галочкой указатель мыши (курсор), убедимся, что это относится к видимости стержней (комментарий «Показывать стержни»). Теперь уберем эту галочку, нажав правую кнопку мыши при наведенном курсоре на этом поле.

После нажатия на кнопку «Применить» на графическом поле исчезнут все стержни, и останутся только пластины. Но эти элементы убраны только из видимости, они не удалены.



*Рис. 101. Расчетная схема*

Вот теперь отметить КЭ пластин для покрытия или перекрытия гораздо проще, включив отметку элементов; обведем нужные КЭ, и они будут отмечены за один раз.

Для восстановления видимости следует вновь поставить убранный галочку.

**Выбор** → *Отметка элементов*

**Нагрузка** → *Нагрузка на узлы и элементы*

При задании величин нагрузок необходимо обратить внимание на то, что вкладка должна быть «Нагрузки на пластины», направление нагрузки – направление «Z» и «Тип нагрузки» – равномерно распределенная сила.



*Рис. 102. Диалоговое окно Задание нагрузок*

Таким образом, переключая загрузки последовательно, формируем эти загрузки, прикладываем соответствующие нагрузки.

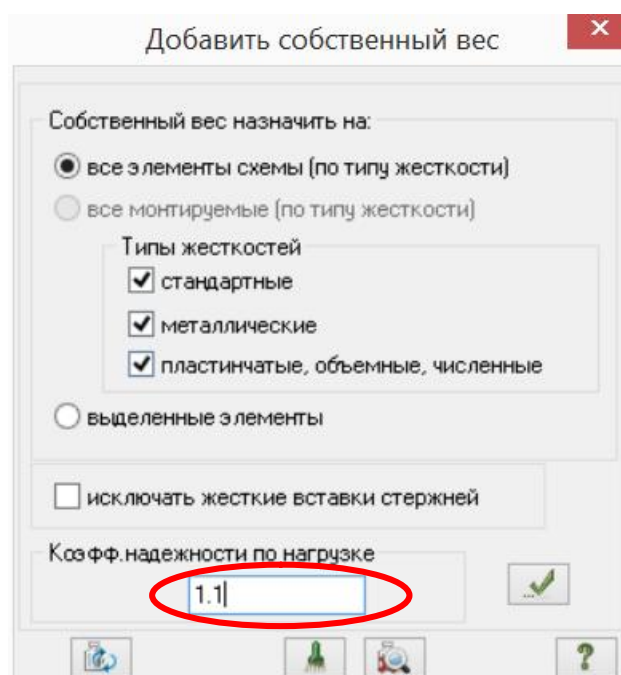
Так, в загрузке № 1 (постоянная нагрузка) мы должны на плиту покрытия приложить нагрузку от собственного веса конструкции кровли, на плиту перекрытия приложить нагрузку от собственного веса конструкции пола, кроме того, необходимо приложить собственный вес всех элементов каркаса, включая и железобетонные плиты.

Для приложения такой нагрузки нет необходимости подсчитывать ее. Дело в том, что когда мы задавали жесткости, то указывали размеры элементов и объемный вес (плотность) материала, из которого они

изготовлены. Эта информация позволяет автоматически сформировать эту нагрузку – «собственный вес». Выполняется приложение такой нагрузки с помощью команды «Добавить собственный вес».

### **Нагрузка** → *Добавить собственный вес*

Отмечать элементы, на которые прикладываем собственный вес, не обязательно. По умолчанию (если не отмечен ни один элемент) нагрузка прикладывается ко всем элементам расчетной схемы. Значение коэффициента надежности по нагрузке указывается при назначении собственного веса в соответствующей строке. Для железобетона этот коэффициент (см. СП 20.133330.2011) принимается равным 1.1.



**Рис. 103.** Диалоговое окно *Добавить собственный вес*

При формировании загрузки № 2 (полезная временная нагрузка) нагрузка прикладывается к плите перекрытия. Нагрузка от снега прикладывается, естественно, к плите покрытия.

Временная нагрузка от ветра прикладывается к соответствующим ригелям, расположенным по длине здания. Величины этих погонных нагрузок мы подсчитывали, теперь их надо приложить к соответствующим элементам. При приложении этих нагрузок следует обратить особое внимание на то, что они действуют горизонтально, т.е. вдоль оси у. Следовательно, при заполнении формы «Нагрузки на стержни» необходимо указать направление по оси «У» и правильно выбрать знак величины нагрузки (знак показывает направление действия нагрузки – положительная величина соответствует направлению против оси, отрицательное – по оси).

### 5. *Формирование таблицы РСУ*

Прочностные расчеты могут быть выполнены только при условии формирования расчетных усилий, т.е. необходимо задать либо таблицу РСУ, либо таблицу РСН. Формируем таблицу РСУ.

**Нагрузки** → РСУ → *Генерация таблицы РСУ*

Заполняем ее по аналогии с темой 3 «Ферма».

Сохраняем исходные данные. Продолжение работы над этой темой будет на следующем занятии.

Перед выключением компьютера (для того чтобы не потерять все введенные данные на этом занятии) необходимо сохранить их.

**Файл** → *Сохранить*

## Занятие 2

На втором занятии

1. Закрепление навыков приобретенных на первом занятии. Выполнить сбор нагрузок при других данных, назначение помещений, состава пола и кровли, снега и ветра других районов.

2. Составление расчетной схемы.

3. Формирование таблицы РСУ.

4. Выполнение статического и прочностного расчета.

5. Чтение результатов прочностного расчета.

Закрепляем полученные навыки на первом занятии, выполняем сбор нагрузок, формируем расчетную схему с назначением всех жесткостных характеристик, в том числе и дополнительных, для проведения прочностного расчета, формируем загрузки со всеми нагрузками и таблицей РСУ. Можно использовать сохраненные на прошлом занятии исходные данные.

### 1. *Выполнение расчета*

Переходим в режим расчета.

**Режим** → *Выполнить полный расчет*

Расчет успешно выполнен. Перед нами вновь открылся интерфейс ЛИРА-ВИЗОР, и на графическом поле мы увидим расчетную схему. Для просмотра и работы с результатами расчета переходим в режим «Результаты расчета».



2. *Анализ результатов расчета*  
Переходим в режим *Результаты расчета*.

**Режим** → *Результаты расчета*

В этом режиме можно просмотреть результаты статического расчета как от отдельных загрузок, переключаясь между разными загрузками, так и увидеть результаты совместного воздействия – «Расчетные усилия».

Для просмотра результатов прочностного расчета необходимо включить режим «Конструирование» (закладка в Ленте) или «Железобетонные и стальные конструкции».

**Режим** → *Железобетонные и стальные конструкции*

Для графического отображения результатов расчета армирования плит покрытия или перекрытия надо перейти в режим отображения результатов расчета железобетонных элементов.

**Результаты (ж/б)** → *Пластины*

Для пластин может быть представлено армирование по верху вдоль  $x_1$  и  $y_1$ , по низу плит вдоль  $x_1$  и  $y_1$ , поперечное армирование, например,

**Результаты (ж/б)** → *Пластины* → *Площадь нижней арматуры вдоль  $x_1$*

Для стержней результаты могут быть представлены в виде суммарной арматуры, отдельно угловой или распределенной арматуры.

**Результаты (ж/б)** → *Стержни* → *Угловая арматура  $A_{U1}$*

Табличные результаты армирования могут быть получены в виде таблиц для стержней или пластин.

**Результаты (ж/б)** → *Таблицы результатов*

В появившейся форме надо выбрать либо Стержни, либо Пластины, и нажать на кнопку «Таблицы на экран». Ниже представлена таблица результатов расчетов армирования стержней (начало таблицы).

РЕЗУЛЬТАТЫ ПОДБОРА АРМАТУРЫ

Дата: 17.08.14 Код: № заказа (СР 03.10.00.2013) ЛИРА-САПР 2013 R5 (коммерция) КОМП. СТР. 1

Э	Э	ПРОДОЛЬНАЯ АРМАТУРА								ПОПЕРЕЧНАЯ АРМАТУРА				ЕДИНА						
Л	Л	Сечение								Сечение				РАСЧЕТНОЕ						
К	К	[мм]								[мм]				[мм]						
N	N													[мм]						
Э	II	Угловая				Угловой срезанной				ПЕР ПЕРС [мм]		ПЕР ПЕРС [мм]								
Н	Н																			
7	7	300	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	РАСЧЕТНОЕ					
РАСЧЕТ ПО УСИЛЕНИИ СПР БОП																				
ОСНОВНЫЕ СНИЖ																				
СРЕДНЕЕ																				
ПРИМЫСЛИЛИТ $\alpha = 40.0$ $\beta = 60.0$ [мм]																				
ПЕКАТ: БОП ; ДИНАТИОН: ПРОДОЛЬНАЯ 1400 ; ПОПЕРЕЧНАЯ 1400																				
ЭЦ	САЛКА	1	II	0.13	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.10	0.40	0.00	0.04	0.40	0.00	0.00	1.00	0.00
				0.13	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
				* 0.13	0.13	0.13	0.13	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26
				Σ II	0.18	0.18	0.13	0.13	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26
				* 0.40	0.40	0.13	0.13	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26
				* 0.13	0.13	0.13	0.13	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26
ЭЦ	САЛКА	1	II	0.24	0.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.10	0.40	0.00	0.04	0.40	0.00	0.00	1.00	0.00
				0.24	0.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
				* 0.16	0.16	0.16	0.16	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32
				Σ II	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
				* 0.16	0.16	0.16	0.16	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32
ЭЦ	САЛКА	1	II	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
				0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
				* 0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
				Σ II	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
				* 0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
ЭЦ	САЛКА	1	II	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
				0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
				* 0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
				Σ II	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
				* 0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
				Σ II	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
				* 0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01

Рис. 104. Таблица результатов. Подбор арматуры

В этой таблице представлены требуемые площади армирования продольной и поперечной арматуры для всех стержневых элементов.

Аналогично выглядит и таблица результатов расчета армирования пластин.

### Занятие 3

#### Основные вопросы занятия

1. Выполнение индивидуального задания по варианту.

#### Особенности

На третьем занятии выполняется контроль полученных навыков, приобретенных на двух предыдущих занятиях этой темы.

Результаты выполнения работы сохраняются в виде двух файлов: ЛИРА-САПР 2013 R5 (.lir) и текстового (doc).

Варианты заданий приведены в приложения 3.

## Тема 5 «Навес»

### **Закрепление навыков сбора снеговых нагрузок по СП 20.13330.2011.**

**Нагрузки и воздействия. Закрепление навыков подсчета распределенной нагрузки на стержневые элементы. Составление расчетной схемы каркаса навеса. Формирование РСУ и выполнение статического расчета с нахождением расчетных усилий. Выполнение прочностного расчета с проверкой и подбором стальных профилей. Документирование полученных результатов проверки и подбор стальных профилей**

### **Занятие 1**

#### Основные вопросы занятия

1. Сбор нагрузок по СП 20.13330.2011. Составить таблицу сбора нагрузок (постоянные и временные). Временные нагрузки от снега для формирования таблицы РСУ.
2. Собрать снеговые нагрузки и нагрузки от покрытия на крайние и рядовые балки настила.
3. Создание топологии с использованием «Генерации пространственной рамы» без создания плиты. Обратит внимание на назначение внешних связей. Связи должны быть наложены линейные, по всем трем осям и угловая – по оси у.
4. При назначении жесткостей заполнить характеристики для стальных конструкций (Колонна, Балка (для балки настила), Балка (для главной балки), Ферменный (для элементов связей) для расчета стальных элементов (проверки назначенных жесткостей и подбора требуемых).
5. Выполнить статический и прочностный расчет (с проверкой и подбором сечений стальных профилей).
6. Пояснить чтение результатов расчета в виде мозаик проверки 1-го и 2-го предельных состояний («исчерпания несущей способности») и таблиц проверки и подбора.

#### Особенности

Показать заполнение основных параметров для конструирования стальных элементов (заполнение 2 вкладок «Материал», «Дополнительные характеристики»).

### Задание:

Выполнить расчет каркаса навеса из стальных профилей. Покрытие выполнено из стального профилированного настила по балкам. Сбор нагрузок выполнить в соответствии с требованиями СП 20.133330.2011, при этом собрать снеговые нагрузки и нагрузки от покрытия на крайние и рядовые балки настила. Создать топологию с использованием «Генерации пространственной рамы» без создания плиты. При назначении жесткостей заполнить характеристики для стальных конструкций (Колонна, Балка (для балки настила), Балка (для главной балки), Ферменный (для элементов связей) для расчета стальных элементов (проверки назначенных жесткостей и подбора требуемых). Выполнить статический и прочностный расчет (с проверкой и подбором стальных профилей). Пояснить чтение результатов расчета в виде мозаик проверки 1-го и 2-го предельных состояний («исчерпания несущей способности») и таблиц проверки и подбора.

### Дано:

Шаг балок настила –  $a = 1.5$  м.

Пролет главных балок –  $L = 9$  м.

Пролет балок настила –  $B = 6$  м.

Высота стоек –  $h = 3$  м.

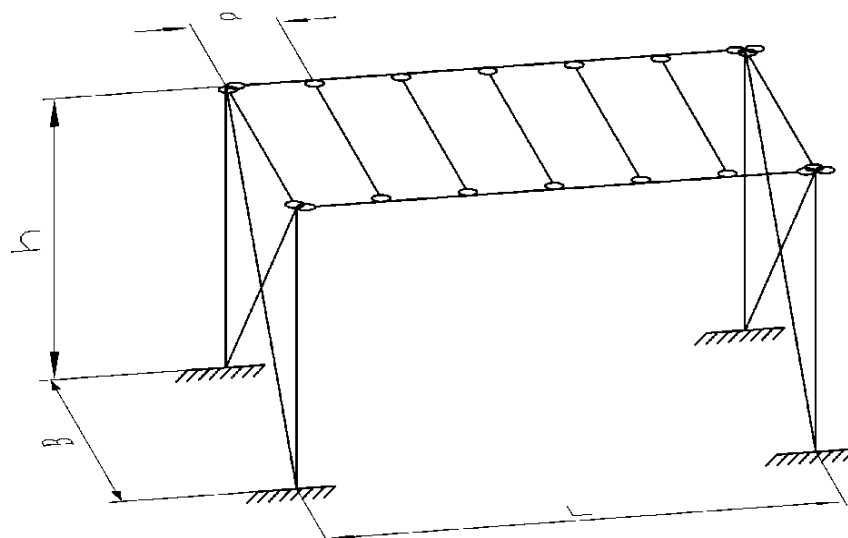
Снеговой район – IV

Колонны – двутавры 20К1.

Главные балки – двутавры 35Б1.

Балки настила – двутавры 20Б1.

Связи – одиночный уголок L100x8.



*Рис. 105. Расчетная схема*

## Состав покрытия

Таблица 2

1	Гидроизоляционный ковер (4 слоя рубероида на битумной мастике)
2	Стяжка (цементно-песчаная толщиной 30 мм)
3	Утеплитель (плиты из минеральных волокон толщиной 200 мм, плотностью 160 кг/м <sup>3</sup> )
4	Стяжка (цементно-песчаная толщиной 30 мм)
5	Заполнитель (Железобетон толщиной 80 мм)
6	Стальной профилированный настил толщиной 0.8 мм, Н60-845-0.8

Для элементов заводского изготовления (керамическая плитка, ламинат и т.д.) выбираются веса из таблиц в справочных материалах по аналогии с темой 2 (Приложение 1).

Сбор нагрузок выполняется по СП 20.133330.2011 (по аналогии с темой 3), при этом необходимо собрать снеговые нагрузки и нагрузки от покрытия на крайние и рядовые балки настила. Создать топологию с использованием «Генерации пространственной рамы» без создания плиты. При назначении жесткостей заполнить характеристики для стальных конструкций (Колонна, Балка (для балки настила), Балка (для главной балки), Ферменный (для элементов связей) для расчета стальных элементов (проверки назначенных жесткостей и подбора требуемых). Выполнить статический расчет и прочностной (с «прочностным» расчетом). Пояснить чтение результатов расчета в виде мозаик проверки 1-го и 2-го предельных состояний («исчерпания несущей способности») и таблиц проверки и подбора.

### Алгоритм выполнения работы

#### *1. Составляем таблицу сбора нагрузок по СП20.13330.2011.*

Сбор нагрузок приводить в табличной форме по образцу.

Для определения коэффициента надежности по нагрузкам использовать таблицу 7.1 СП 20.13330.2011 «Нагрузки и воздействия» (Приложение 1), нормативные значения временных нагрузок от снега в соответствии с тем же СП. Коэффициент надежности для временных нагрузок принимать согласно п. 10.12 СП 20.13330.2011 «Нагрузки и воздействия» (Приложение 1).

## Сбор нагрузок на профнастил покрытия

Таблица 3

№	Наименование конструктивных слоев	Нормативная нагрузка	Коэффициент надежности по нагрузке	Расчетная нагрузка
п/п		кг/м <sup>2</sup>	g	кг/м <sup>2</sup>
1	2	3	4	5
<b>Постоянные нагрузки</b>				
1	Гидроизоляционный ковер (4 слоя рубероида на битумной мастике) 4*3.3=13.2	13.2	1.3	17.16
2	Стяжка (цементно-песчаная толщиной 30 мм, плотностью 1800 кг/м <sup>3</sup> ) 0.03*1800=54	54	1.3	70.2
3	Утеплитель (плиты из минеральных волокон толщиной 200 мм, плотностью 160 кг/м <sup>3</sup> ) 0.2*160=32	32	1.2	38.4
4	Стяжка (цементно-песчаная толщиной 30 мм, плотностью 1800 кг/м <sup>3</sup> ) 0.03*1800=54	54	1.3	70.2
5	Заполнитель (Железобетон толщиной 80 мм, плотностью 2500 кг/м <sup>3</sup> ) 0.08*2500=200	200	1.3	260
6	Стальной профилированный настил толщиной 0.8 мм, Н60-845-0.8 (собственный вес 9.9 кг/м <sup>2</sup> )	9.9	1.05	10.4
	Итого постоянные нагрузки	363.1		466.36
<b>Временные нагрузки</b>				
7	Снеговая нагрузка (табл. 10.1 СП 20.13330.2011 Нагрузки и воздействия Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85) расчетная нагрузка 240 кг/м <sup>2</sup>	168	1.4	235.2

Постоянные нагрузки на балки настила

$$q^H = 363.1 * 1.5 = 544.65 \text{ кг/м.}$$

$$q = 466.36 * 1.5 = 699.54 \text{ кг/м.}$$

Постоянные нагрузки на крайние балки настила  
 $q^H = 363.1 * 1.5 / 2 = 272.33$  кг/м.  
 $q = 466.36 * 1.5 / 2 = 349.77$  кг/м.

Временная от снега на балки настила  
 $s^H = 168 * 1.5 = 252$  кг/м.  
 $s = 235.2 * 1.5 = 352.8$  кг/м.

Временная от снега на крайние балки настила  
 $s^H = 168 * 1.5 / 2 = 126$  кг/м.  
 $s = 235.2 * 1.5 / 2 = 176.4$  кг/м.

## 2. Создание топологии.

Созданием топологию используя «Генерацию пространственной рамы», но без создания плиты.

### **Создание** → *Пространственная рама*

В открывшейся форме (более подробно с формой знакомимся в теме № 4 «Ж/Б каркас») заполняем необходимые поля. Учитывая, что в навесе отсутствует плита, необходимо снять галочку возле указания «Создавать элементы пластин». Следует обратить внимание на назначение внешних связей. Связи должны быть наложены линейные, по всем 3 осям и угловая связь – по оси  $u$ , следовательно, убираем лишние галочки возле указания «Накладывать крепления».

Заполняем три таблицы по осям  $X$  (параметры каркаса вдоль навеса),  $Y$  (параметры каркаса поперек навеса) и  $Z$  (параметры каркаса по высоте навеса).

По завершению генерации получаем практически готовую топологию. В ней не хватает только балок настила и связей по колоннам.

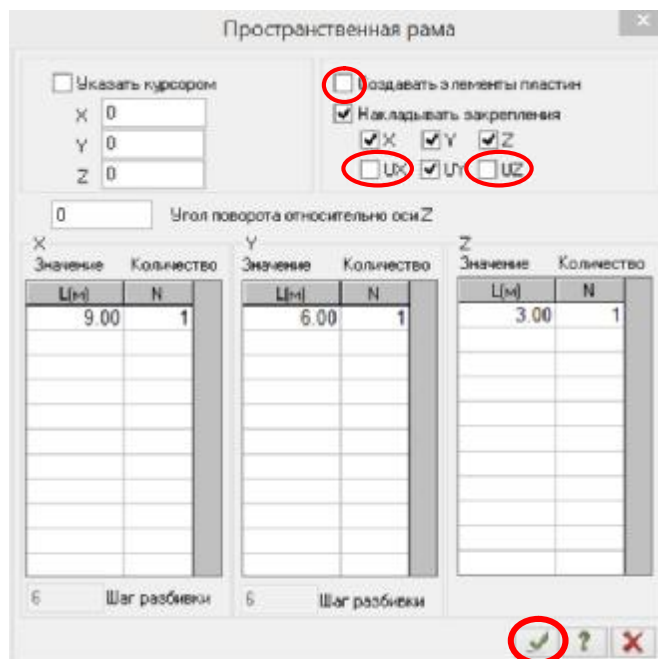


Рис. 106. Диалоговое окно Пространственная рама

Для создания балок настила воспользуемся уже созданным элементом – балкой по оси у. Для этого выделяем этот стержень, и копируем его с помощью команды «Копировать выбранные объекты»,

**Редактирование** → *Копировать выбранные объекты*

В открывшейся форме выбираем вкладку «Копирование по параметрам», задаем наши параметры (шаг между балками настила по заданию 1.5 м), не забывая снять галочку «В новый блок».

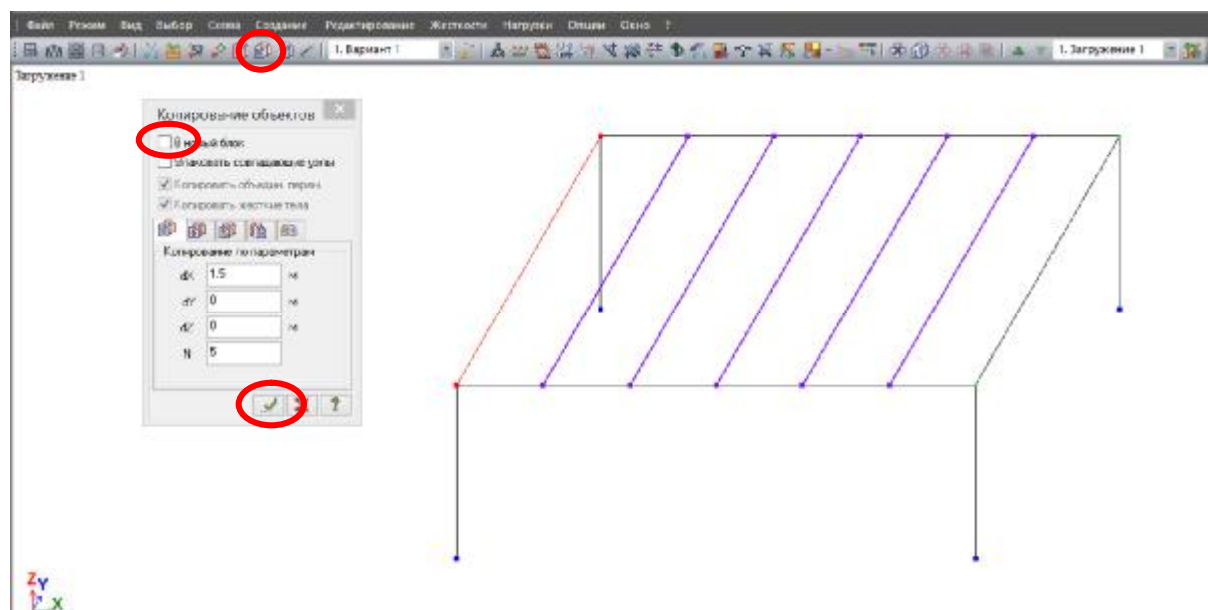


Рис. 107. Диалоговое окно Копирование объектов

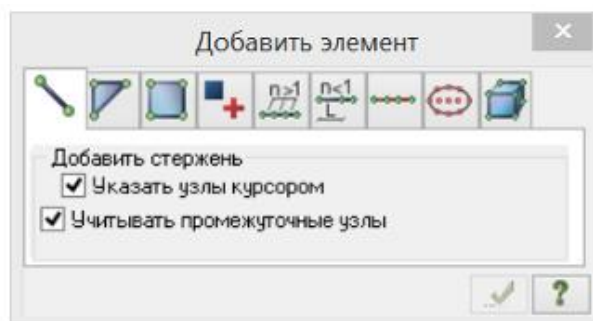


При копировании элементы, моделирующие главные балки и вновь созданные элементы (балки настила), существуют отдельно друг от друга. Для того чтобы они работали совместно, необходимо расчленить цельковые главные балки на участки, располагающиеся между балками настила. Выполняем это с использованием команды «Разбить стержень узлами», предварительно отметив необходимые элементы (главные балки).

#### **Создание** → *Добавить элемент*

В открывшейся форме находим вкладку «Разбить стержень узлами». Завершение команды по нажатию кнопки «Применить».

Остается создать элементы связей. Создаем их командой *Добавить элемент* с непосредственным указанием на начало и конец создаваемого КЭ (подробно рассмотрено в теме 1).



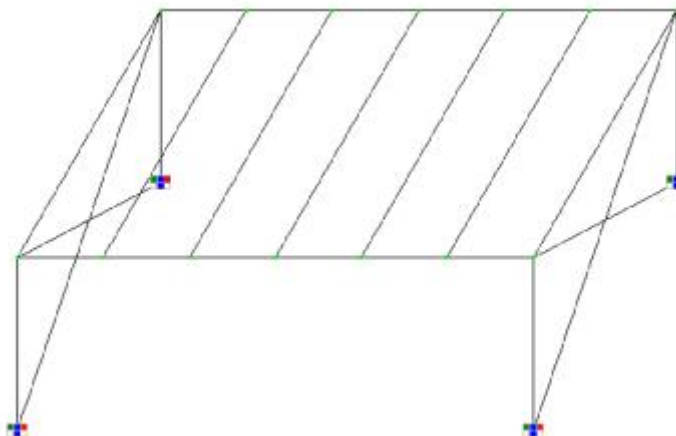
**Рис. 108.** Создание элементов связей

### *3. Назначение внешних связей*

Внешние связи создаем с помощью команды «Связи», предварительно отметив необходимый узел.

#### **Схема** → *Связи*

Назначаем связи в соответствии с условиями задачи



**Рис. 109.** Расчетная схема со связями

При соединении элементов стальных конструкций очень сложно получить «жесткий» узел, т.е. узел, в котором будет невозможен поворот элемента. В связи с этим соединения балок настила с главными балками и соединения связей с колоннами в расчетной схеме должны быть шарнирными. Отмечаем все необходимые элементы (балки настила и связи), и задаем на обоих концах этих элементов шарниры.

### Жесткости → Шарниры

В форме галочками указываем, что допускаем поворот вокруг оси  $U$  (ставим галочку в поле  $UY1$  в обоих столбцах – для 1-го и 2-го узла).

Аналогично устанавливаем шарниры в начале первого участка и в конце последнего участка главных балок (те участки, которые примыкают к колоннам).

После выполнения этих команд расчетная схема приобретет вид.

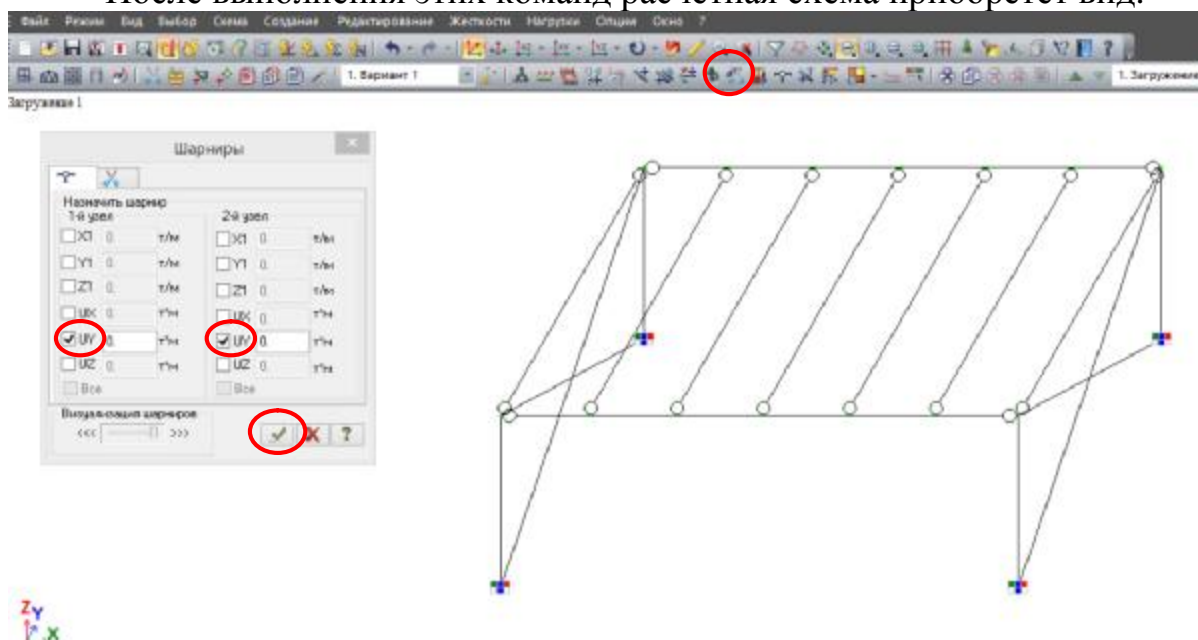


Рис. 110. Расчетная схема с шарнирным соединением

Для корректной работы необходимо избавиться от двойных узлов в одной и той же точке пространства. Выполняется команда «Упаковка схемы».

### Схема → Упаковка схемы

#### 4. Создание и назначение жесткостей элементов

При задании и назначении жесткостей мы должны, кроме основных характеристик сечений, задать и дополнительные, т.к. при выполнении прочностных расчетов (а мы по заданию будем проверять и подбирать стальные профили согласно нормам проектирования по двум группам предельных состояний) без этих характеристик выполнить такой расчет будет невозможно.

## Ø Жесткость колонн

### Жесткости → Жесткости и материалы

В открывшейся форме нажимаем на кнопку «Добавить», и во второй форме выбираем 2-ю вкладку «База металлических сечений». Находим иконку с изображением двутавра, двойным кликом заходим в форму выбора профилей. Сначала выбираем сортament «Двутавр с параллельными гранями полк типа К (колонный). Актуализированный» из раскрывающегося списка «Сортament». Далее в поле «Профиль» ищем двутавр 20К1, и в поле «Комментарии» пишем «Колонна». Далее переходим во вкладку «Сталь», отмечаем поле «Материал», нажимаем «Добавить», выбираем класс стали С245, и нажимаем «ОК».

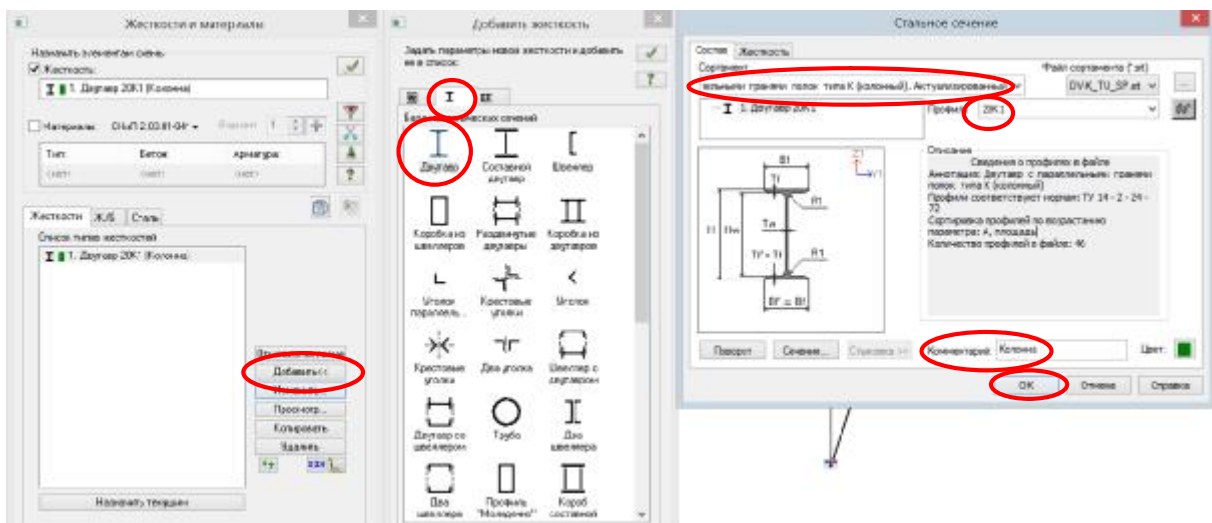


Рис. 111. Диалоговое окно Жесткости и материалы

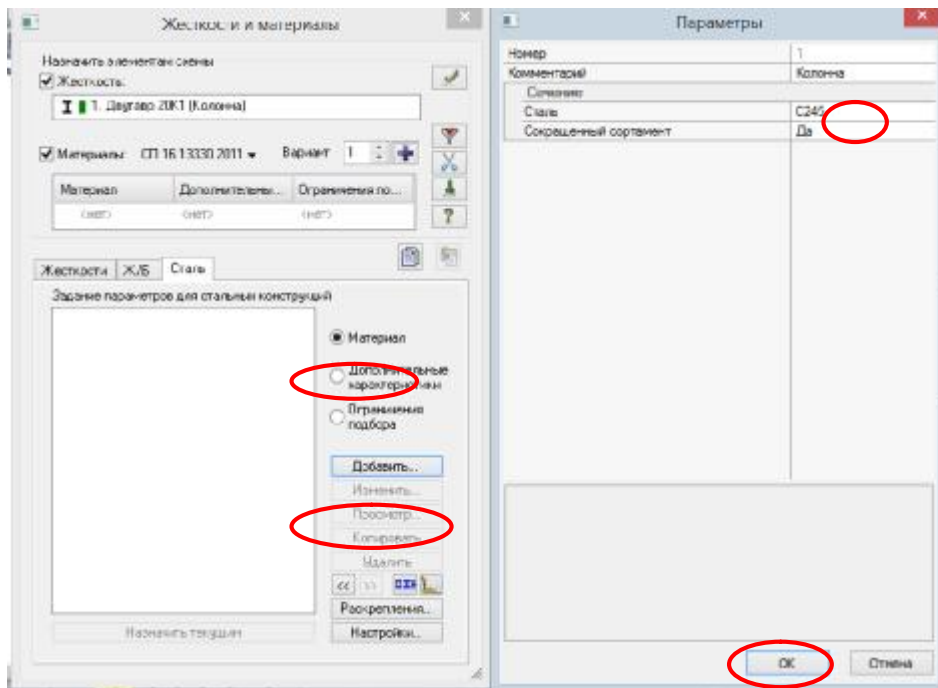


Рис. 112. Диалоговое окно Жесткости и материалы. Параметры материала

Далее ставим пометку на поле «Дополнительные материалы», и нажимаем «Добавить». В раскрывшейся форме меняем некоторые параметры, а именно, «Тип элемента», выбираем «Колонна», в разделе «Расчетные длины» ставим длины для  $l_{efz}$ ,  $l_{efy}$  (длины в метрах). Можно использовать коэффициенты вместо явного указания длин. Для этого ставим галочку на «Использовать коэффициенты длины». В этом случае надписи изменятся и станут  $k_z=3$ ,  $k_y=3$ ,  $k_b=0$ .

Завершение ввода осуществляется нажатием на кнопку «ОК». А в основной форме «Жесткости и материалы» не забываем нажать на кнопку «Применить».

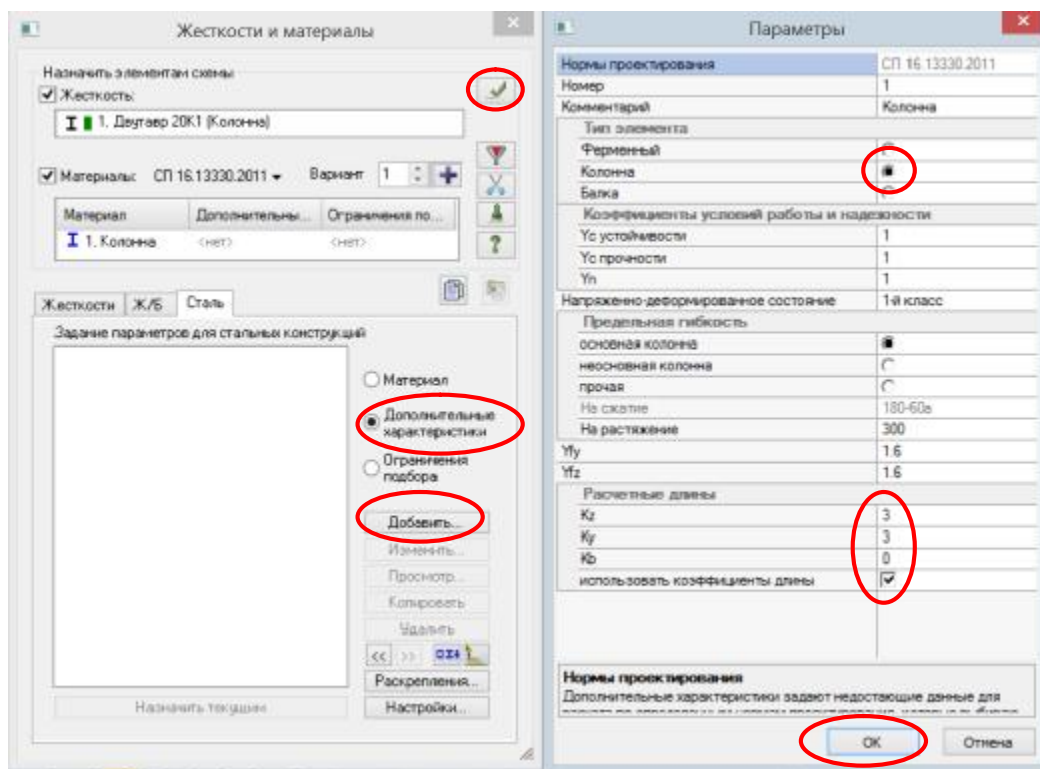


Рис. 113. Диалоговое окно Жесткости и материалы. Параметры материала

#### Ø Жесткость балок настила

Выделяем балки настила, и создаем для них жесткости.

- Выбираем 2-ю вкладку и кнопку с изображением двутавра
- выбираем «Двутавр с параллельными гранями полок типа Б (балочный). Актуализированный» и двутавр 20Б1, пишем комментарий «Балки настила»
- переходим во вкладку «Сталь» – «Материал», нажимаем «Добавить», выбираем С245 и нажимаем «ОК»
- ставим пометку на «Дополнительные материалы» и нажимаем «Добавить». Меняем некоторые параметры: пометка на «Балка», в разделе «Максимально допустимый прогиб» назначаем 1/200

Нажимаем на «ОК». В заключении назначаем жесткость.

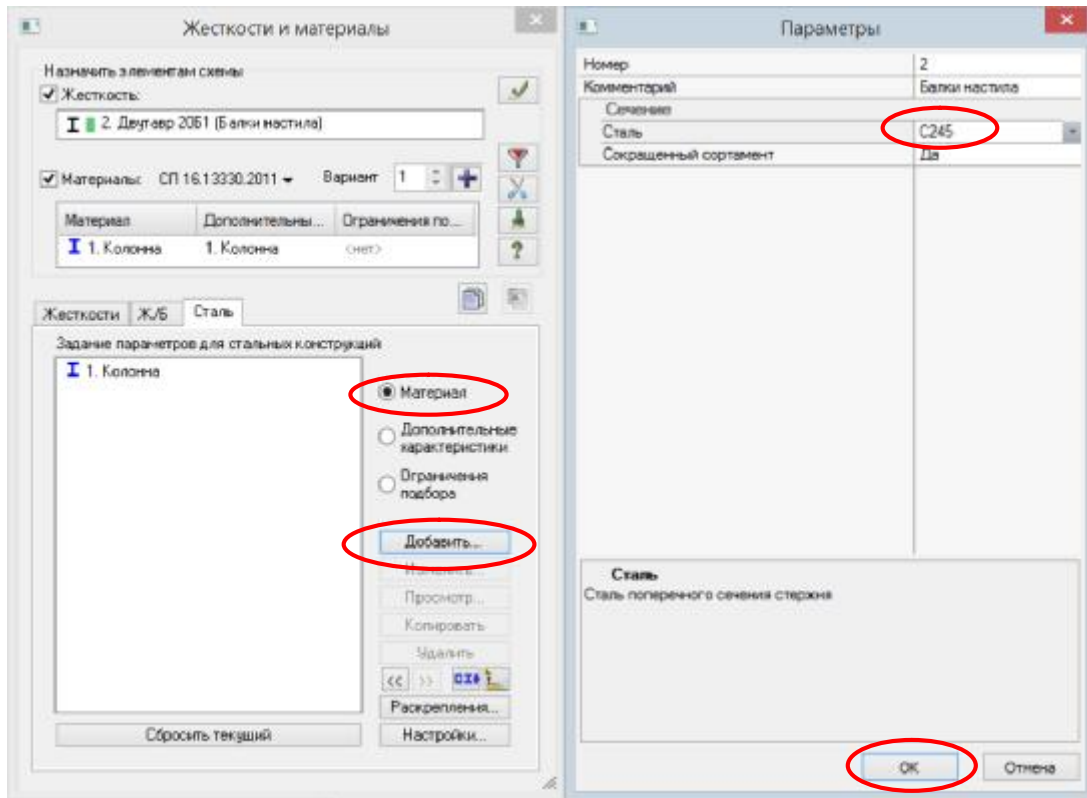


Рис. 114. Диалоговое окно Жесткости и материалы. Параметры материала

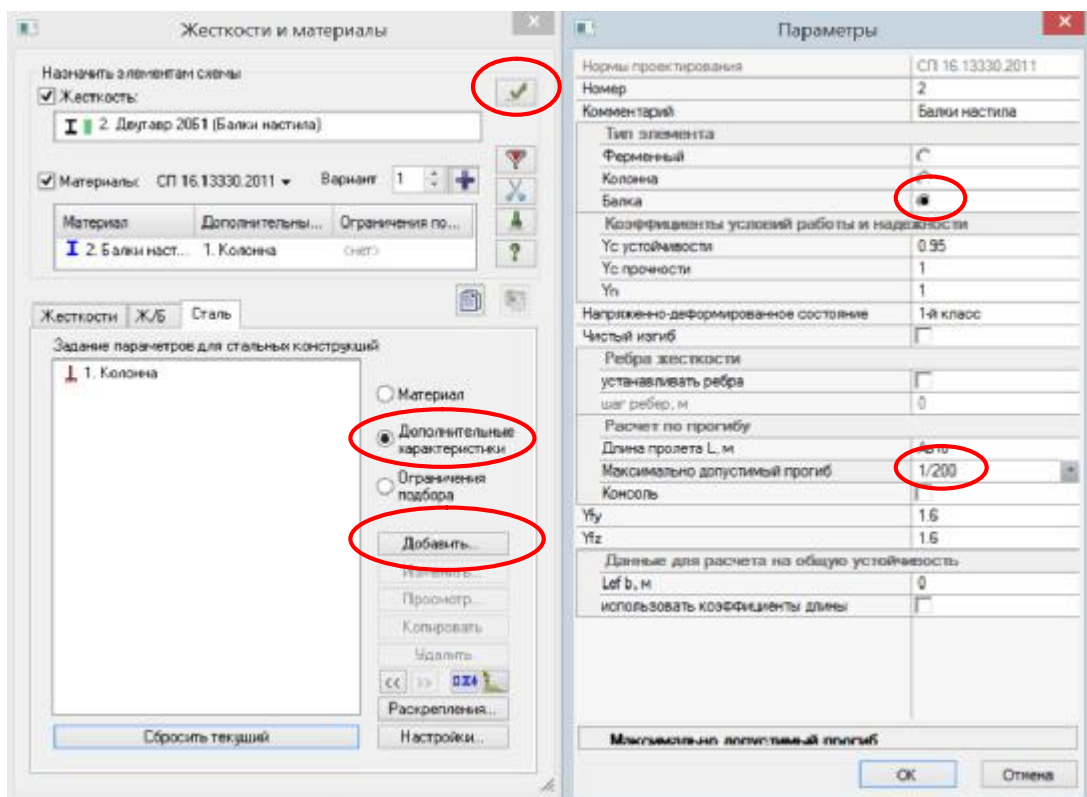


Рис. 115. Диалоговое окно Жесткости и материалы. Параметры материала

Аналогично создаем жесткость для главных балок (они тоже должны быть рассчитаны как «Балки», т.к. работают на изгиб).

#### Ø Жесткость главных балок

Выделяем главные балки, и создаем для них жесткости.

- Выбираем 2-ю вкладку и кнопку с изображением двутавра
- выбираем «Двутавр с параллельными гранями полок типа Б (балочный). Актуализированный» и выбираем двутавр 35Б1, пишем комментарий «Главные балки»
- переходим во вкладку «Сталь» – «Материал», нажимаем «Добавить», выбираем С245 и нажимаем «ОК»
- ставим пометку на «Дополнительные материалы» и нажимаем «Добавить». Меняем некоторые параметры: пометка на «Балка», в разделе «Максимально допустимый прогиб» назначаем 1/200. Нажимаем на «ОК»

В заключении назначаем жесткость.

#### Ø Жесткость связей

Создаем жесткость для связей. Для этого «Добавляем», затем переходим во 2-ю вкладку выбираем кнопку с изображением уголка, выбираем «Уголок равнополочный. Актуализированный», выбираем уголок 100x100x8 и пишем комментарий «Связи».

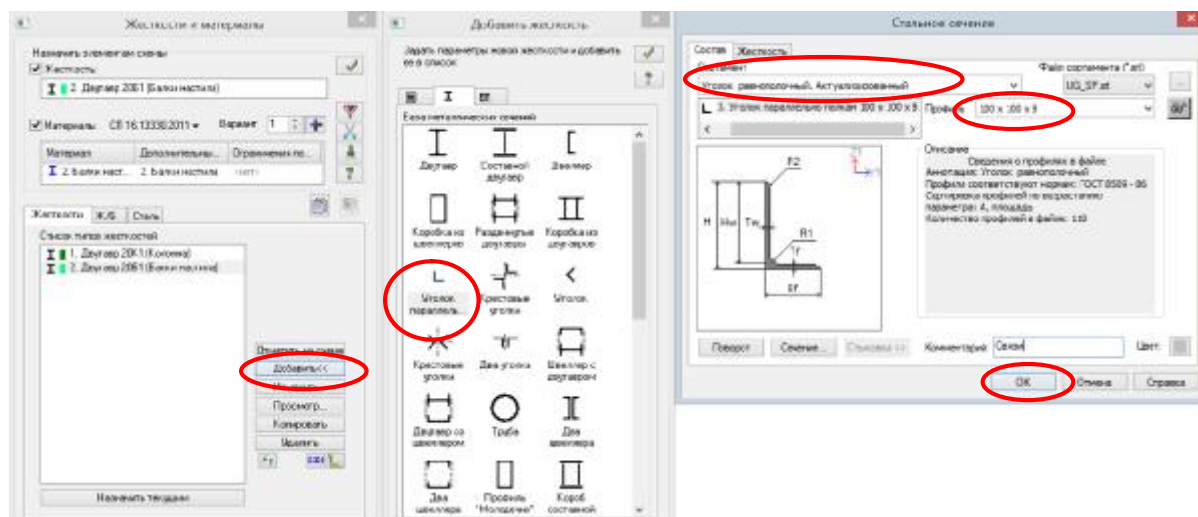
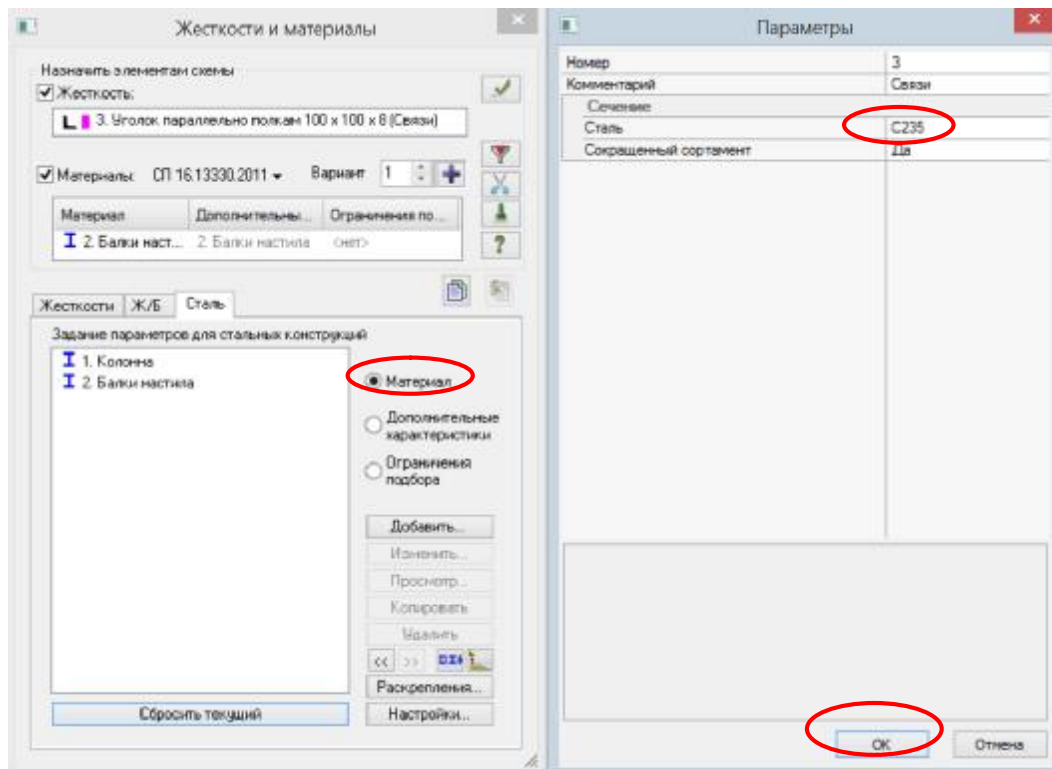


Рис. 116. Диалоговое окно Жесткости и материалы

Далее переходим во вкладку «Сталь», и нажимаем «Добавить», выбираем сталь С235.



**Рис. 117. Диалоговое окно Жесткости и материалы. Параметры**

Далее ставим пометку на «Дополнительные материалы» и «Добавить». Меняем некоторые параметры:

- «Тип элемента» – «Ферменный» (элементы связей работают только на продольное усилие – растяжение или сжатие).
  - Пометка – «Прочий»,
  - в разделе «Расчетные длины» ставим коэффициенты для  $k_z=1$ ,  $k_y=1$ ,
  - ставим галочку на «Использовать коэффициенты длины».
- Нажимаем на «ОК». В заключение назначаем жесткость.

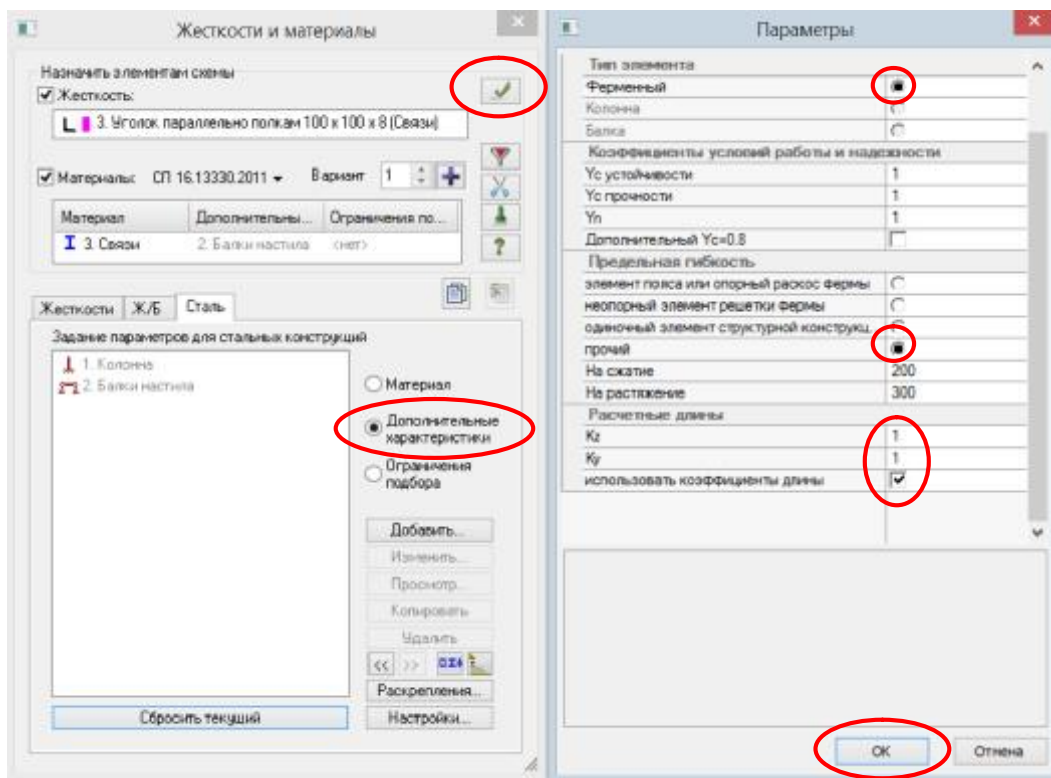


Рис. 118. Диалоговое окно Жесткости и материалы. Параметры

### 5. Формирование и приложение нагрузок

Учитываем, что у нас два нагружения – Постоянное и временное (от снега).

В постоянное нагружение входит: собственный вес и равномерно распределенная нагрузка от конструкции пола. Формирование временной нагрузки заключается в нагрузке от снега.

Прикладываем будем на балки настила, причем с разделением на крайние и рядовые.

#### Нагрузки → Редактор загрузений

В постоянное загрузение входит: собственный вес всех элементов каркаса навеса и равномерно распределенная нагрузка на балки настила от конструкции покрытия. Во временное загрузение будут входить только нагрузки на балки настила от снега. Все эти нагрузки мы уже подсчитали, остается их только приложить.

Прикладываем нагрузки будем на балки настила, причем необходимо учитывать, что имеются крайние и рядовые балки.

Нагрузку от собственного веса всех элементов каркаса навеса мы не подсчитывали, эта нагрузка будет сформирована автоматически, необходимо только воспользоваться предоставленной возможностью, заложенной разработчиками расчетного комплекса. Чтобы приложить



нагрузку от собственного веса, нужно использовать команду «Добавить собственный вес»

**Нагрузки** → *Добавить собственный вес*

и указать в появившейся форме необходимый коэффициент надежности по нагрузке (учитывая, что все элементы каркаса навеса выполнены из стальных профилей).

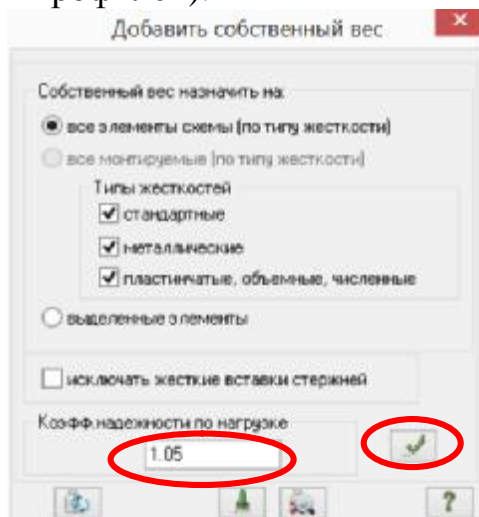


Рис. 119. Диалоговое окно *Добавить собственный вес*

При приложении нагрузок необходимо учитывать, что нагрузки прикладываются к балкам настила, и эти нагрузки – равномерно распределенные по длине стержней.

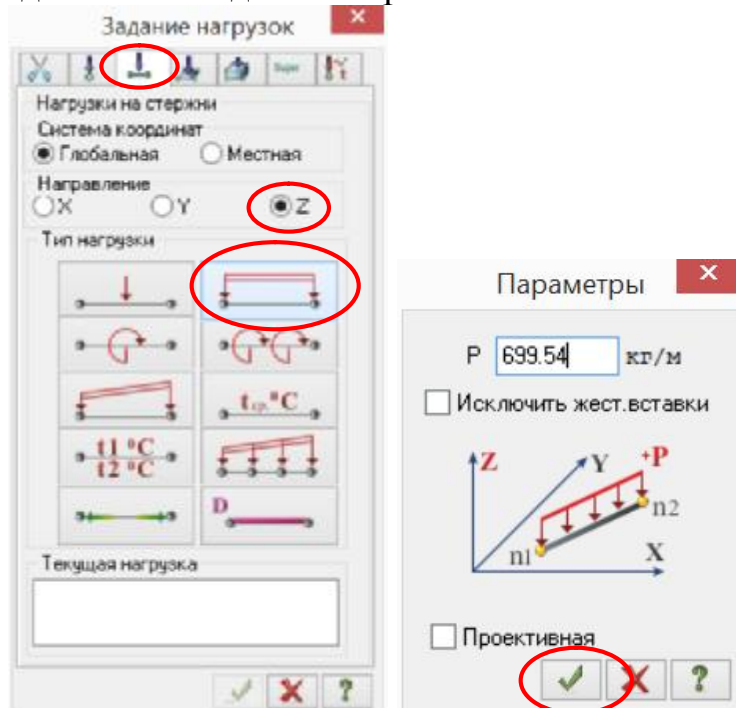


Рис. 120. Диалоговое окно *Задание нагрузок*

## 6. Формирование таблицы РСУ

Прочностные расчеты, в том числе и для стальных профилей, могут быть выполнены только при условии формирования расчетных усилий, т.е. необходимо задать либо таблицу РСУ, либо таблицу РСН. Формируем таблицу РСУ.

**Нагрузки** → РСУ → Генерация таблицы РСУ

Заполняем ее по аналогии с темой 3 «Ферма» и темой 4 «Ж/Б каркас».

Формирование РСУ должно быть в соответствии с действующими строительными нормами, следовательно, в строке «Строительные нормы» формы «Расчетные сочетания усилий» меняем СНиП на СП20.13330.2011. Для загрузки постоянными нагрузками выбираем вид нагрузки «Постоянные», для временных нагрузок (снег), выбираем «Кратковременные». Завершаем ввод (сохраняем заполненную таблицу) нажатием кнопки «Применить».

№	1 основ.	2 основ.	0соб.(С)	0соб.(6С)	5 сочет.	6 сочет.
1	1.00	1.00	0.90	1.00	0.00	0.00
2	1.00	1.00	0.50	0.80	0.00	0.00

№	Имя загрузки...	Вид	Параметры РСУ	Коэффициенты РСУ
1	Постоянное ...	Постоянное ...	0 0 0 0 0 0 1.10 1.00	1.00 1.00 0.90 1.00
2	Временное н...	Кратковремен...	2 0 0 0 0 0 1.20 0.35	1.00 1.00 0.50 0.80

Рис. 121. Диалоговое окно Расчетные сочетания усилий

## 7. Выполнение статического расчета

Перед выполнением расчета рекомендуется сохранить исходные данные.

**Файл** → Сохранить

Далее переходим в режим расчета.

**Режим** → Выполнить полный расчет

Расчет успешно выполнен, результаты расчета можно увидеть в режиме «Результаты расчета».

**Режим** → *Результаты расчета*

В этом режиме можно просмотреть результаты статического расчета от отдельных нагрузжений (мы сформировали только таблицу РСУ), переключаясь между разными нагрузжениями.

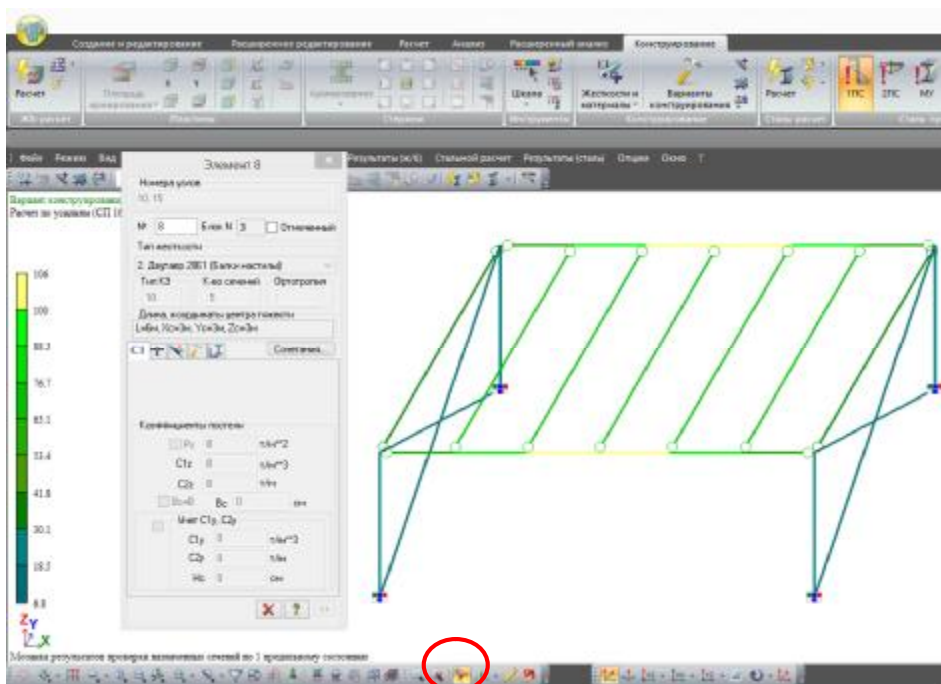
Для просмотра результатов прочностного расчета необходимо включить режим «Конструирование» (закладка в Ленте) или выбрать в меню «Железобетонные и стальные конструкции».

Заходя в меню «Результаты (сталь)», можно выбрать команды: «Проверка, 1ПС», «Проверка, 2ПС» или «Проверка, МУ» (проверяются первое, второе предельные состояния или местная устойчивость, соответственно).


На графическом поле будет представлена расчетная схема с цветовым отображением результатов той или иной проверки. По верху графического поля отображается цветовая шкала исчерпания несущей способности в процентах. Зеленая гамма цветов будет соответствовать выполнению условий проверок (темные цвета – для менее нагруженных элементов, более светлые – для более нагруженных). Желтая, оранжевая и красная гаммы соответствуют невыполнению условий проверок. Чем большая степень превышения, тем более интенсивное использование красного цвета (повышение степени опасности).

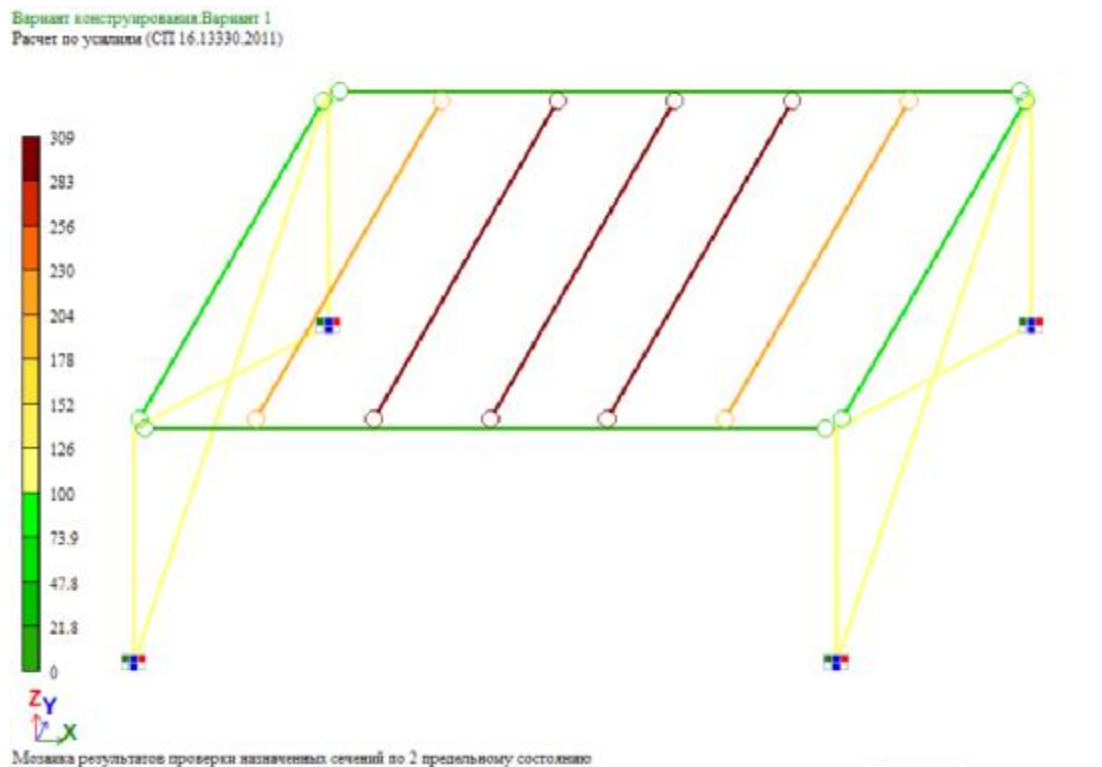
#### 8. Чтение и анализ полученных результатов

Переходим во вкладку «Конструирование», и получаем результаты по 1ПС и 2ПС.



**Рис. 122. Результаты расчета**

На рисунке приведены результаты проверки первого предельного состояния. Почти все элементы каркаса отображены в зеленой гамме, следовательно, они обладают достаточной несущей способностью по этому предельному состоянию. Исключение составляют два участка на главных балках, отмеченных желтым цветом. Используя команду «Информация об узле или элементе» –  (кнопка с изображением фонарика), можно посмотреть более подробную информацию для конкретного элемента.



**Рис. 123. Мозаика результатов проверки сечений по второму предельному состоянию**

На рисунке по результатам проверки по второму предельному состоянию видно, что для некоторых элементов не выполняются условия проверок (цветовая гамма включает светло желтые цвета и даже красные). По числовой шкале можно заметить, что исчерпание несущей способности по второму предельному состоянию (по прогибам) существенное, есть 200 и 300%, т.е. в два-три раза превышают допусковое.

Результаты проверок для всех элементов (или для какой-то группы элементов) можно посмотреть и в табличном виде. Используем команду «Таблицы результатов».

**Результаты (сталь)** → *Таблицы результатов*  
 Выбираем строчку «Проверка», «Применить».

Чтобы просмотреть результаты в табличной форме, нажимаем на кнопку «Документация», выбираем строчку «Результаты для стали», в новом окне нам предлагают результаты для проверки или подбора.

Появляется таблица проверки всех элементов. В этой таблице представлена более подробная информация по результатам проверок для каждого элемента. Указаны проценты исчерпания по нормальным напряжениям, по устойчивости для местных осей, по гибкостям, и в целом, по первому, второму предельным состояниям и местной устойчивости.

Дата: 01/24/19 15:01:11 ЛИРА-САПР вер. 2013 СТК-САПР, (с) ЛИРА САПР, Киев, страница 1  
Задача тема 5 - навес, шифр тема 5 - навес. Усилия.

**ФЕРМЫ**

ЭЛЕМЕНТ	НС	ГРУППА	ШАГ ПЛАНОВ м	При меча	ПРОЦЕНТЫ ИСЧЕРПАНИЯ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ФЕРМЫ ПО СЕЧЕНИЯМ, %								ДЛИНА м		
					нор	УУ1	УЗ1	ГУ1	ГЗ1	УС	УП	1ПС		2ПС	М.У
Сечение: 3.3.3. Уголок параллельно полкам 100 x 100 x 8															
Профиль: 100 x 100 x 8; ГОСТ 8509 - 86															
Сталь: С235; ГОСТ 27772-88															
Сортамент: Уголок равнополочный. Актуализированный															
24	1		0.00		1	7	7	109	109	0	49	7	109	49	6.71
24	2		0.00		1	6	6	109	109	0	49	6	109	49	6.71
25	1		0.00		1	7	7	109	109	0	49	7	109	49	6.71
25	2		0.00		1	6	6	109	109	0	49	6	109	49	6.71
26	1		0.00		1	7	7	109	109	0	49	7	109	49	6.71
26	2		0.00		1	6	6	109	109	0	49	6	109	49	6.71
27	1		0.00		1	7	7	109	109	0	49	7	109	49	6.71
27	2		0.00		1	6	6	109	109	0	49	6	109	49	6.71

**КОЛОННЫ**

ЭЛЕМЕНТ	НС	ГРУППА	ШАГ РЕШЕТКИ (РЕБЕР) м	При меча	ПРОЦЕНТЫ ИСЧЕРПАНИЯ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ КОЛОННЫ ПО СЕЧЕНИЯМ, %								ДЛИНА м			
					нор	УУ1	УЗ1	УУЗ	ГУ1	ГЗ1	УС	УП		1ПС	2ПС	М.У
Сечение: 1.1.1. Двутавр 20К1																
Профиль: 20К1; ТУ 14 - 2 - 24 - 72																
Сталь: С245; ГОСТ 27772-88																
Сортамент: Двутавр с параллельными гранями полок типа К (колонный). Актуа																
3	1		0.00		7	10	26	26	71	119	35	40	26	119	40	3.00
3	2		0.00		7	10	26	26	71	119	35	40	26	119	40	3.00
4	1		0.00		7	10	26	26	71	119	35	40	26	119	40	3.00
4	2		0.00		7	10	26	26	71	119	35	40	26	119	40	3.00
5	1		0.00		7	10	26	26	71	119	35	40	26	119	40	3.00
5	2		0.00		7	10	26	26	71	119	35	40	26	119	40	3.00
6	1		0.00		7	10	26	26	71	119	35	40	26	119	40	3.00
6	2		0.00		7	10	26	26	71	119	35	40	26	119	40	3.00

**БАЛКИ**

Рис. 124. Таблица результатов для стали

## Занятие 2

На втором занятии рассматриваются следующие вопросы:

1. Самостоятельное выполнение работы (закрепление навыков сбора нагрузок и создания расчетной схемы, задание дополнительных характеристик стальным элементам для выполнения прочностного расчета).
2. Уточнение расчетной схемы для корректного представления результатов проверок изгибаемых элементов по первому и второму предельным состояниям.

### Алгоритм выполнения работы

1. *Самостоятельное выполнение работы (закрепление навыков сбора нагрузок и создания расчетной схемы, выполнение прочностного расчета)*
2. *Для главных балок создаем «Конструктивный элемент»*

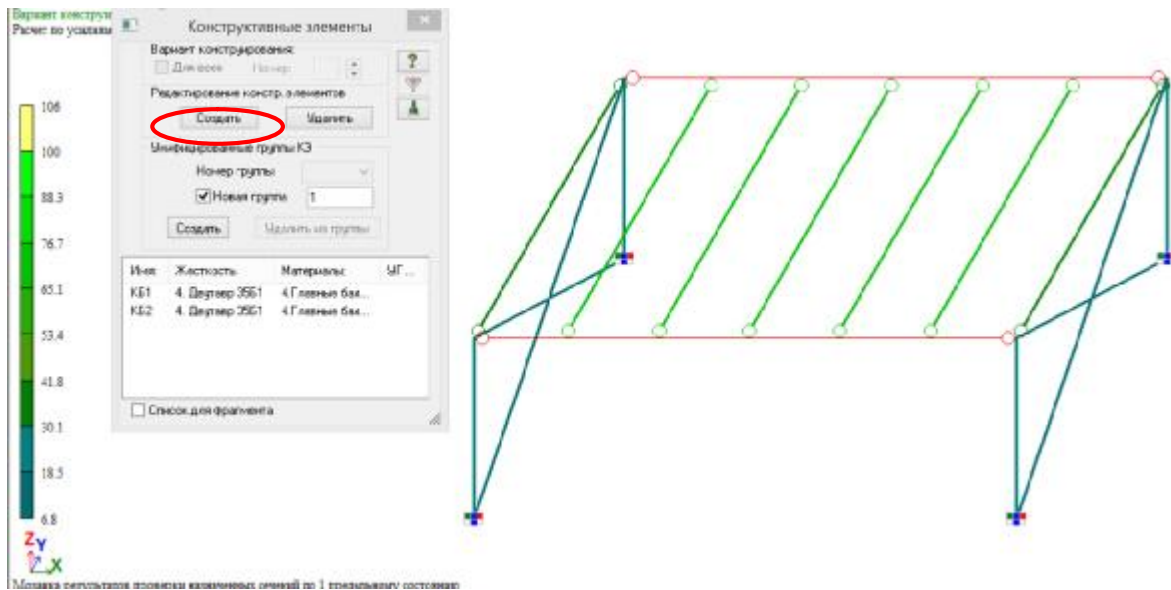
После самостоятельного сбора нагрузок, формирования расчетной схемы, формирования загружений, создания таблицы РСУ и выполнения расчета, необходимо проанализировать полученные результаты. Такой анализ позволяет заметить некоторые ошибки, допущенные нами при выполнении расчетов.

Так можно обратить внимание на то, что главные балки – это единый элемент, а в расчетной схеме он был разделен на несколько элементов, и для каждого участка выполнены отдельные проверки.

Для главных балок создаем «Конструктивный элемент».

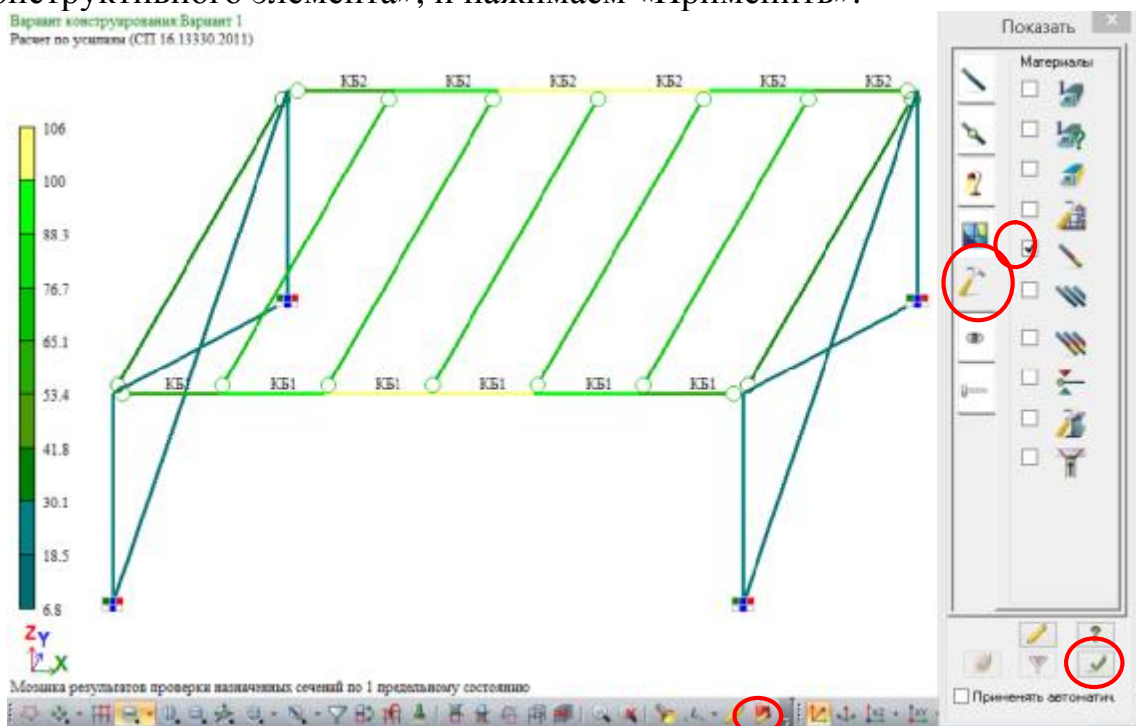
**Редактирование** → *Конструктивный элемент*

Выделяем стержни главной балки с помощью инструмента «Отметка элементов», и применяем команду «Конструктивные элементы». В новом окне нажимаем «Создать».



**Рис. 125. Диалоговое окно Конструктивные элементы**

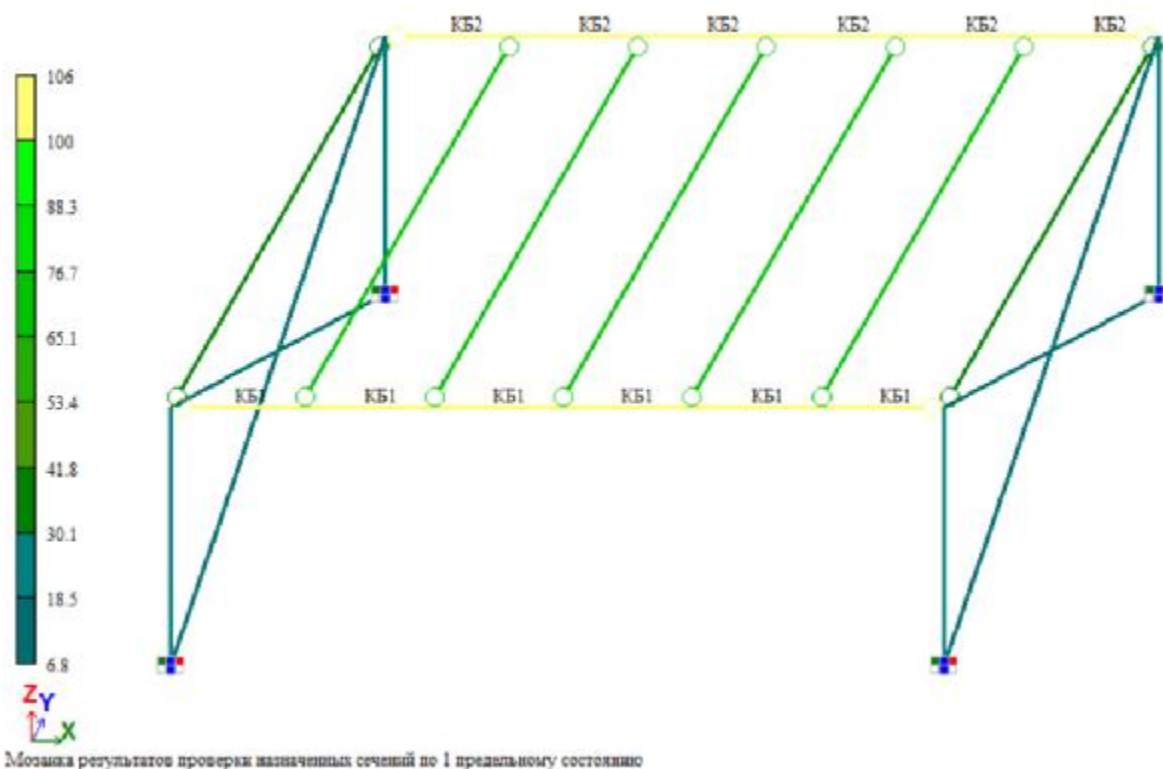
Далее переходим в «Флаги рисования», ставим галочку «Вид конструктивного элемента», и нажимаем «Применить».



**Рис. 126. Диалоговое окно Флаги рисования**

Мы видим, что программа нам обозначила наши элементы.

После выполнения расчета главные балки будут иметь одно значение исчерпания несущей способности (все участки главных балок на мозаике проверки 1ПС будут окрашены в один цвет).



Мозаика результатов проверки назначенных сечений по 1 предельному состоянию

**Рис. 127. Мозаика результатов проверки сечений по первому предельному состоянию**

### 3. Назначение дополнительных сечений в балках

Обратим внимание на то, что в балках настила истощение несущей способности по 1ПС подозрительно мало, а по 2ПС – очень большое. Кроме того, процент истощения несущей способности по 2ПС для рядовых балок настила различается, хотя загружены они одинаково.

Здесь нами было допущено две ошибки. Первая ошибка – все балки настила (по умолчанию при создании стержневых КЭ формируется два сечения – в начале и в конце стержня) не имеют дополнительных сечений между началом и концом стержня, а изгибающие моменты при шарнирном опирании в них будут иметь нулевые значения. Максимальные значения изгибающих моментов мы не зафиксируем. Исправим эту ошибку введением дополнительных сечений. Для этого вернемся в режим создания и редактирования расчетной схемы.

**Режим** → *Расчетная схема*

Отметим все балки настила, и, используя команду «Расчетные сечения стержней»

**Схема** → *Расчетные сечения стержней*



назначим дополнительные сечения в балках настила, количество сечений должно быть нечетным, например, 5 сечений.

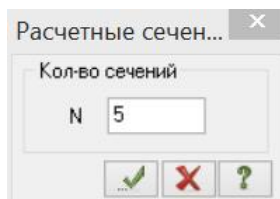


Рис. 128. Диалоговое окно Расчетные сечения стержней

Вариант конструирования Вариант 1  
Расчет по усилкам (СП 16.13330.2011)

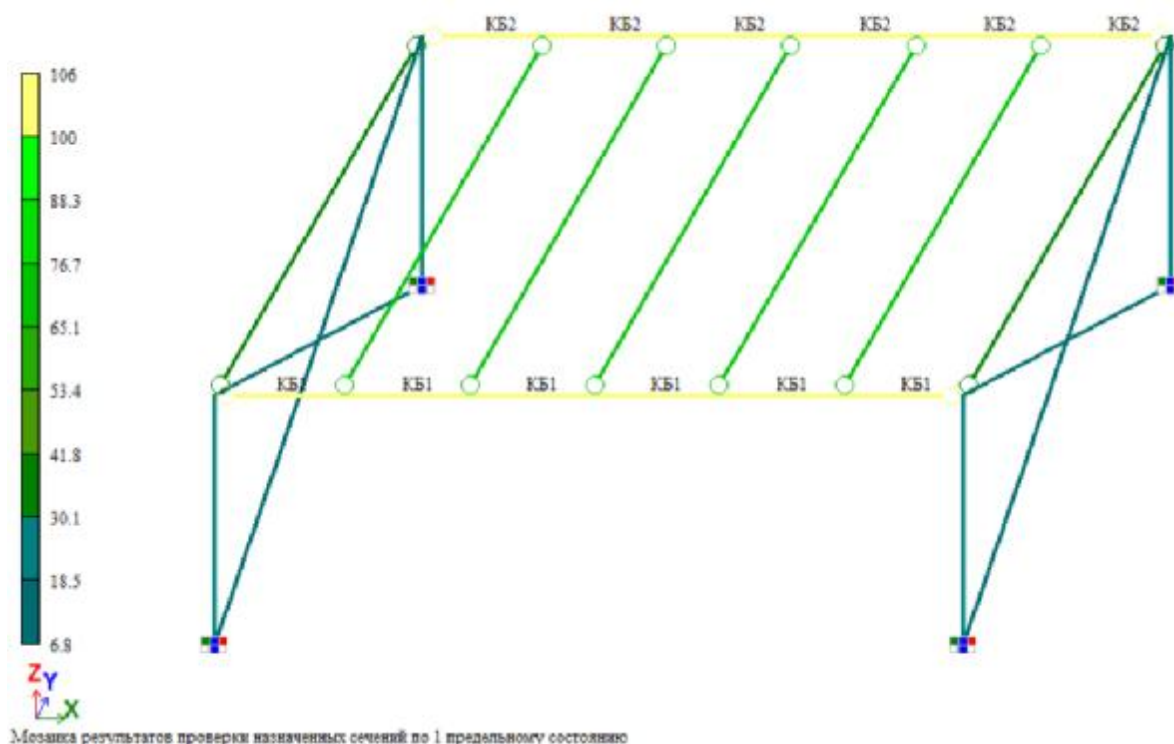


Рис. 129. Мозаика результатов проверки сечений по первому предельному состоянию

После выполнения расчета получим несколько другую картину процента исчерпания несущей способности по 1ПС для балок настила. Для крайних балок это будет 39%, для рядовых – 75,8%.

4. Для корректной проверки второго предельного состояния вводим раскрепления для балок.

**Редактирование** → Раскрепление для прогибов

Разработчиками заложено, что перемещения подсчитываются в глобальных осях, следовательно, к прогибам будут добавляться

перемещения и узлов, к которым прикреплен изгибаемый элемент. Это надо исправить.

Выделяем балки настила с помощью инструмента «Отметка элементов». Выполняем команду «Раскрепления для прогибов». В новом окне выбираем «Создать в узлах с несоосными элементами», нажимаем кнопку «Применить», и пересчитываем задачу.

Вариант конструирования Вариант 1

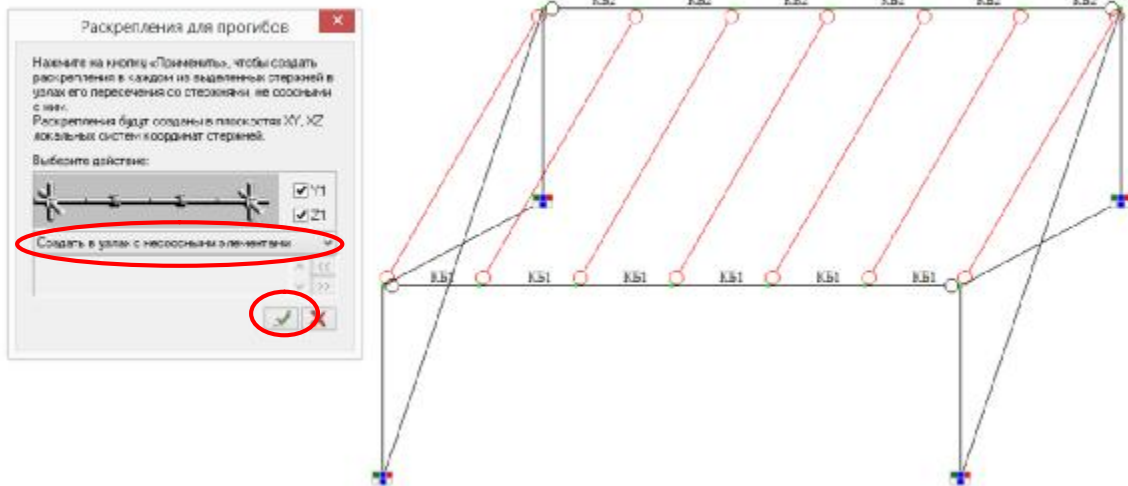
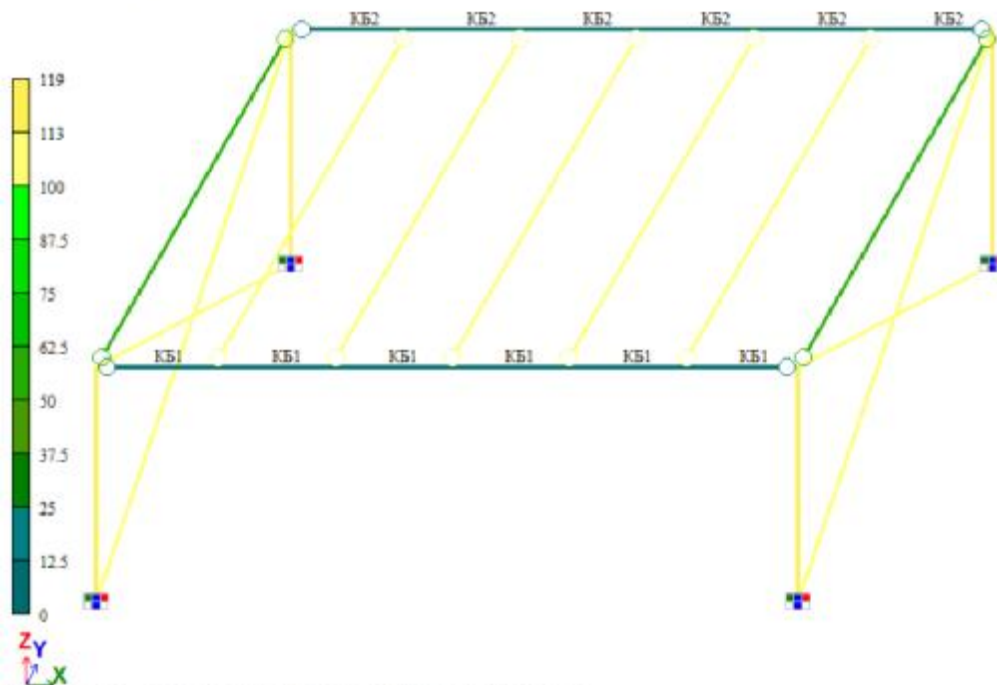


Рис. 130. Диалоговое окно Раскрепление для прогибов

Вариант конструирования Вариант 1  
Расчет по усилению (СП 16.13330.2011)



Мозаика результатов проверки назначенных сечений по 2 предельному состоянию

Рис. 131. Мозаика результатов проверки сечений по второму предельному состоянию

Получаем результаты для 2ПС. Крайние балки имеют исчерпание несущей способности порядка 57,4%, а рядовые несколько перегружены (111,6%).

Таким образом, полученные результаты расчетов требуют внимательного рассмотрения и анализа. Только анализ результатов позволяет исключить ошибки в расчетной схеме, связанные с особенностями реализации проверок, заложенными разработчиками вычислительных комплексов.

### Занятие 3

#### Основные вопросы занятия

1. Выполнение индивидуального задания по варианту.

#### Особенности

На третьем занятии выполняется контроль полученных навыков приобретенных на двух предыдущих занятиях этой темы.

Результаты выполнения работы сохраняются в виде двух файлов: ЛИРА-САПР 2013 R5 (.lir) и текстового (doc).

Варианты заданий приведены в Приложении 3.

### Тема 6 «Комбинированный каркас»

**Составление расчетной схемы каркаса, содержащего и железобетонные, и стальные элементы. Особенности назначения коэффициента надежности по нагрузке для формирования собственного веса для разных материалов. Формирование РСУ и выполнение статического расчета с нахождением расчетных усилий. Выполнение прочностного расчета с проверкой и подбором стальных профилей и расчета армирования для железобетонных. Документирование полученных результатов прочностных расчетов.**

#### Занятие 1

#### Основные вопросы занятия

1. Сбор нагрузок по СП 20.133330.2011. Составить таблицу сбора нагрузок (постоянные и временные). Постоянные нагрузки от кровли

- с учетом конструктивных слоев. Временные нагрузки от снега и ветра для формирования таблицы РСУ.
2. Ветровые нагрузки собрать без учета пульсационной составляющей.
  3. Создание топологии с использованием «Генерации пространственной рамы». Обратить внимание на автоматическое членение ригелей узлами ж/б плиты и обеспечение совместности работы плиты и ригелей. Кроме того, обратить внимание на назначение внешних связей.
  4. Создание топологии «Фермы» с использованием «Генерации фермы» с размещением ее сразу в проектное положение (на оголовки колонны с поворотом). Копировать ферму на другие колонны.
  5. При назначении жесткостей заполнить характеристики для ж/б и стальных конструкций для расчета армирования ж/б элементов и проверок с подбором сечений для стальных элементов.
  6. Задание загружений с формированием нагрузок для каждого нагружения.
  7. Составление таблицы расчетных сочетаний усилий.
  8. Выполнение статического расчета с выводом результатов РСУ.
  9. Выполнение прочностного расчета с проверкой и подбором профилей для стальных элементов каркаса и расчетом площадей армирования для железобетонных.

### Особенности

Формирование сложной топологии с использованием всех возможностей создания КЭ непосредственным созданием и генерацией стандартных элементов расчетных схем.

Использование возможностей фрагментации, полифилтра и временного скрывания видимости КЭ при работе с назначением свойств элементам в расчетной схеме.

Раздельное задание собственного веса ж/б и стальных элементов каркаса.

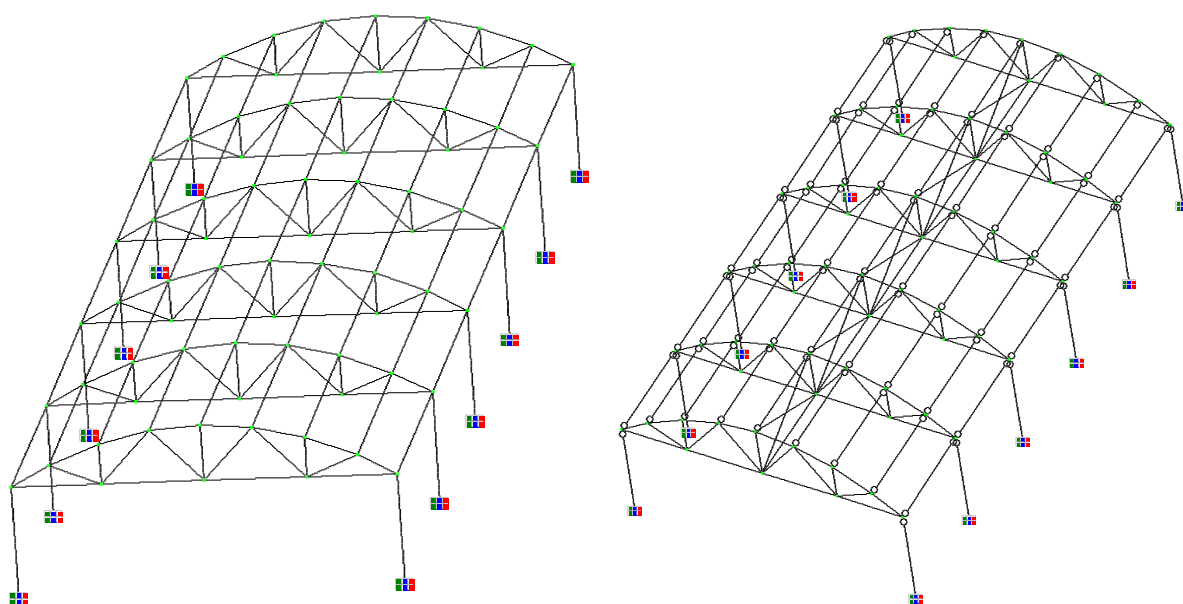
#### **Задание:**

Выполнить расчет каркаса фрагмента производственного здания (рис. 132) и его элементов (стальных ферм из равнополочных уголков L100x8 мм, составленных в тавр, прогонов из швеллеров с уклоном полок № 24, вертикальных связей из одиночных равнополочных уголков L75x8 мм, железобетонных колонн сечением 600x400 мм). Исходные данные для каркаса: пролет 24 м, шаг колонн 6 м, высота колонн 7 м. Ферма сегментная, высотой 4 м, с шагом узлов по нижнему поясу 6 м. Опирание

фермы на колонны – шарнирное. Колонны – жестко защемленные в фундаментах.

Статический расчет выполнить на следующие загрузки:

- 1 – постоянная нагрузка (от собственного веса конструкции кровли, включая вес всех элементов каркаса);
- 2 – временная нагрузка от снега для IV снегового района (на всем пролете);
- 3 – временная нагрузка от снега для IV снегового района (на половине пролета);
- 4 – временная нагрузка от ветра для III ветрового района. Тип местности «В» (приложение нагрузки – поперек здания).



*Рис. 132. Каркас фрагмента производственного здания*

### **Алгоритм выполнения работы**

#### *1. Сбор нагрузок*

Сбор постоянных и временных нагрузок распределенных на квадратный метр выполняется с учетом требований СП 20.13330.2011 Нагрузки и воздействия в табличной форме.

Таблица сбора нагрузок

Таблица 4

№ п/п	Наименование конструктивных слоев (вида нагрузки)	Нормативная кг/м <sup>2</sup>	Коэф. надежности по нагрузке $\gamma_f$	Расчетная, кг/м <sup>2</sup>
1	2	3	4	5
Плита покрытия				
Постоянные нагрузки				
1	Гидроизоляционный ковер (4 слоя рубероида на битумной мастике) $4 \cdot 3.3=13.2$	13.2	1.3	17.16
2	Стяжка (цементно-песчаная толщиной 40 мм плотностью 1800 кг/м <sup>3</sup> ) $0.04 \cdot 1800=72$	72	1.3	93.6
3	Утеплитель (толщиной 200 мм плотностью 400 кг/м <sup>3</sup> ) $0.2 \cdot 400=80$	80	1.3	104
4	Стяжка (цементно-песчаная толщиной 30 мм плотностью 1800 кг/м <sup>3</sup> ) $0.03 \cdot 1800=54$	54	1.3	70.2
5	Мелкоразмерная железобетонная плита (толщиной 80 мм плотностью 2500 кг/м <sup>3</sup> ) $0.08 \cdot 2500=200$	200	1.1	220
	Итого	419.2	-	504.96
Временные нагрузки				
Вертикальные				
1	Снеговая нагрузка (табл. 10.1 СП 20.13330.2011 Нагрузки и воздействия Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85) нагрузка 240 кг/м <sup>2</sup>	168	1.4	235.2
Горизонтальные				
2	Ветровая нагрузка (табл. 10.1 СП 20.13330.2011 Нагрузки и воздействия Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85) нормативная нагрузка 38 кг/м <sup>2</sup>	38	1.4	53.2

Подсчет нагрузок, распределенных на погонный метр стержневых элементов, выполняется с учетом грузовых площадей для конкретных стержней.

#### Ø Расчет нагрузок на прогоны

Различаются рядовые и крайние прогоны. Ширина грузовых площадок для рядовых прогонов равна шагу прогонов (длины панели по верхнему поясу фермы), крайних прогонов в два раза меньше. Подсчет нагрузок, распределенных на погонный метр стержневых элементов, выполняется с учетом грузовых площадей для конкретных стержней.

Аналогично различаются рядовые и крайние колонны.

Рядовой прогон

От элементов покрытия:  $q = 504.96 \cdot 3 = 1514.88$  кг/м.

От снега:  $s = 235.2 \cdot 3 = 705.6$  кг/м.

Крайний прогон

От элементов покрытия:  $q_1 = q/2 = 1514.88/2 = 757.44$  кг/м.

От снега:  $s_1 = s/2 = 705.6/2 = 352.8$  кг/м.

#### Ø Расчет нагрузок на колонны от ветра

На рядовые колонны:

временная от ветра с наветренной стороны:

$$w = 53.2 \cdot 6 \cdot 0.65 \cdot 0.8 = 165.984 \text{ кг/м.}$$

временная от ветра на заветренную сторону:

$$w = 53.2 \cdot 6 \cdot 0.65 \cdot 0.5 = 103.74 \text{ кг/м.}$$

На крайние колонны:

временная от ветра с наветренной стороны

$$w = 53.2 \cdot 6 \cdot 0.65 \cdot 0.8/2 = 82.992 \text{ кг/м.}$$

временная от ветра на заветренную сторону

$$w = 53.2 \cdot 6 \cdot 0.65 \cdot 0.5/2 = 51.87 \text{ кг/м.}$$

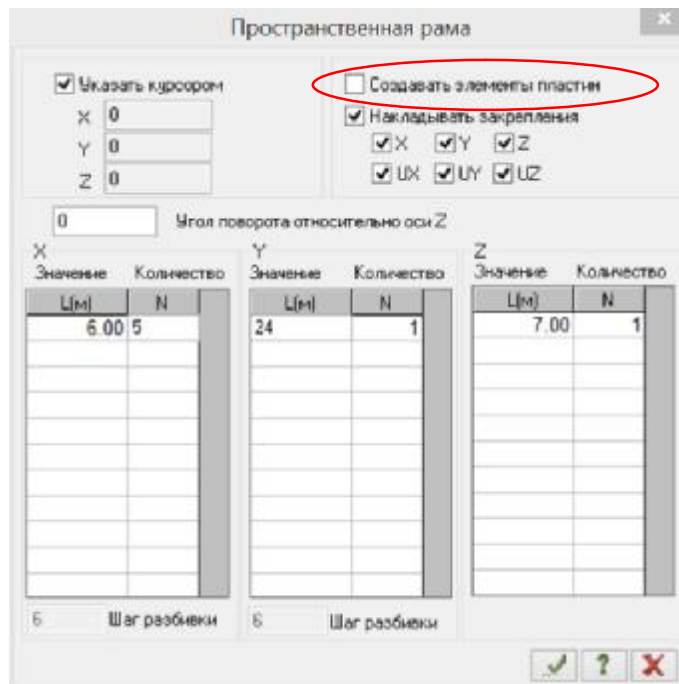
## 2. Создание топологии

#### Ø Создание топологии колонн

Создание топологии выполняется с использованием команды «Генерации пространственной рамы».

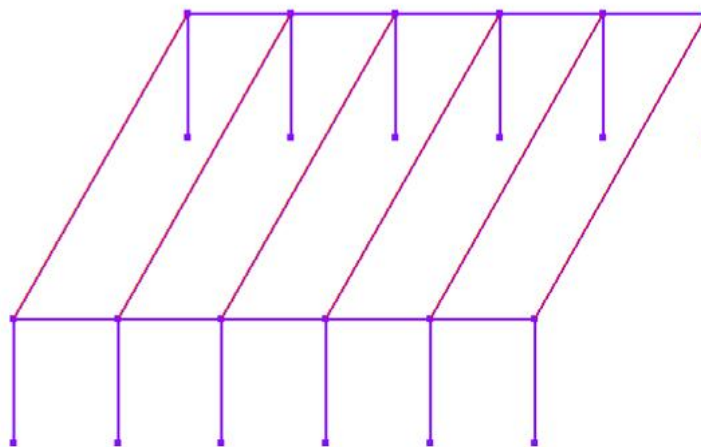
**Создание** → Пространственная рама

Так как горизонтальных плоских элементов перекрытия и покрытия не предусматривается, элементы пластин не создаются, снимаем галочку с пункта «Создавать элементы пластин».



**Рис. 133. Диалоговое окно Пространственная рама**

В результате выполнения этой команды создается стержневой однопролетный каркас. Горизонтальные элементы в направлении пролета (ригели) будут заменены на фермы, поэтому выделяем и удаляем их. На рис. 134 удаляемые элементы отмечены красным.



**Рис. 134. Расчетная схема**

Для учета шарнирного соединения в продольном направлении по оголовкам колонн формируем на обоих концах стержней (отмечены на рис. 135) шарниры позволяющие поворачиваться стержням относительно местных осей  $U_1$ .



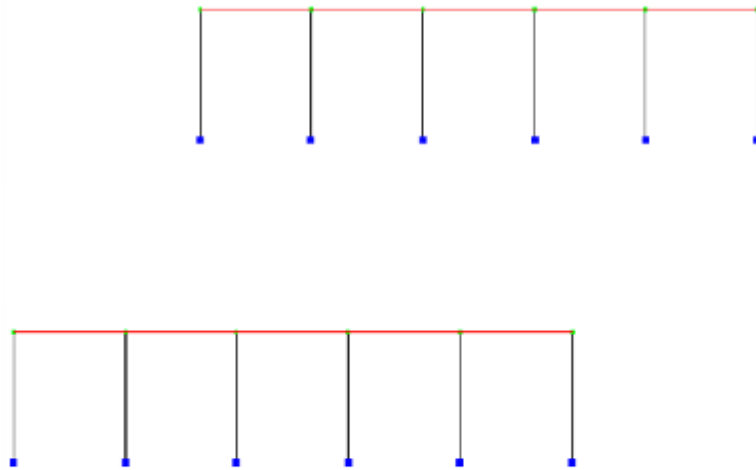


Рис. 135. Расчетная схема

Выполняем это командой «Шарниры»  
**Жесткости** → Шарниры

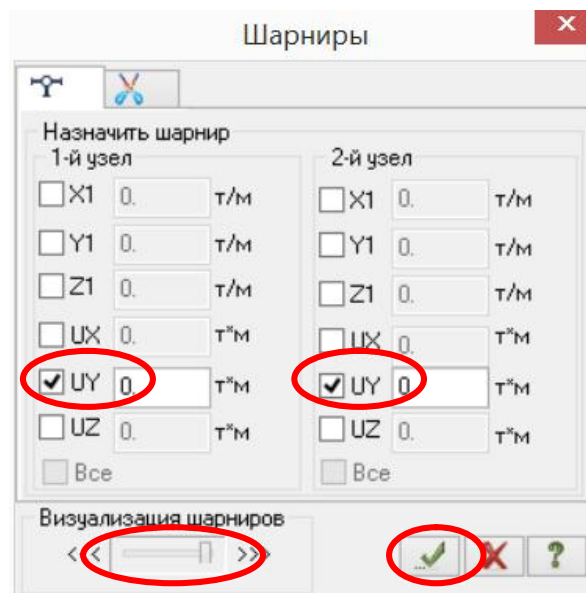


Рис. 136. Диалоговое окно Шарниры

Ø **Создание топологии ферм**

Создаем ферму с помощью команды «Генерация ферм».

**Создание** → Фермы

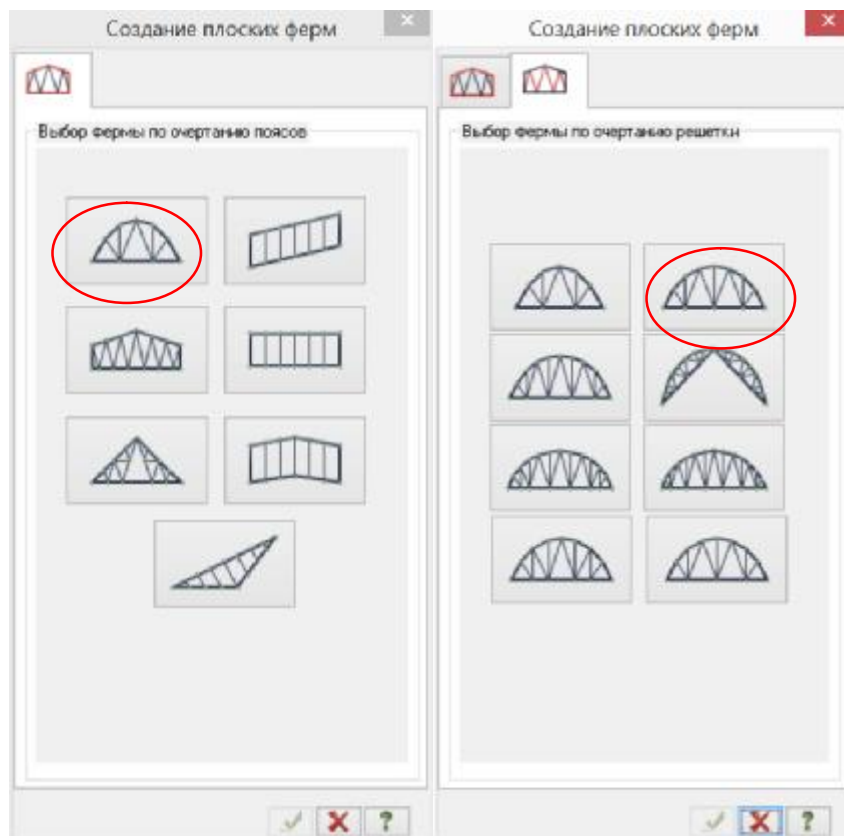


Рис. 137. Диалоговое окно Создание плоских ферм

Заполняем все данные для фермы, для размещения фермы в нужном направлении (вдоль оси Y) указываем угол поворота при генерации  $\text{alfaZ}=90$ .

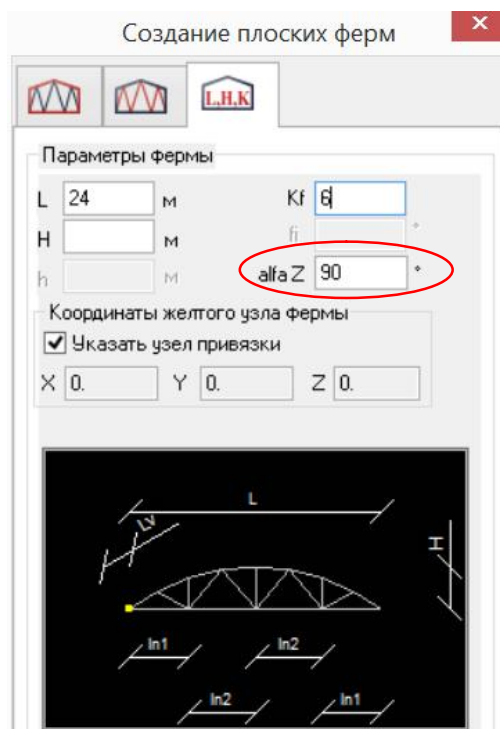


Рис. 138. Диалоговое окно Создание плоских ферм

Чтобы разместить ферму в нужном месте, ставим галочку «указать узел привязки» и, поочередно кликая левой клавишей мыши на оголовки колонн, устанавливаем фермы.

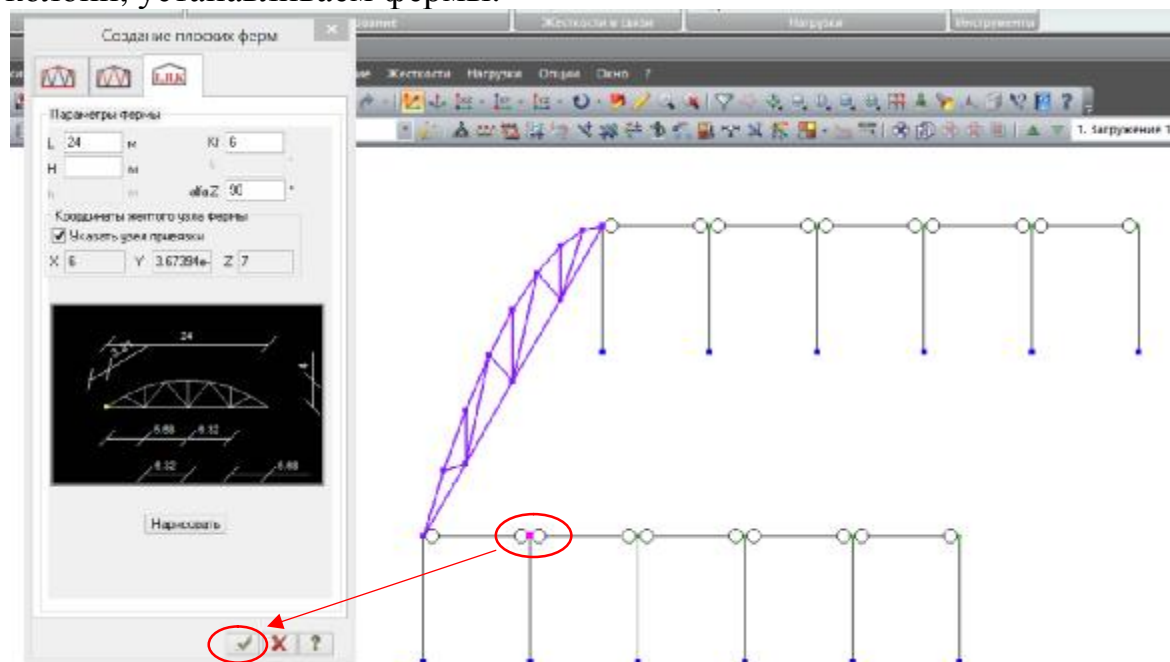


Рис. 139. Расчетная схема. Размещение ферм

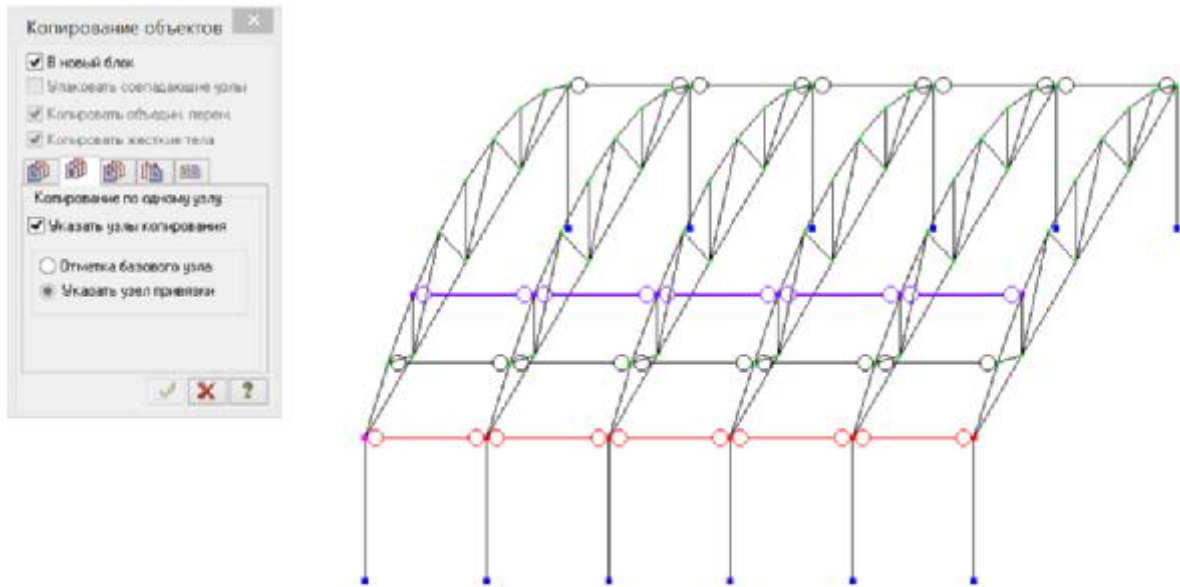
Для корректной работы необходимо избавиться от двойных узлов в одной и той же точке пространства. Выполняется команда «Упаковка схемы».

**Схема** → *Упаковка схемы*

Создаем прогоны, для этого копируем созданные горизонтальные стержни вдоль здания по верху колонн в верхние узлы фермы. Выделяем один ряд стержней, и копируем их.

**Редактирование** → *Копировать выбранные объекты*

Выбирается вкладка «Копирование по одному узлу», указывается «базовый узел» на группе копируемых элементов, затем на расчетной схеме последовательно указываются узлы куда будут копироваться отмеченные элементы.



*Рис. 140. Расстановка элементов связей*

Для упрощения работы со сложной расчетной схемой имеется возможность временно скрыть «лишние» в данный момент элементы, это называется «Фрагментация».

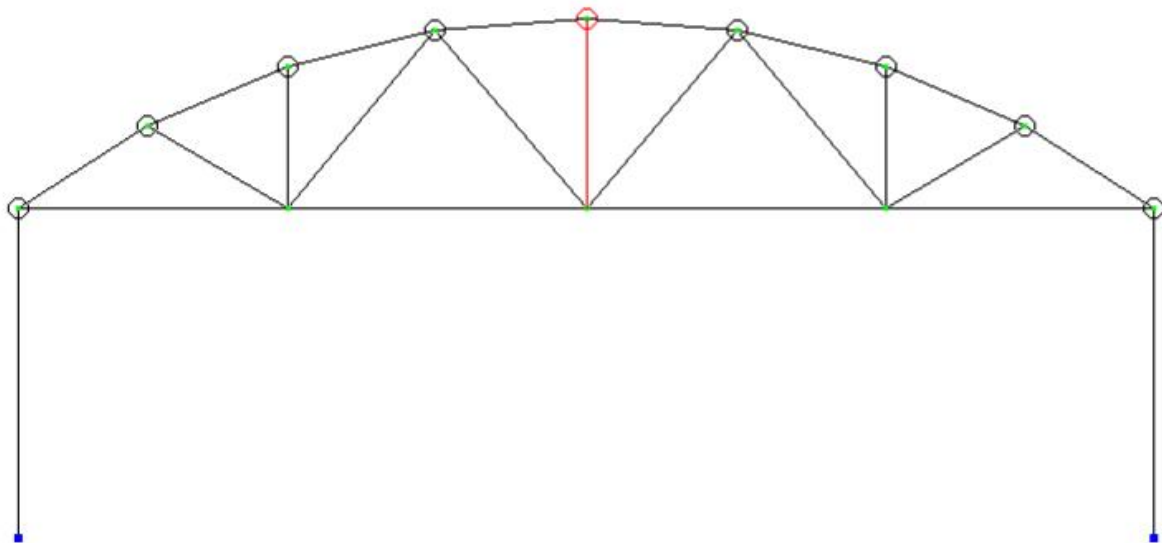
Создадим элементы связей по фермам с использованием функцией «фрагментация». Созданную расчетную схему поворачиваем так, чтобы видеть ее в плоскости  $Y0Z$ .

**Вид** → Проекция на плоскость  $Y0Z$

Включаем отметку стержней

**Выбор** → Отметка элементов

Обводим среднюю стойку фермы



*Рис. 141. Расчетная схема. Проекция на плоскость  $Y0Z$*

Далее выполняется команда «фрагментация»

**Вид** → *Фрагментация*

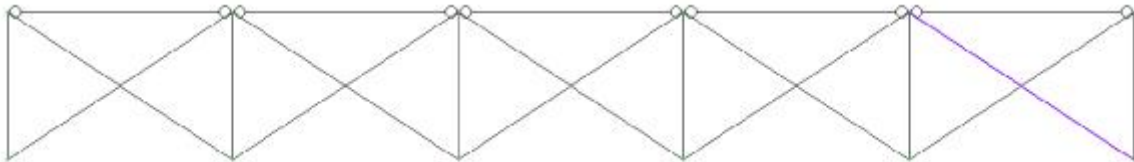
На графическом поле остается видимым только отмеченный фрагмент, его можно повернуть в нужное для удобной работы положение

**Вид** → *Проекция на плоскость X0Z*

Далее по команде

**Создание** → *Добавить элемент*

создаем все необходимые элементы связей между фермами.



*Рис. 142. Фрагмент расчетной схемы*

После создания связей возвращаем исходный вид схемы.

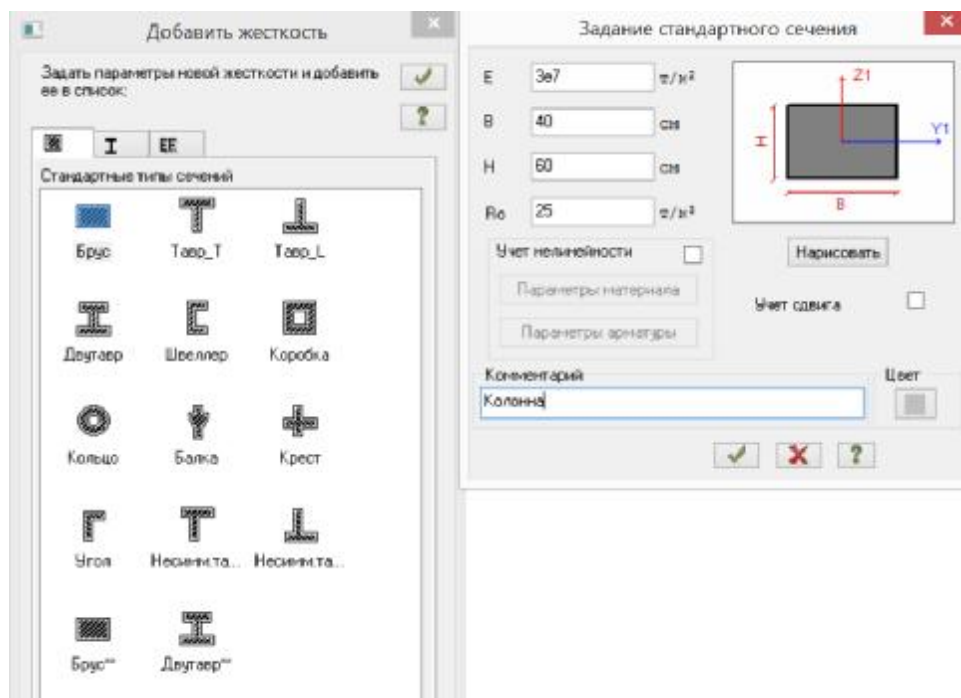
**Вид** → *Восстановление конструкции*

### *3. Создание и назначение жесткостей и материалов*

#### *Ø Жесткость и материалы колонн*

**Жесткости** → *Жесткости и материалы*

Назначаем жесткости для колонны (сечение прямоугольное 40смх60 см).



*Рис. 143. Диалоговое окно Добавить жесткость*

Назначаем дополнительные характеристики по СП 63.13330.2012, во вкладке Ж/Б добавляем тип, бетон и арматуру.

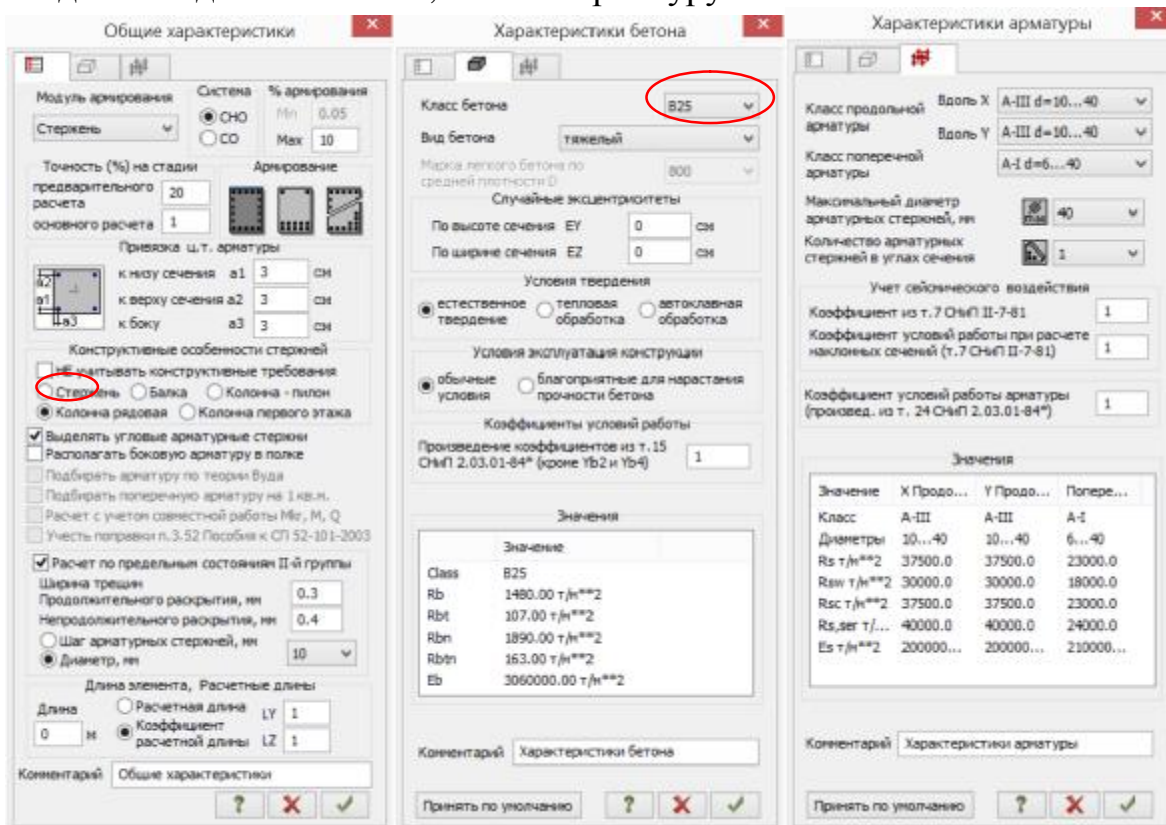


Рис. 144. Диалоговое окно Общая характеристика

Обращаем внимание на «Конструктивные особенности стержней», для колонн необходимо установить указатель на «Колонна рядовая». Выделяем все колонны, и завершаем ввод кнопкой «Применить».

### Ø Жесткость и материалы ферм

Для фермы назначаем сечения из базы металлических сечений, выбираем сечение с парными уголками «Два уголка» и находим нужный сортамент «Уголок равнополочный. Актуализированный», в котором выбираем профиль «100x100x8».

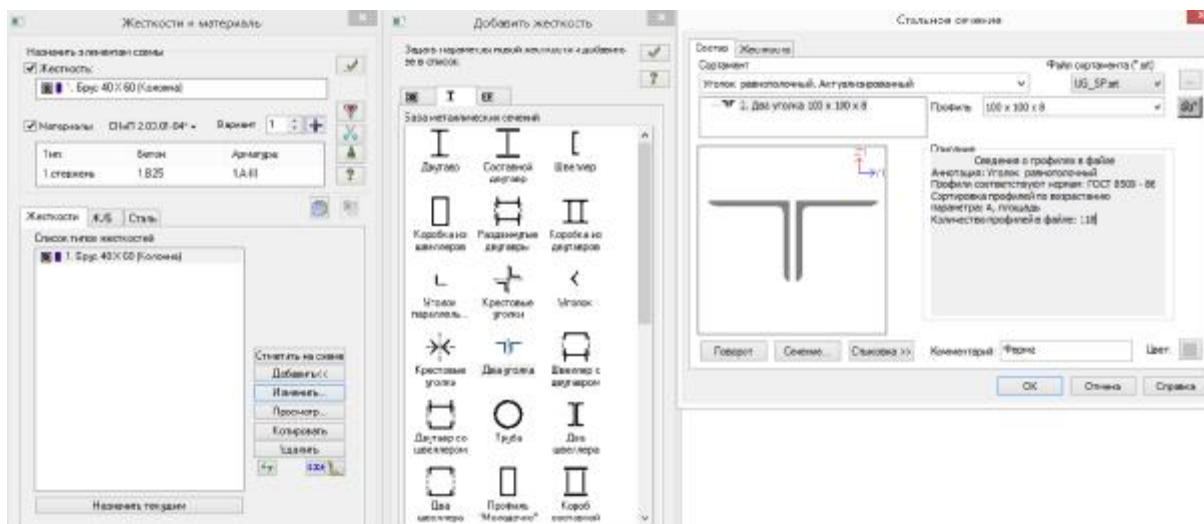


Рис. 145. Диалоговое окно *Добавить жесткость*

Во вкладке «Сталь» выбираем материал (принимаем по умолчанию, заходя во вкладку «Параметры») и дополнительные характеристики. Тип элемента должен быть «Ферменный», расчетные длины формировать автоматически, используя коэффициенты длины, равные 1 (ставим «галочку» в поле «Использовать коэффициенты длины»).

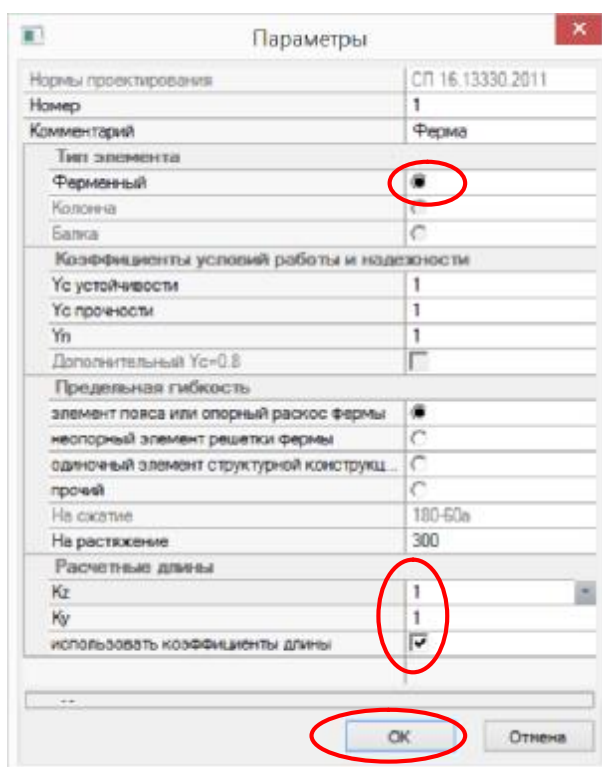


Рис. 146. Диалоговое окно *Дополнительные характеристики стали*

Выделяем все элементы ферм и нажимаем «применить»

Ø *Жесткость и материалы прогонов*

Для прогонов сечение – прокатный швеллер из сортамента «Швеллер с уклоном внутренних граней полок. Актуализированный», профиль 24.

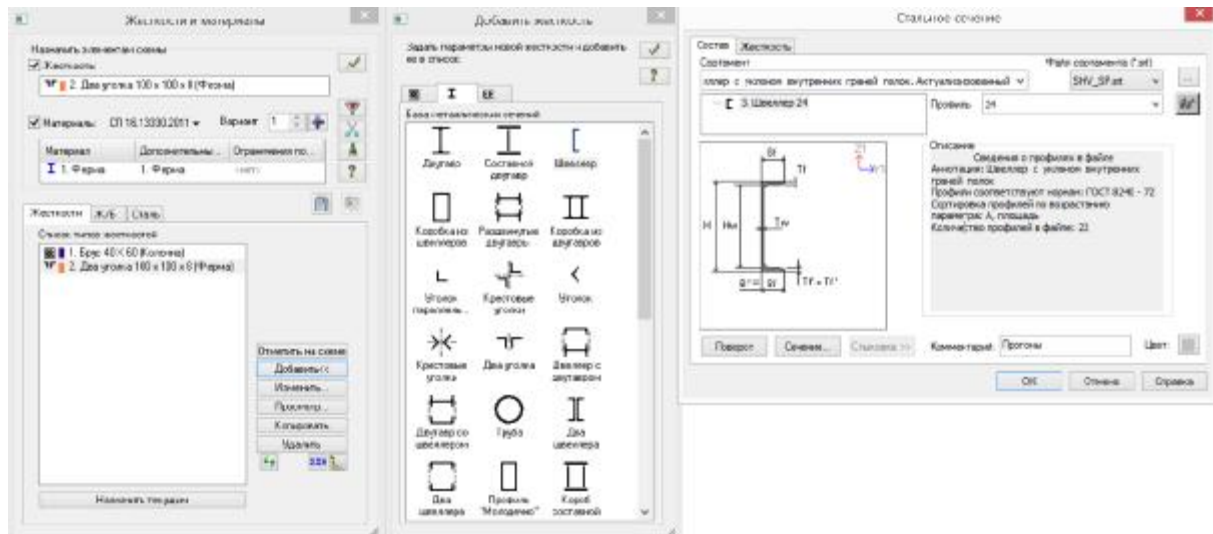


Рис. 147. Диалоговое окно *Добавить жесткость*

Во вкладке «Сталь» выбираем материал (принимаем по умолчанию, заходя во вкладку «Параметры») и дополнительные характеристики. Тип элемента должен быть «Балка», длина пролета указывается «Авто», максимально допустимый прогиб должен быть 1/200.

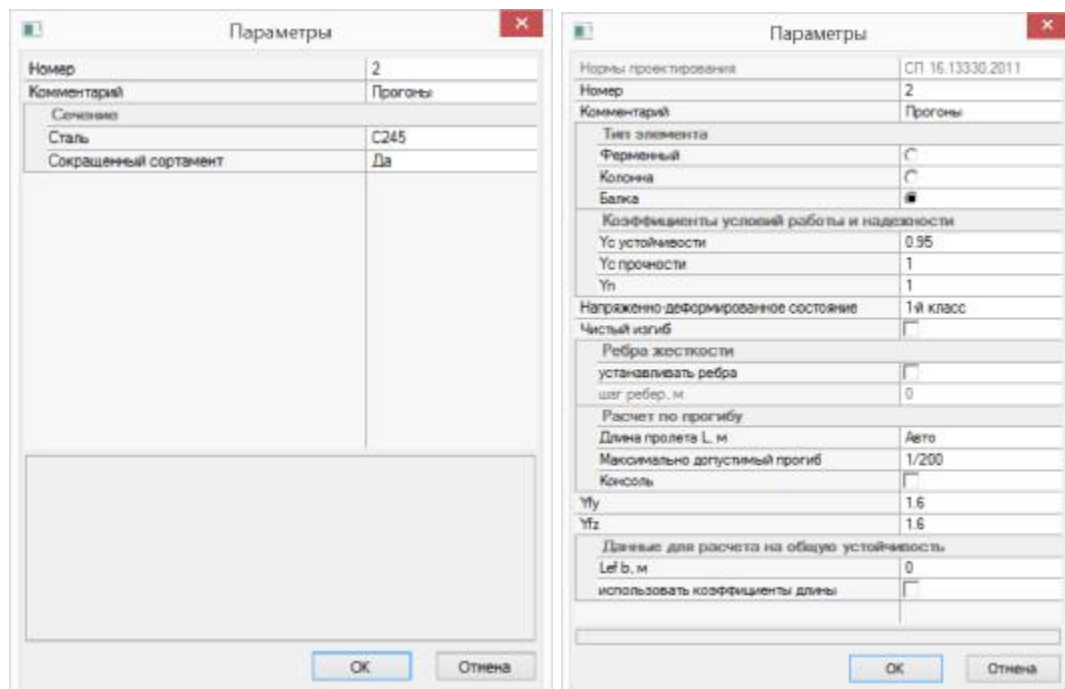


Рис. 148. Диалоговое окно *Дополнительные характеристики стали*

## Ø Жесткость и материалы связей



Для связей выбираем одиночный уголок «Уголок параллельно полкам», сортament «Уголок равнополочный. Актуализированный», профиль 75x75x8.

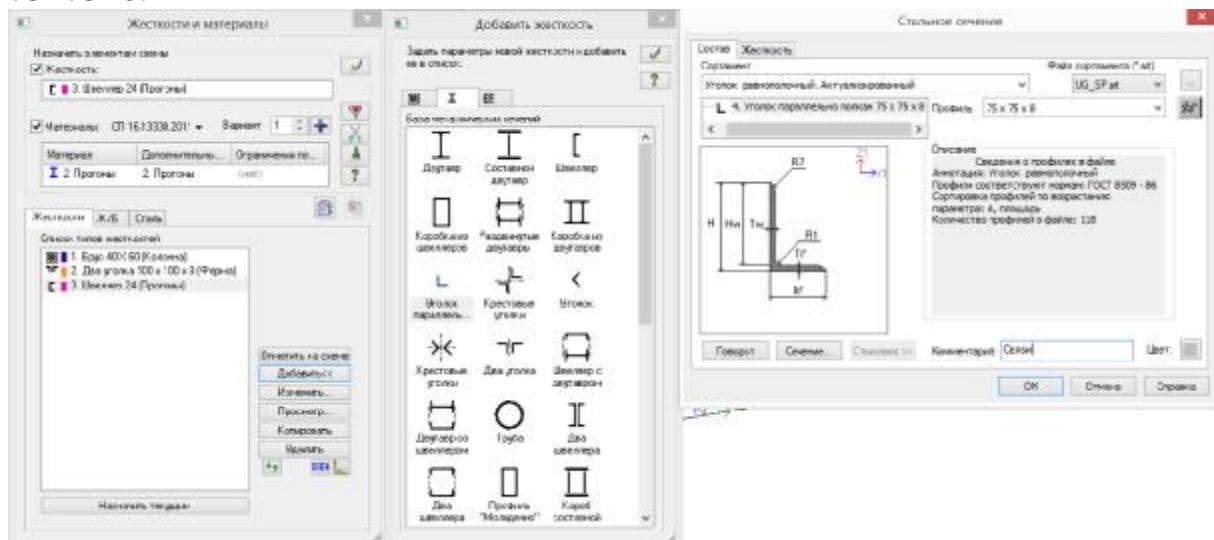


Рис. 149. Диалоговое окно *Добавить жесткость*

Во вкладке «Сталь» выбираем материал (принимаем по умолчанию, заходя во вкладку «Параметры») и дополнительные характеристики. Тип элемента должен быть «Ферменный», расчетные длины формировать автоматически, используя коэффициенты длины, равные 1 (ставим «галочку» в поле «Использовать коэффициенты длины»).

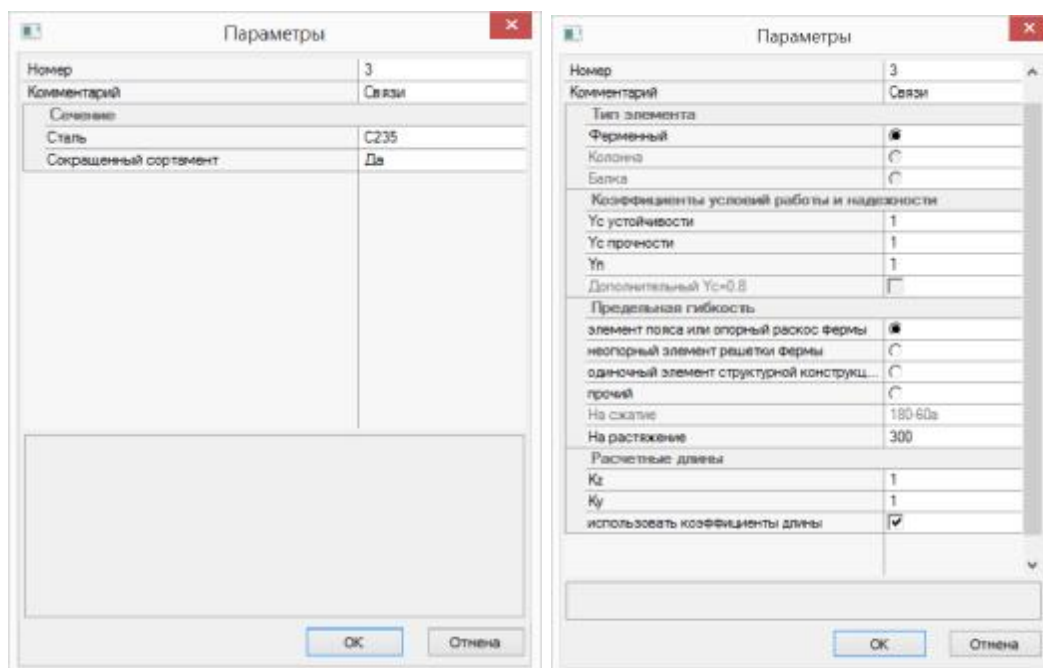


Рис. 150. Диалоговое окно *Дополнительные характеристики стали*

Ø Назначение заданных жесткостей:

Для того чтобы выделить необходимые элементы и назначить им жесткости, воспользуемся инструментом «Полифильтр»

**Выбор** → *Полифильтр*

#### 4. Формирование и приложение нагрузок

**Нагрузки** → *Редактор загрузжений*

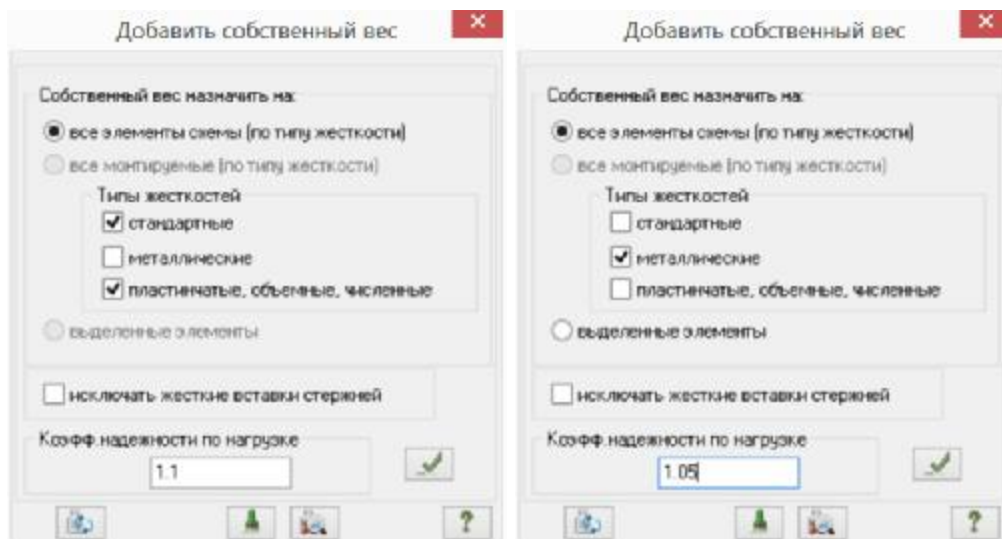
Создаем четыре загрузки:

1. Постоянная нагрузка;
2. Снег. Вариант № 1;
3. Снег. Вариант № 2;
4. Ветер.

Ø *Постоянная нагрузка:*

Выбираем загрузжение «Постоянная нагрузка», и прикладываем в этом загрузжении нагрузки на прогоны и собственный вес элементов каркаса.

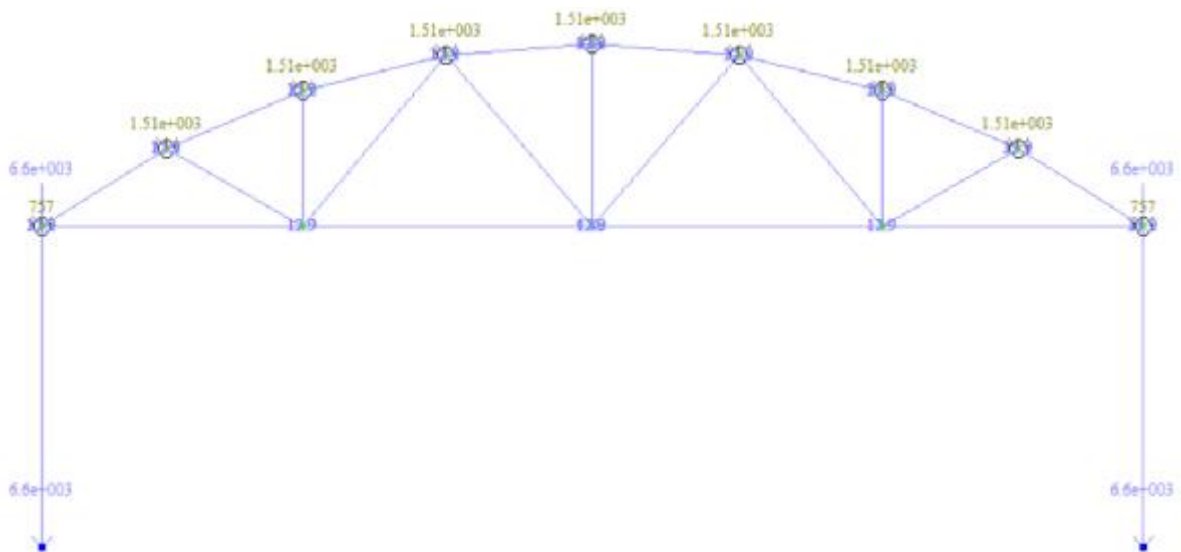
В постоянной нагрузке нужно добавить собственный вес, причем для стальных элементов должен быть использован коэффициент надежности по нагрузке, равный 1,05, для железобетонных – 1.1. Выбор элементов для которых назначается тот или иной коэффициент, может быть выполнен по типу жесткостей (ставим «галочку» напротив «металлические» или «стандартные» и «пластинчатые, объемные, численные».



**Рис. 151.** Диалоговое окно *Добавить собственный вес*

Для задания нагрузок на прогоны отмечаем рядовые прогоны, и во вкладке «Нагрузка на стержни» для типа нагрузки «равномерно распределенная» задаем подсчитанное значение этой нагрузки (1514.88кг/м, при необходимости обращая внимание на единицы измерения указанные во вкладке – величина должна быть скорректирована). Аналогично нагружаем крайние прогоны.

**Нагрузки** → *Нагрузка на узлы и элементы*

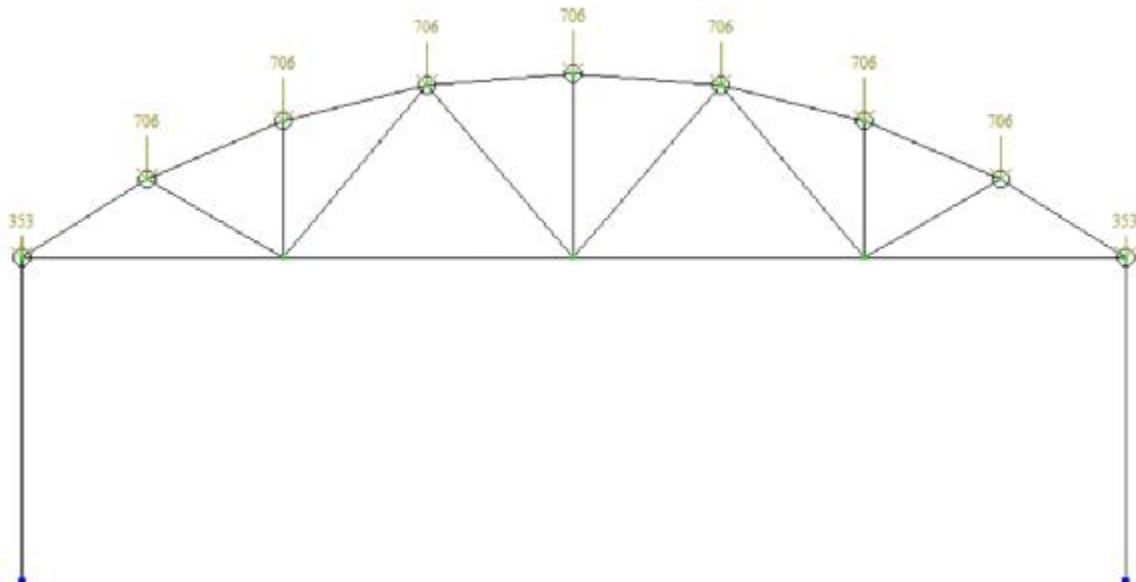


**Рис. 152. Первое загрузеие – Постоянная нагрузка**

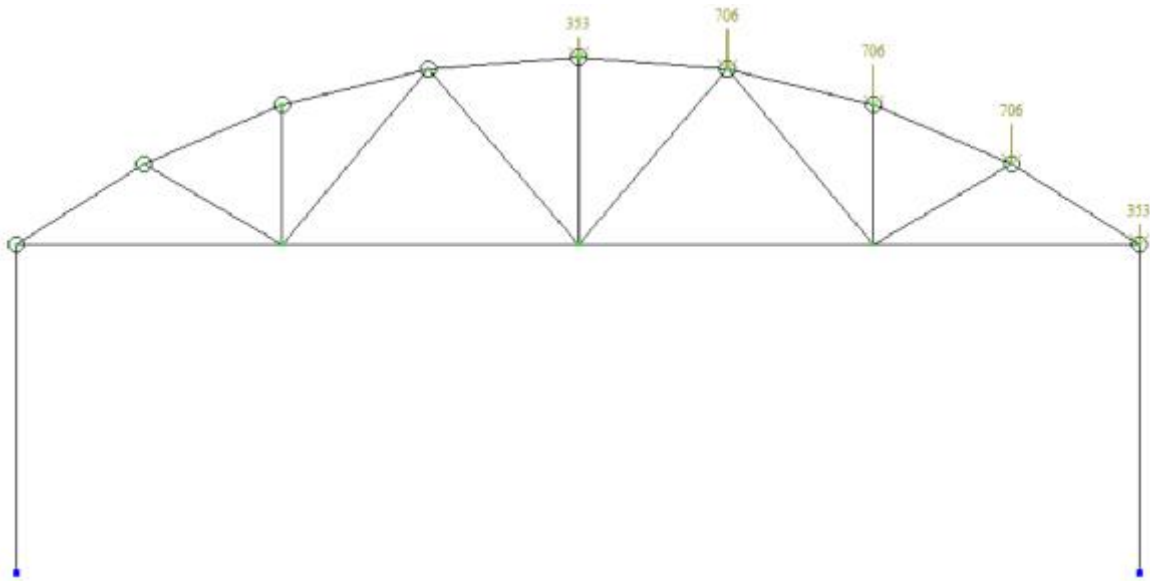
**Ø** *Временная нагрузка:*

Последовательно переходя к загрузениям «Снег варианта 1», «Снег варианта 2» и «Ветер», формируем эти загрузения, назначаем нагрузки на прогоны для снега и колонны для ветра.

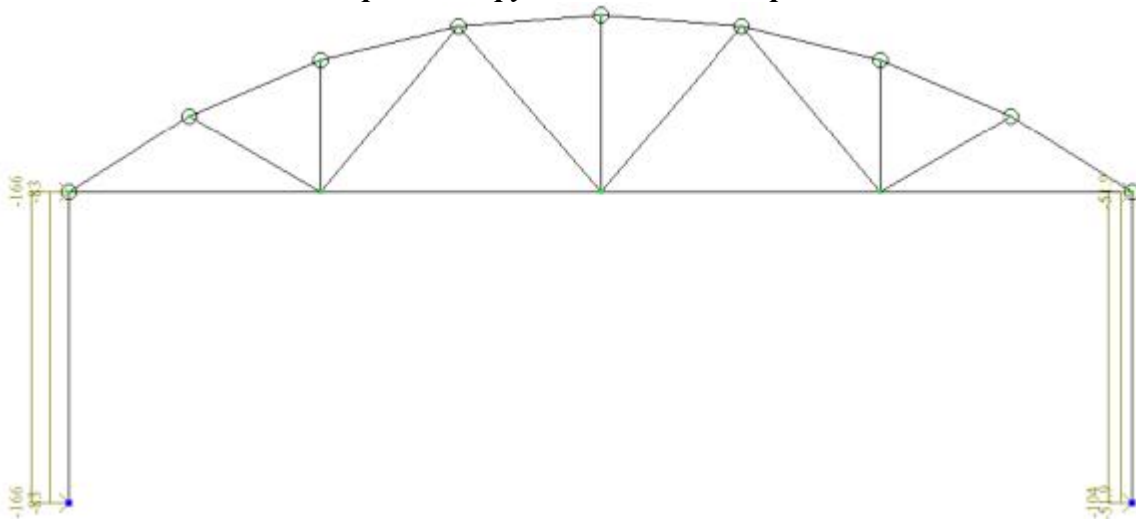
После назначения всех нагрузок приступаем к созданию РСУ.



**Рис. 153. Второе загрузеие – Снег. Вариант № 1**



**Рис. 154. Третье загрузеение – Снег. Вариант № 2**



**Рис. 155. Четвертое загрузеение – Ветер**

5. Создаем таблицу РСУ (Расчетные сочетания усилий):

**Нагрузки** → РСУ → генерация таблицы РСУ

В открывшейся форме должны быть установлены нормы СП 20.133330.2011. Последовательно заполняем таблицу, выбирая «Вид загрузеения». Обратить внимание на особенность учета двух вариантов загрузеения снегом. У этих загрузеений («Снег варианта 1», «Снег варианта 2») в поле «N группы взаимоисключающих загрузеений» должен стоять один и тот же номер, например, «1».

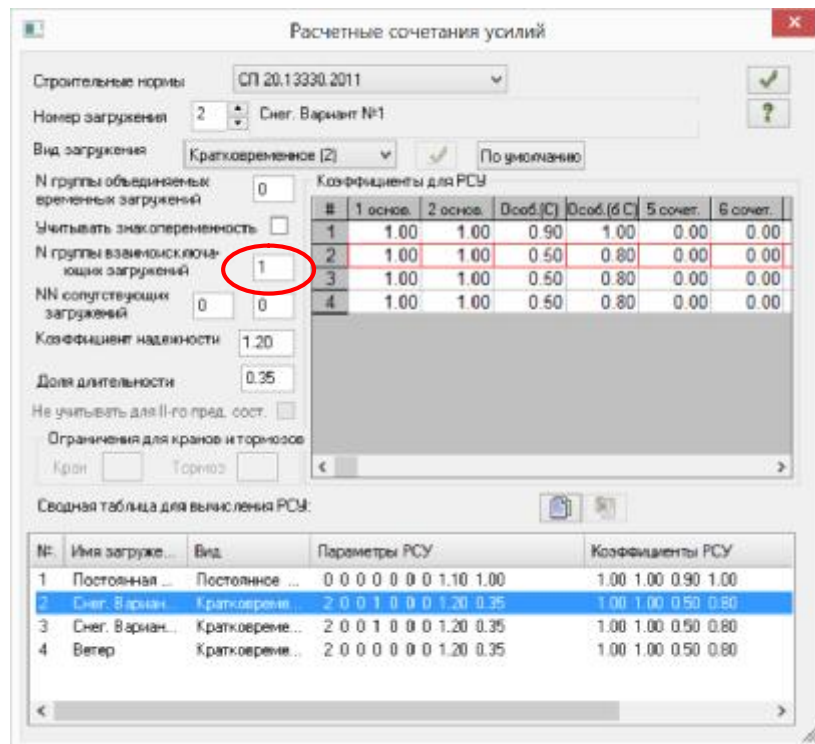


Рис. 156. Диалоговое окно РСУ

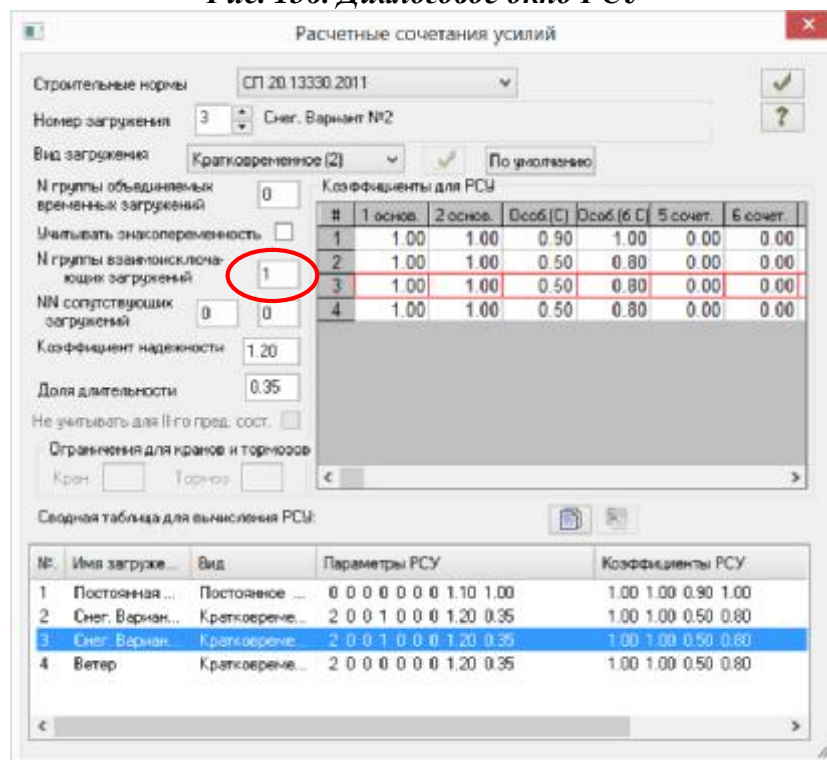


Рис. 157. Диалоговое окно РСУ

После формирования расчетной модели  
 Прежде чем выполнять расчет, нужно назначить правильное количество сечений на прогонах (нечетное число). Выделяем прогоны, и назначаем количество расчетных сечений N=5.

Схема → Расчетные сечения стержней

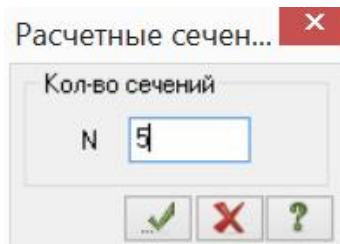


Рис. 158. Диалоговое окно Расчетные сечения стержней

Теперь выделим прогоны, и зададим раскрепление для прогибов.

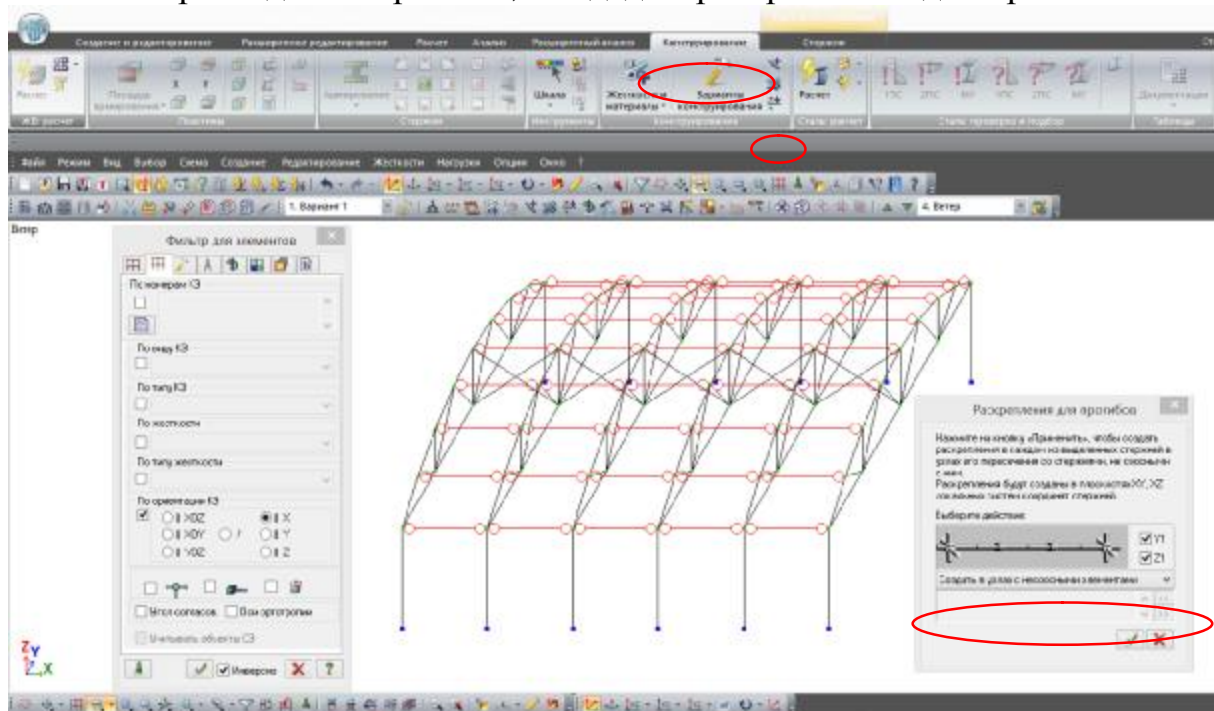


Рис. 159. Диалоговое окно Раскрепления для прогибов

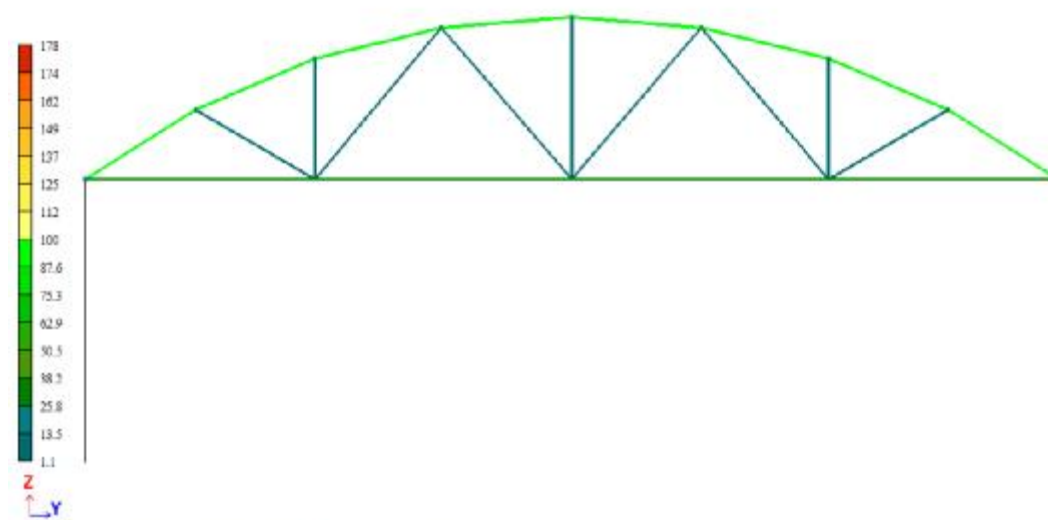
6. Выполнение статического расчета

Режим → Выполнить полный расчет

7. Чтение и анализ полученных результатов.

Результаты расчета смотрим во вкладке «Анализ»

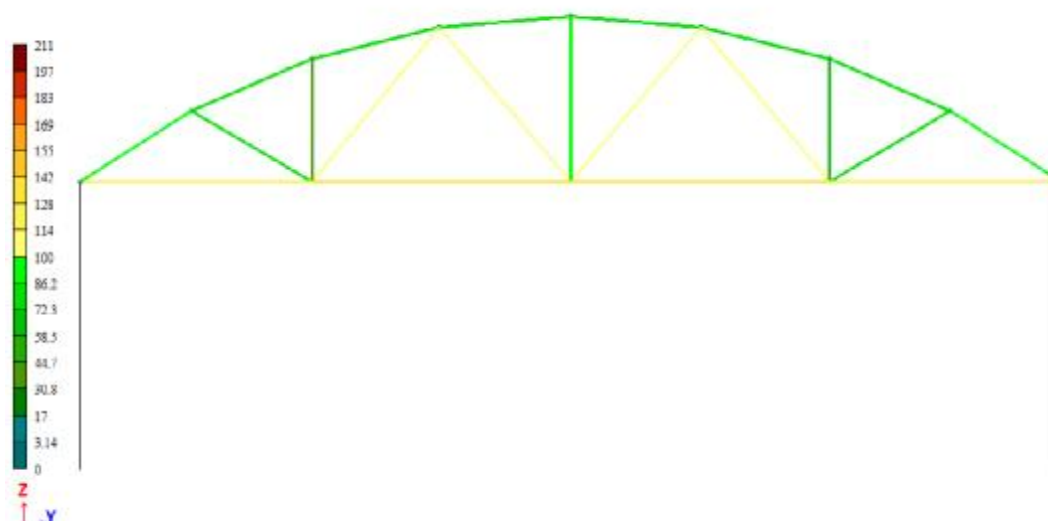
Вариант конструирования: Вариант 1  
Расчет по усилкам (СП 16.13330.2011)



Мозаика результатов проверки назначенных сечений по 1 предельному состоянию

**Рис. 160. Мозаика результатов проверки сечений по второму предельному состоянию**

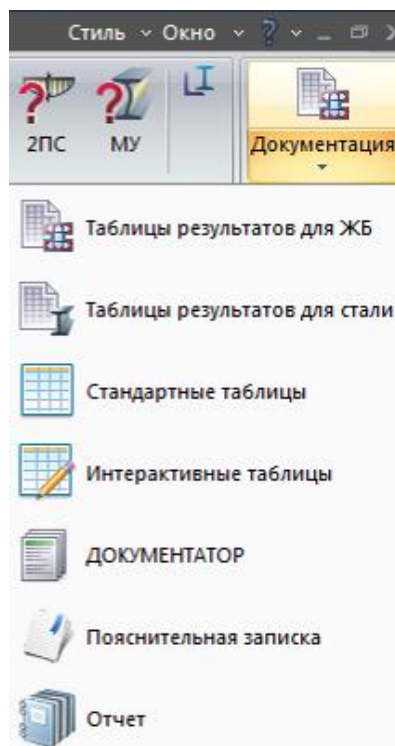
Вариант конструирования: Вариант 1  
Расчет по усилкам (СП 16.13330.2011)



Мозаика результатов проверки назначенных сечений по 2 предельному состоянию

**Рис. 161. Мозаика результатов проверки сечений по второму предельному состоянию**

В документации можно посмотреть таблицы подбора и проверки сечений и арматуры.



*Рис. 162. Документация. Таблицы результатов расчета*

## Занятие 2

На втором занятии рассматриваются следующие вопросы:

1. Самостоятельное выполнение работы (закрепление навыков сбора нагрузок и создания расчетной схемы, задание дополнительных характеристик железобетонным и стальным элементам для выполнения прочностного расчета).
2. Подготовка к выполнению итоговой контрольной работы.



## ИТОГОВАЯ РАБОТА

### Задание:

Составить расчетную схему и выполнить статический расчет каркаса здания с формированием Расчетных Сочетаний Усилий (РСУ) от постоянной и трех загрузений временной нагрузки (снег в двух вариантах и ветер). Выполнить прочностный расчет комбинированного каркаса двухэтажного здания с определением армирования стержневых и плоских железобетонных элементов, с проверкой и подбором профилей стальных элементов. Здание состоит из железобетонного каркаса и стальных ферм.

### Ø *Сечение элементов:*

Сечение элементов ферм, прогонов покрытия и распорок по нижним поясам ферм указано в таблице ПЗ.11 – Приложение 3.

Сечения связей по фермам – одиночные равнополочные стальные уголки 100x100x10.

Сечения элементов железобетонных элементов каркаса принять следующие:

- колонны сечением 400x400 мм;
- толщина монолитной железобетонной плиты перекрытия 150 мм;
- ригели сечением высотой 600мм шириной 400 мм.

В монолитной железобетонной плите перекрытия предусмотреть проем для размещения лестницы в торце здания на участке меньшими расстояниями между осями.

### Ø *Назначение помещений на втором этаже:*

- для **четных вариантов** – торговые залы (полы – керамическая плитка толщиной 11 мм по цементно-песчаной стяжке толщиной 40мм)
- для **нечетных вариантов** – офисные помещения (полы – ламинат толщиной 12 мм по цементно-песчаной стяжке толщиной 30 мм)

### Ø *Пространственная устойчивость*

Пространственная устойчивость каркаса обеспечивается жестким опиранием колонн на фундаменты. Фермы опираются шарнирно на колонны. Для обеспечения пространственной устойчивости стальных ферм установить крестовые вертикальные связи и распорки в середине пролета ферм по торцам здания.

### Ø *Основные исходные данные:*

Принять по индивидуальному варианту (табл. ПЗ.10, ПЗ.11 – Приложение 3).

## Исходные данные

Таблица 5

Шаг рам	B [м]
Количество рам	m
Схема фермы	
Высота фермы на опоре	h1 [м]
Высота фермы в пролете	h2 [м]
Пролет фермы	L [м]
Шаг прогонов	a [м]
Высота колонн первого этажа	H1 [м]
Высота колонн второго этажа	H2 [м]
Вариант покрытия	
Снеговой район	
Ветровой район	тип местности B

### Ø Сбор нагрузок

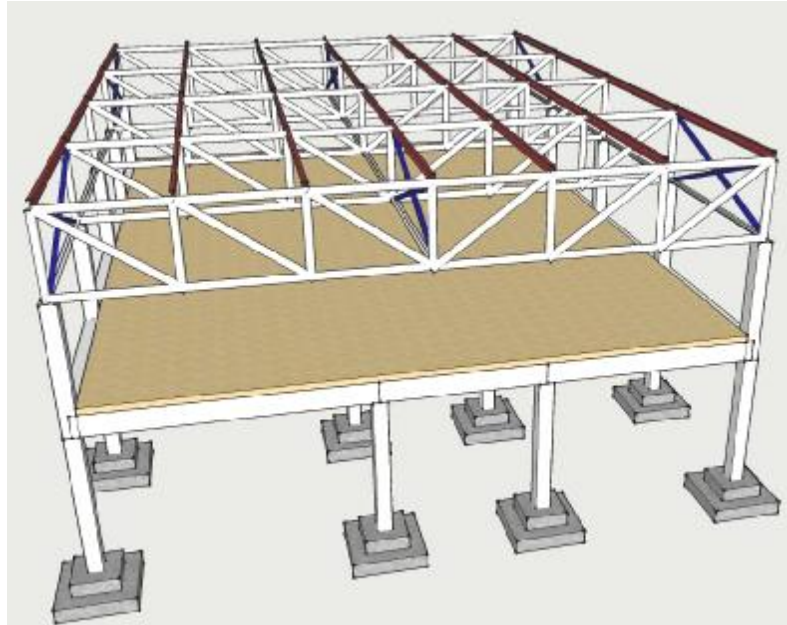
При сборе нагрузок учитывать вес покрытия в соответствии с составом конструктивных слоев (табл. ПЗ.12 – Приложение 3) и по приведенным справочным данным, характеристикам фирм-изготовителей (Приложение 1).

### Ø Значения коэффициентов

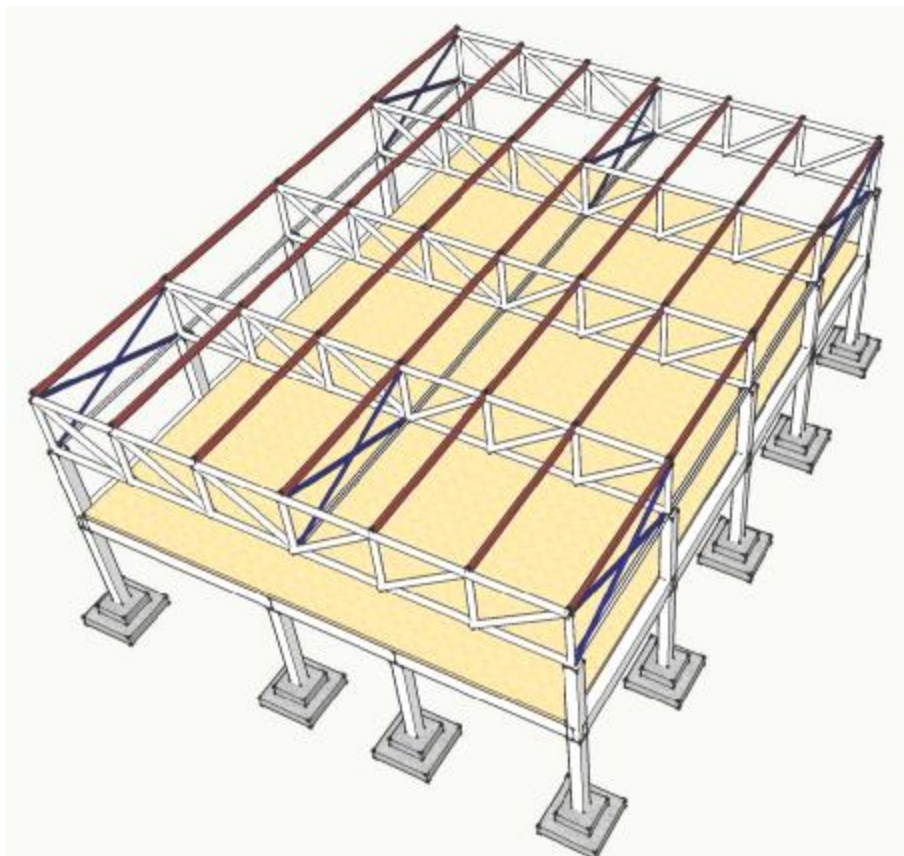
При расчете снеговой нагрузки принять коэффициент, учитывающий снос снега с покрытий зданий под действием ветра или иных факторов [ $s_e$ ], – термический коэффициент [ $s_t$ ] и коэффициент перехода от веса снегового покрова земли к снеговой нагрузке на покрытие [ $m$ ] равными 1.

### Ø В отчете по расчету должны быть отражены:

1. ФИО студента. Группа. Вариант.
2. Задание.
3. Исходные данные.
4. Сбор нагрузок на покрытие и прогоны (постоянных и временных), на ригели (от ветра).
5. Результаты прочностного расчета
  - для железобетонных элементов – мозаика площадей армирования и фрагмент таблицы требуемой площади арматуры;
  - для стальных элементов – мозаики исчерпания несущей способности по 1-му и 2-му предельным состояниям и фрагменты таблиц проверки и подбора сечений стальных профилей.



*Рис. 163. 3D изображение расчетной схемы*



*Рис. 164. 3D изображение расчетной схемы*

## ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Выписки из СП 20.13330.2011 «Нагрузки и воздействия»

### 7. Вес конструкций и грунтов

7.1 Нормативное значение веса конструкций заводского изготовления следует определять на основании стандартов, рабочих чертежей или паспортных данных заводов-изготовителей, других строительных конструкций и грунтов - по проектным размерам и удельному весу материалов и грунтов с учетом их влажности в условиях возведения и эксплуатации сооружений.

7.2 Коэффициенты надежности по нагрузке  $f$  для веса строительных конструкций и грунтов приведены в таблице 7.1.

Таблица 7.1

Конструкции сооружений и вид грунтов	Коэффициент надежности по нагрузке $f$
<i>Конструкции</i>	
Металлические, за исключением случаев, указанных в 7.3	1,05
Бетонные (со средней плотностью свыше 1600 кг/м <sup>3</sup> ), железобетонные, каменные, армокаменные, деревянные	1,1
Бетонные (со средней плотностью 1600 кг/м <sup>3</sup> и менее), изоляционные, выравнивающие и отделочные слои (плиты, материалы в рулонах, засылки, стяжки и т.п.), выполняемые:	
в заводских условиях	1,2
на строительной площадке	1,3
<i>Грунты</i>	
В природном залегании	1,1
На строительной площадке	1,15
Примечание - При определении нагрузок от грунта следует учитывать нагрузки от складированных материалов, оборудования и транспортных средств, передаваемые на грунт.	

### 8.2. Равномерно распределенные нагрузки

8.2.1. Нормативные значения равномерно распределенных временных нагрузок на плиты перекрытий, лестницы и полы на грунтах приведены в таблице 8.3.

8.2.2. Нормативные значения нагрузок на ригели и плиты перекрытий от веса временных перегородок следует принимать в зависимости от их конструкции, расположения и характера опирания на перекрытия и стены. Указанные нагрузки допускается учитывать как равномерно распределенные добавочные нагрузки, принимая их нормативные значения на основании расчета для предполагаемых схем размещения перегородок, но не менее 0,5 кПа.

Коэффициенты надежности по нагрузке  $f$  для равномерно распределенных нагрузок следует принимать:

1,3 - при полном нормативном значении менее 2,0 кПа;

1,2 - при полном нормативном значении 2,0 кПа и более.

Коэффициент надежности по нагрузке от веса временных перегородок следует принимать в соответствии с указаниями 7.2.

Таблица 8.3

№ п.п.	Помещения зданий и сооружений	Нормативные значения равномерно распределенных нагрузок $P_f$ , кПа
1	Квартиры жилых зданий; спальные помещения детских дошкольных учреждений и школ-интернатов; жилые помещения домов отдыха и пансионатов, общежитий и гостиниц; палаты больниц и санаториев; террасы	1,5
2	Служебные помещения административного, инженерно-технического, научного персонала организаций и учреждений; офисы, классные помещения учреждений просвещения; бытовые помещения (гардеробные, душевые, умывальные, уборные) промышленных предприятий и общественных зданий и сооружений	2,0
3	Кабинеты и лаборатории учреждений здравоохранения, лаборатории учреждений просвещения, науки; помещения электронно-вычислительных машин; кухни общественных зданий; помещения учреждений бытового обслуживания населения (парикмахерские, ателье и т.п.); технические этажи жилых и общественных зданий высотой менее 75 м; подвальные помещения	Не менее 2,0
4	Залы:	
	а) читальные	2,0
	б) обеденные (в кафе, ресторанах, столовых и т.п.)	3,0
	в) собраний и совещаний, ожидания, зрительные и концертные, спортивные, фитнес-центры, бильярдные	4,0

	г) торговые, выставочные и экспозиционные	Не менее 4,0
5	Книгохранилища; архивы	Не менее 5,0
6	Сцены зрелищных предприятий	Не менее 5,0
	Трибуны:	
7	а) с закрепленными сиденьями	4,0
	б) для стоящих зрителей	5,0
8	Чердачные помещения	0,7
	Покрытия на участках:	
9	а) с возможным скоплением людей (выходящих из производственных помещений, залов, аудиторий и т.п.)	4,0
	б) используемых для отдыха	1,5
	в) прочих	0,5
	Балконы (лоджии) с учетом нагрузки:	
10	а) полосовой равномерной на участке шириной 0,8 м вдоль ограждения балкона (лоджии)	4,0
	б) сплошной равномерной на площади балкона (лоджии), воздействие которой не благоприятнее, чем определяемое по 10,а	2,0
11	Участки обслуживания и ремонта оборудования в производственных помещениях	Не менее 1,5
	Вестибюли, фойе, коридоры, лестницы (с относящимися к ним проходами), примыкающие к помещениям, указанным в позициях:	
12	а) 1, 2 и 3	3,0
	б) 4, 5, 6 и 11	4,0
	в) 7	5,0
13	Перроны вокзалов	4,0
	Помещения для скота:	
14	а) мелкого	Не менее 2,0
	б) крупного	Не менее 5,0

Примечания:

1. Нагрузки, указанные в поз. 8, следует учитывать на площади, не занятой оборудованием и материалами.
2. Нагрузки, указанные в поз. 9, не следует учитывать одновременно со снеговой нагрузкой.
3. Нагрузки, указанные в поз. 10, следует учитывать при расчете несущих конструкции балконов (лоджий) и участков стен в местах заземления этих конструкций. При расчете нижележащих участков стен, фундаментов и оснований нагрузки на балконы (лоджии) следует принимать равными нагрузкам примыкающих основных помещений зданий и снижать их с учетом указаний 8.2.4 и 8.2.5.
4. Нормативные значения нагрузок для зданий и помещений, указанных в позициях 3, 4г, 5, 6, 11 и 14, следует принимать по строительному заданию на основании технологических решений.

## 10. Снеговые нагрузки

10.1. Нормативное значение снеговой нагрузки на горизонтальную проекцию покрытия следует определять по формуле:

$$S_0 = 0,7 c_e c_t m S_g, \quad (10.1)$$

где  $c_e$  - коэффициент, учитывающий снос снега с покрытий зданий под действием ветра или иных факторов, принимаемый в соответствии с 10.5;

$c_t$  - термический коэффициент, принимаемый в соответствии с 10.6;

$m$  - коэффициент перехода от веса снегового покрова земли к снеговой нагрузке на покрытие, принимаемый в соответствии с 10.4;

$S_g$  - вес снегового покрова на 1 м<sup>2</sup> горизонтальной поверхности земли, принимаемый в соответствии с 10.2.

10.2. Вес снегового покрова  $S_g$  на 1 м<sup>2</sup> горизонтальной поверхности земли для площадок, расположенных на высоте не более 1500 м над уровнем моря, принимается в зависимости от снегового района Российской Федерации по данным таблицы 10.1.

Таблица 10.1

Снеговые районы (принимаются по карте 1 приложения Ж)	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
$S_g$ , кПа	0,8	1,2	1,8	2,4	3,2	4,0	4,8	5,6

10.12. Коэффициент надежности по снеговой нагрузке  $\gamma$  следует принимать равным 1,4.

## 11.1. Расчетная ветровая нагрузка

11.1.1. Нормативное значение ветровой нагрузки  $w$  следует задавать в одном из двух вариантов. В первом случае нагрузка  $w$  представляет собой совокупность:

а) нормального давления  $w_e$ , приложенного к внешней поверхности сооружения или элемента;

б) сил трения  $w_f$ , направленных по касательной к внешней поверхности и отнесенных к площади ее горизонтальной (для шедовых или волнистых покрытий, покрытий с фонарями) или вертикальной проекции (для стен с лоджиями и подобных конструкций);

в) нормального давления  $w_i$ , приложенного к внутренним поверхностям сооружений с проницаемыми ограждениями, с открывающимися или постоянно открытыми проемами.

Во втором случае нагрузка  $w$  рассматривается как совокупность:

а) проекций  $w_x$  и  $w_y$ , внешних сил в направлении осей  $X$  и  $Y$ , обусловленных общим сопротивлением сооружения;

б) крутящего момента  $w_z$  относительно оси  $z$ .

При разработке архитектурно-планировочных решений городских кварталов, а также при планировании возведения зданий внутри существующих городских кварталов, рекомендуется провести оценку комфортности пешеходных зон в соответствии с требованиями норм или технических условий.

11.1.2. Нормативное значение ветровой нагрузки  $w$  следует определять как сумму средней  $w_m$  и пульсационной  $w_p$  составляющих:

$$w = w_m + w_p. \quad (11.1)$$

При определении внутреннего давления  $w_i$  пульсационную составляющую ветровой нагрузки допускается не учитывать.

11.1.3. Нормативное значение средней составляющей ветровой нагрузки  $w_m$  в зависимости от эквивалентной высоты  $z_e$  над поверхностью земли следует определять по формуле:

$$w_m = w_0 k(z_e) c, \quad (11.2)$$

где  $w_0$  - нормативное значение ветрового давления (см. 11.1.4);  
 $k(z_e)$  - коэффициент, учитывающий изменение ветрового давления для высоты  $z_e$  (см. 11.1.5 и 11.1.6);  
 $c$  - аэродинамический коэффициент (см. 11.1.7).

11.1.4. Нормативное значение ветрового давления  $w_0$  принимается в зависимости от ветрового района по таблице 11.1. Нормативное значение ветрового давления допускается определять в установленном порядке на основе данных метеостанций Росгидромета (см. 4.4). В этом случае  $w_0$ , Па, следует определять по формуле:

$$w_0 = 0,43 v_{50}^2, \quad (11.3)$$

где  $v_{50}^2$  - давление ветра, соответствующее скорости ветра, м/с, на уровне 10 м над поверхностью земли для местности типа А (11.1.6), определяемой с 10-минутным интервалом осреднения и превышаемой в среднем один раз в 50 лет.

Таблица 11.1

Ветровые районы (принимаются по карте 3 приложения Ж)	Ia	I	II	III	IV	V	VI	VII
$w_0$ , кПа	0,17	0,23	0,30	0,38	0,48	0,60	0,73	0,85



11.1.5 Эквивалентная высота  $z_e$  определяется следующим образом.

1. Для башенных сооружений, мачт, труб и т.п. сооружений:

$$z_e = z.$$

2. Для зданий:

а) при  $h \leq d$   $z_e = h$ ;

б) при  $h \leq 2d$ :

для  $z \leq h - d$   $z_e = h$ ;

для  $0 < z < h - d$   $z_e = d$ ;

в) при  $h > 2d$ :

для  $z \leq h - d$   $z_e = h$ ;

для  $d < z < h - d$   $z_e = z$ ;

для  $0 < z \leq d$   $z_e = d$ .

здесь  $z$  - высота от поверхности земли;

$d$  - размер здания (без учета его стилобатной части) в направлении, перпендикулярном расчетному направлению ветра (поперечный размер);

$h$  - высота здания.

11.1.6. Коэффициент  $k(z_e)$  определяется по таблице 11.2 или по формуле (11.4), в которых принимаются следующие типы местности:

А - открытые побережья морей, озер и водохранилищ, сельские местности, в том числе с постройками высотой менее 10 м, пустыни, степи, лесостепи, тундра;

В - городские территории, лесные массивы и другие местности, равномерно покрытые препятствиями высотой более 10 м;

С - городские районы с плотной застройкой зданиями высотой более 25 м.

Сооружение считается расположенным в местности данного типа, если эта местность сохраняется с наветренной стороны сооружения на расстоянии  $30h$  – при высоте сооружения  $h$  до 60 м и на расстоянии 2 км – при  $h > 60$  м.

Примечание - Типы местности могут быть различными для разных расчетных направлений ветра.

Таблица 11.2

Высота $z_e$ , м	Коэффициент $k$ для типов местности		
	А	В	С
$\leq 5$	0,75	0,5	0,4
10	1,0	0,65	0,4
20	1,25	0,85	0,55
40	1,5	1,1	0,8
60	1,7	1,3	1,0

80	1,85	1,45	1,15
100	2,0	1,6	1,25
150	2,25	1,9	1,55
200	2,45	2,1	1,8
250	2,65	2,3	2,0
300	2,75	2,5	2,2
350	2,75	2,75	2,35
<sup>3</sup> 480	2,75	2,75	2,75

11.1.12. Коэффициент надежности по ветровой нагрузке следует принимать равным 1,4.

### Приложение Г (обязательное)

#### Схемы снеговых нагрузок и коэффициенты $m$

#### Г.1 Здания с односкатными и двускатными покрытиями

а) Для зданий с односкатными и двускатными покрытиями (рисунок Г.1) коэффициент  $m$  определяется по таблице Г.1. Промежуточные значения определяются линейной интерполяцией.

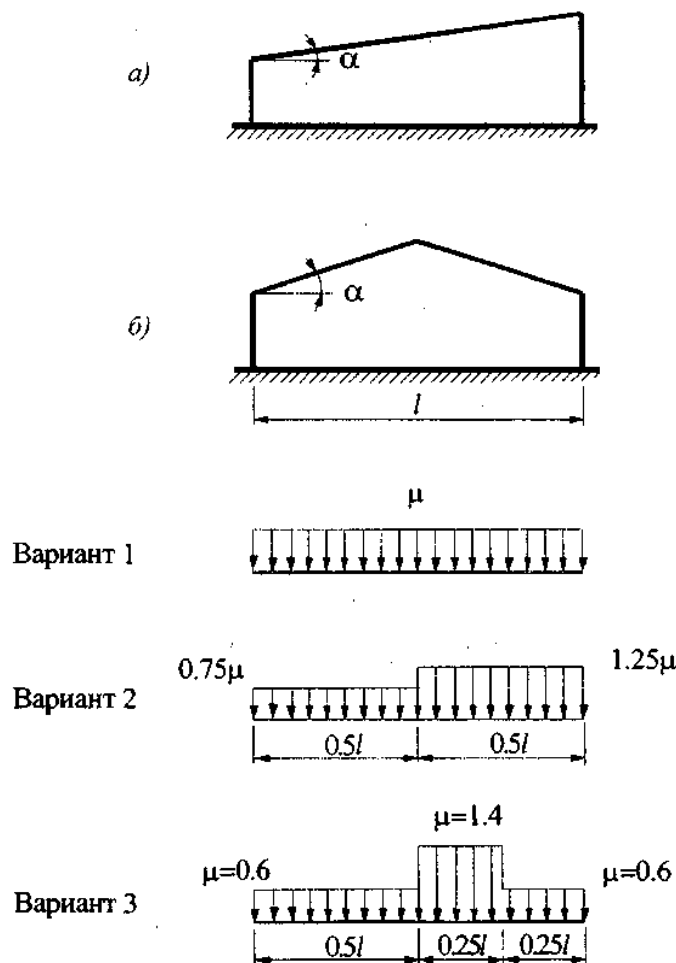


Рисунок Г.1

Таблица Г.1

Уклон покрытия $\alpha$ , град.	$m$
$\alpha < 30^\circ$	1
$\alpha > 60^\circ$	0

б) Варианты 2 и 3 следует учитывать для зданий с двускатными покрытиями (профиль б), при этом вариант 2 – при  $20^\circ \leq \alpha \leq 40^\circ$ ; вариант 3 – при  $10^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$  только при наличии ходовых мостиков или аэрационных устройств по коньку покрытия.

## Приложение Д (обязательное)

### Ветровые нагрузки

#### Д.1 Аэродинамические коэффициенты

#### Д.1.2 Прямоугольные в плане здания с двускатными покрытиями

##### Вертикальные стены прямоугольных в плане зданий

Таблица Д.2

Боковые стены			Наветренная стена	Подветренная стена
Участки				
A	B	C	D	E
-1,0	-0,8	-0,5	0,8	-0,5

Для наветренных, подветренных и различных участков боковых стен (рисунок Д.3) аэродинамические коэффициенты  $c_e$  приведены в таблице Д.2.

Для боковых стен с выступающими лоджиями аэродинамический коэффициент трения  $c_f = 0,1$ .

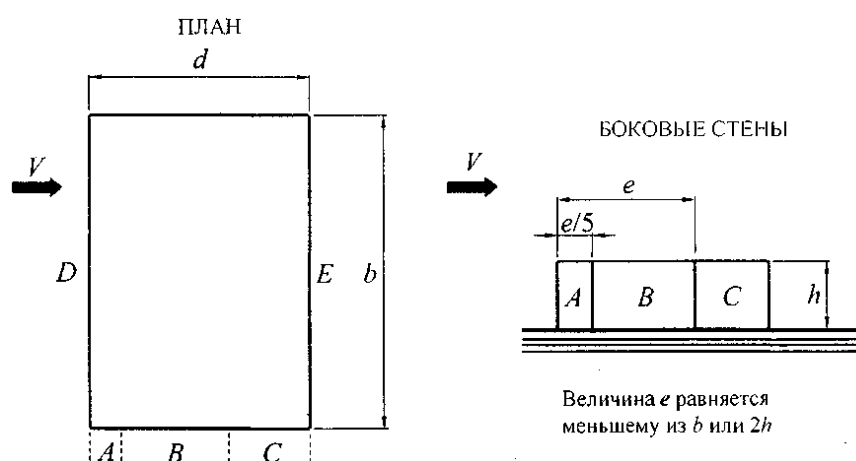


Рисунок Д.3

## Справочные материалы

### Ø Бетон

Модуль упругости бетона 30000 МПа (30000000 кПа, 300000кгс/см<sup>2</sup>, 3000000т/м<sup>2</sup>), коэффициент Пуассона  $\nu=0.2$ , плотность бетона 0.025 МН/м<sup>3</sup> (25кН/м<sup>3</sup>, 2.5т/м<sup>3</sup>, 2500кгс/м<sup>3</sup>).

### Ø Сталь

Модуль упругости бетона 20600 МПа (20600000 кПа, 210000кгс/см<sup>2</sup>, 2100000т/м<sup>2</sup>), коэффициент Пуассона  $\nu=0.3$ , плотность бетона 0.0785 МН/м<sup>3</sup> (78.5кН/м<sup>3</sup>, 7.85т/м<sup>3</sup>, 7850 кгс/м<sup>3</sup>).

Характеристики трехслойных панелей (сендвич-панели)  
(данные по трехслойным панелям Самарского завода «Электроштит»)

Таблица П1.1

Тип панели	Нормативная нагрузка (кг/м <sup>2</sup> )						
	Масса 1 п.м. панелей (кг)						
	При толщине (по утеплителю) (мм)						
	50	80	100	120	150	200	250
Тип 1, Тип 2, 2а, 2б	15.9	18.9	20.9	22.9	25.9	30.9	35.9
Тип 3 (кровельная)	-	19.15	21.21	23.27	26.36	-	-
Тип 4, Тип 5, 5а, 5б	18.74	22.34	24.74	27.14	30.64	36.64	42.54
Тип 6 (кровельная)	18.3	21.75	24.05	26.35	29.8	35.55	41.3
Тип 7	-	19.83	21.83	23.83	26.83	31.83	-
Тип 8	-	20.09	22.09	24.09	27.09	32.09	-
Тип 9	16.28	19.28	21.28	23.28	26.28	31.28	-
Тип 10 (кровельная)	18.49	21.94	24.24	26.54	29.99	35.74	-

### Характеристики профнастилов

Таблица П1.2

Наименование профиля	h, мм	b, мм	t, мм	Нормативная нагрузка Р кг/м <sup>2</sup>
НС40-800-0.6	40	800	0.6	7.1
НС40-800-0.7	40	800	0.7	8.1
НС44-1000-0.7	44	1000	0.7	8.3
Н57-750-0.6	57	750	0.6	7.5
Н57-750-0.7	57	750	0.7	8.7
Н57-750-0.8	57	750	0.8	9.8
Н60-845-0.7	60	845	0.7	8.8
Н60-845-0.8	60	845	0.8	9.9
Н60-845-0.9	60	845	0.9	11.1
Н75-750-0.8	75	750	0.8	11.2
Н75-750-0.9	75	750	0.9	12.5
Н114-750-0.8	114	750	0.8	12.5
Н114-750-0.9	114	750	0.9	14
Н114-750-1.0	114	750	1	15.4
Н114-600-0.8	114	600	0.8	14
Н114-600-0.9	114	600	0.9	15.6
Н114-600-1.0	114	600	1	17.2

## Характеристики утеплителей

Таблица П1.2.

Наименование утеплителя		Объемный вес (кг/м <sup>3</sup> )
Плиты РУФ БАТС фирмы ROCKWOOL	РУФ БАТС	160
Плиты РУФ БАТС С фирмы ROCKWOOL	РУФ БАТС С	135
Плиты РУФ БАТС В фирмы ROCKWOOL	РУФ БАТС В	180
Плиты РУФ БАТС Н фирмы ROCKWOOL	РУФ БАТС Н	120

## ПРИЛОЖЕНИЕ 2

### Состав основных функций-команд панели инструментов

Таблица П2.1


№	Команда	Описание команды	Меню	Панель инструментов	Кнопка
1	Создание нового документа	Создание новой задачи, для которой нужно ввести имя и признак схемы.	Файл † Новый	Файлы	
2	Открыть существующий документ	Загрузка созданного ранее файла с исходными данными.	Файл † Открыть	Файлы	
3	Закрывать активный документ	Закончить работу с текущей задачей	Файл † Закрывать		
4	Сохранить активный документ	Сохранение текущей задачи под исходным именем, а также промежуточное сохранение данных.	Файл † Сохранить	Файлы	
5	Сохранить активный документ под новым именем	Сохранение текущей задачи под другим именем.	Файл † Сохранить как		
6	Создание текстового файла для процессора	На основе сформированной расчетной схемы создается текстовый файл формата имя задачи.txt, содержащий всю информацию о задаче на входном языке процессора [1].	Файл † Создать текстовый файл	Файлы	

№	Команда	Описание команды	Меню	Панель инструментов	Кнопка
7	Выполнение расчета	Происходит расчет задачи. Обращение к этому режиму при нажатой клавише Shift вызывает на экран диалоговое окно «Параметры расчетного процессора», в котором можно изменить параметры расчета, предлагаемые по умолчанию.	Режим † Выполнить расчет	Файлы	
8	Пространственная модель (3D-графика)	Режим пространственной модели (3D-визуализация расчетной схемы) позволяет получить пространственное отображение созданного объекта и предоставляет аппарат для его детального исследования с различных точек зрения.	Вид † Пространственная модель (3D-графика)		
9	Изображать схему в изометрической проекции	Представление расчетной схемы в изометрической проекции.	Вид † Изометрия	Вид	
10	Показать проекцию на плоскость XOZ	Представление расчетной схемы в проекции на плоскость XOZ.	Вид † Проекция на плоскость XOZ	Вид	
11	Показать проекцию на плоскость XOY	Представление расчетной схемы в проекции на плоскость XOY.	Вид † Проекция на плоскость XOY	Вид	
12	Показать проекцию на плоскость YOZ	Представление расчетной схемы в проекции на плоскость YOZ.	Вид † Проекция на плоскость YOZ	Вид	

№	Команда	Описание команды	Меню	Панель инструментов	Кнопка
13	Изображение полной конструкции	Восстановление расчетной схемы конструкции в первоначальном виде после операций Фрагментация и Инверсная фрагментация.	Вид † Восстановление конструкции		
14	Режим увеличения схемы	Более детальное изображение фрагмента расчетной схемы.	Вид † Увеличить	Вид	
15	Возврат к полному изображению	Восстановление исходного размера расчетной схемы после выполнения операции Увеличить и размещение ее с наиболее рациональным использованием площади рабочего окна.	Вид † Исходный размер	Вид	
16	Поворот схемы	Поворот расчетной схемы вокруг различных осей.	Вид † Поворот	Вид	
17	Возврат объекта в начальное положение	Восстановление начального положения схемы после выполнения операций поворота.	Вид † Поворот † Начальное положение	Вращение	
18	Выбор узлов для коррекции	Отметка узлов на схеме одиночным указанием курсора или растягиванием вокруг нужных узлов "резинового окна".	Выбор † Отметка узлов	Выбор	
19	Отметить узлы, принадлежащие отмеченным элементам	Автоматически отмечаются узлы, принадлежащие ранее отмеченным элементам.	Выбор † Отметить узлы, принадлежащие отмеченным элементам	Выбор	
20	Выбор элементов	Отметка элементов на схеме одиночным указанием курсора или растягиванием вокруг нужных элементов "резинового окна".	Выбор † Отметка элементов	Выбор	

№	Команда	Описание команды	Меню	Панель инструментов	Кнопка
21	Отметка вертикальных элементов	Отметка вертикальных элементов на схеме одиночным указанием курсора или растягиванием вокруг нужных элементов "резинового окна".	Выбор † Отметка вертикальных элементов	Выбор	
22	Отметка горизонтальных элементов	Отметка горизонтальных элементов на схеме одиночным указанием курсора или растягиванием вокруг нужных элементов "резинового окна".	Выбор † Отметка горизонтальных элементов	Выбор	
23	Отметить блок	Отметка фрагмента схемы или всей схемы, если им был ранее придан статус блока.	Выбор † Отметка блока	Выбор	
24	Отменить отметку узлов и элементов	Отмена сделанной ранее отметки узлов и элементов.	Выбор † Отмена выделения	Выбор	
25	Получение информации об узлах и элементах	Вывод на экран диалоговых окон с информацией об узлах и элементах схемы и их атрибутах.	Выбор † Информация	Выбор	
26	Информация о длинах, узлах и площадях	Появляется диалоговое окно, которое предназначено для вычисления геометрических параметров схемы, – расстояний между двумя узлами, углов, площадей плоских фигур и содержит три соответствующие закладки.	Выбор † Информация о размерах	Выбор	
27	Полифильтр	Управления отображением расчетной схемы и ее атрибутов.	Выбор † ПолиФильтр	Выбор	
28	Отменить	Операция отмены результатов выполненных команд и действий.	Схема † Отменить	Отмена	







№	Команда	Описание команды	Меню	Панель инструментов	Кнопка
29	Вернуть	Операция возврата результатов выполненных команд и действий.	Схема † Вернуть	Отмена	
30	Изменение признака схемы	Вызывается соответствующее диалоговое окно, в котором пользователь может изменить имя задачи, признак схемы и описание задачи.	Схема † Признак схемы	Файлы	
31	Генерация регулярных фрагментов (рам, балочных ростверков, плит, балок-стенок) и сетей	Диалоговое окно содержит пять закладок для задания регулярных фрагментов - рам, ростверков, балок-стенок, плит и плоских оболочек, сетей.	Схема † Создание † Регулярные фрагменты и сети	Создание	
32	Генерация ферм	Генерация фермы по очертанию пояса, по очертанию решетки и заданию численных параметров.	Схема † Создание † Фермы	Создание	
33	Удаление выбранных объектов	Удаление предварительно отмеченных на схеме узлов и элементов.	Схема † Корректировка † Удаление	Корректировка	
34	Перенумерация, сшивка совпадающих и удаление удаленных узлов	В диалоговом окне можно заказать упаковку данных и перенумерацию узлов и элементов схемы с учетом удаленных, а также "сшивку" совпадающих узлов и элементов, образовавшихся после выполнения операций Сборка, Копирование и других операций с геометрией расчетной схемы.	Схема † Корректировка † Упаковка схемы	Корректировка	
35	Перемещение выбранных объектов	Диалоговое окно содержит 5 закладок:	Схема † Корректировка † Переместить выбранные объекты	Корректировка	

№	Команда	Описание команды	Меню	Панель инструментов	Кнопка
36	Перемещение по параметрам	Для отмеченного фрагмента схемы в соответствующих полях ввода задаются шаги параллельного переноса dX, dY и dZ вдоль осей глобальной системы координат.		Диалоговое окно «Перемещение объектов»	
37	Перемещение по одному узлу	Параллельный перенос выбранного фрагмента схемы по одному узлу.		Диалоговое окно «Перемещение объектов»	
38	Перемещение по двум узлам	Параллельный перенос выбранного фрагмента схемы по двум узлам.		Диалоговое окно «Перемещение объектов»	
39	Перемещение поворотом	Поворот отмеченного фрагмента схемы вокруг базового узла.		Диалоговое окно «Перемещение объектов»	
40	Перемещение симметрично	Поворот отмеченного фрагмента схемы симметрично относительно плоскости.		Диалоговое окно «Перемещение объектов»	
41	Копирование выбранных объектов	Диалоговое окно содержит 5 закладок:	Схема † Корректировка † Копировать выбранные объекты	Корректировка	
42	Копирование по параметрам	Для отмеченного фрагмента схемы в соответствующих полях ввода задаются шаги копирования dX, dY и dZ вдоль осей глобальной системы координат и количество копий N.		Диалоговое окно «Копирование объектов»	
43	Копирование по одному узлу	Однократное копирование выбранного фрагмента схемы по одному узлу.		Диалоговое окно «Копирование объектов»	
44	Копирование по двум узлам	Однократное копирование выбранного фрагмента схемы по двум узлам.		Диалоговое окно «Копирование объектов»	

№	Команда	Описание команды	Меню	Панель инструментов	Кнопка
45	Копирование поворотом	Копирование отмеченного фрагмента схемы вокруг базового узла.		Диалоговое окно «Копирование объектов»	
46	Копирование симметрично	Однократное копирование отмеченного фрагмента схемы симметрично относительно плоскости.		Диалоговое окно «Копирование объектов»	
47	Добавить узел	Диалоговое окно предназначено для добавления узлов в расчетную схему и содержит 6 закладок, которые предоставляют следующие возможности задания узлов:	Схема † Корректировка † Добавить узел	Корректировка	
48	По координатам	Задание значений координат нового узла в соответствующих полях ввода.		Диалоговое окно «Добавить узел»	
49	На сети	Добавление в расчетную схему новых узлов указанием курсора мыши на точки пересечения сети.		Диалоговое окно «Добавить узел»	
50	Делением на N равных частей	Задание узлов с помощью деления линии между двумя узлами на N равных частей.		Диалоговое окно «Добавить узел»	
51	Добавить элемент	Диалоговое окно предназначено для добавления элементов в расчетную схему и содержит 6 закладок, которые предоставляют возможности задания следующих элементов:	Схема † Корректировка † Добавить элемент	Корректировка	
52	Добавить стержень	Установка стержня между двумя существующими узлами.		Диалоговое окно «Добавить элемент»	

№	Команда	Описание команды	Меню	Панель инструментов	Кнопка
53	Добавить стержень делением на N равных частей	Деление отмеченного стержня на заданное (N) количество стержней одинаковой длины.		Диалоговое окно «Добавить элемент»	
54	Добавить стержень делением на две части по пропорции	Деление отмеченного стержня на два других в соответствии с заданным в соответствующем поле ввода коэффициентом пропорциональности (N<1).		Диалоговое окно «Добавить элемент»	
55	Смена типа конечного элемента	Изменение типа уже заданных конечных элементов в соответствии с нумерацией типов в библиотеке конечных элементов.	Схема † Корректировка † Смена типа конечного элемента	Связи, жесткости, нагрузки	
56	Закрепление отмеченных узлов	В диалоговом окне указываются направления, по которым требуется запретить перемещения узлов – X, Y, Z, UX, UY, UZ. Удаление связей производится аналогично.	Схема † Связи	Связи, жесткости, нагрузки	
57	Шарниры	Диалоговое окно предназначено для задания шарниров в начале (1-й узел) и/или в конце (2-ой узел) стержня. Удаление шарниров производится аналогично.	Схема † Шарниры	Связи, жесткости, нагрузки	
58	Задание количества расчетных сечений	В диалоговом окне указывается количество сечений стержневых элементов, в которых вычисляются усилия и напряжения (по умолчанию оно равно двум – в начале и в конце стержня).	Схема † Расчетные сечения стержней	Связи, жесткости, нагрузки	

№	Команда	Описание команды	Меню	Панель инструментов	Кнопка
59	Задание и назначение жесткости	Выбор требуемых типов (параметров) жесткости из библиотеки жесткостных характеристик и присвоение их конечным элементам схемы.	Жесткости † Жесткости элементов	Связи, жесткости, нагрузки	
60	Задание жестких вставок	Диалоговое окно предназначено для задания жестких вставок в начале (1-й узел) и/или в конце (2-ой узел) стержня. Удаление жестких вставок производится аналогично.	Жесткости † Жесткие вставки	Связи, жесткости, нагрузки	
61	Добавить собственный вес в загрузку	Всем элементам конструкции автоматически назначается равномерно распределенная нагрузка, равная погонному весу элементов.	Нагрузки † Добавить собственный вес		
62	Удалить собственный вес из загрузки	Удаление ранее назначенной нагрузки собственного веса со всех элементов конструкции.	Нагрузки † Удалить собственный вес		
63	Генерация нагрузки	Диалоговое окно содержит закладки для задания нагрузок на узлы, стержни и т.д. Окно содержит также закладку для корректировки или удаления нагрузок текущего нагружения.	Нагрузки † Нагрузка на узлы и элементы	Связи, жесткости, нагрузки	
64	Удаление нагрузок в отмеченных узлах и элементах	С отмеченных узлов и элементов схемы удаляются все ранее заданные нагрузки.	Нагрузки † Удаление нагрузок	Связи, жесткости, нагрузки	

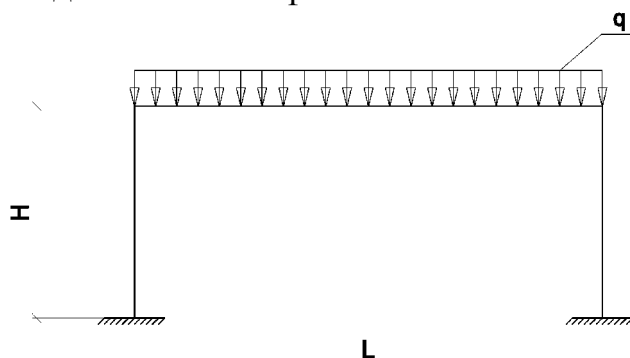
№	Команда	Описание команды	Меню	Панель инструментов	Кнопка
65	Генерация и редактирование таблицы РСУ	Формирование или редактирование ранее сформированной таблицы РСУ.	Нагрузки † РСУ † Генерация таблицы РСУ	Связи, жесткости, нагрузки	
66	Установка единиц измерения	В диалоговом окне настраивается работа системы на удобные для пользователя единицы измерения при описании расчетной схемы конструкции и для прочтения результатов расчета.	Опции † Единицы измерения		
67	Установка флагов рисования	Вызывается диалоговое окно Показать, которое предназначено для установки флагов рисования, то есть информации, изображаемой непосредственно на схеме, а также опций отображения схемы. Диалоговое окно содержит четыре закладки (Элементы, Узлы, Общие, Результаты). Закладка Результаты доступна только в режиме визуализации результатов расчета.	Опции † Флаги рисования	Вид	
68	Вызов системы ДОКУМЕНТАТОР для создания графических документов	В системе ДОКУМЕНТАТОР пользователь создает, компонует и выводит на печать чертежи, предназначенные для документирования текущей задачи.	Окно † ДОКУМЕНТАТОР	Выбор	
69	Графический редактор	Сохранение в буфер обмена (clipboard) изображения, находящегося в активном окне	Окно † Графический редактор	Выбор	

№	Команда	Описание команды	Меню	Панель инструментов	Кнопка
70	Создание и просмотр таблиц в интерактивном режиме	Переключение системы ЛИР-ВИЗОР на специальный режим Интерактивные таблицы, позволяющий компоновать и выводить на печать таблицы, необходимые для документирования текущей задачи.	Окно † Интерактивные таблицы		
71	Создание отчета	Формирование и выдача на печать отчета о текущей задаче в виде набора таблиц и пояснительной записки.	Окно † Отчет		
72	Справка	Просмотр предметного указателя и содержания справки по программе.	? † Справка		
73	Выдать справку для выбранной кнопки (меню, окна)	Получение информации о различных элементах программы.	? † Контекстная справка	Выбор	

## ПРИЛОЖЕНИЕ 3

### Задание к теме №1 «Рама»

1. Составить расчетную схему однопролетной одноэтажной рамы (рис.1).
2. Выполнить статический расчет.
3. Результаты расчета в виде трех эпюр ( $M$ ,  $N$ ,  $Q$ ) и таблицы усилий оформить в виде текстового файла.



**Рис. 1. Расчетная схема рамы.**

Внешние связи принять для баз колонн: все линейные, угловые для осей  $X$  и  $Y$ . Профили принять прокатные двутавры с параллельными гранями полок колонной ( $K$ ) и балочной ( $B$ ) серий. Исходные данные для каждого варианта приведены в таблице:

#### Исходные данные

Таблица ПЗ.1.

Вариант	Параметры рамы			Сечения элементов	
	Пролет $L$ , м	Высота $H$ , м	Нагрузка на ригель $q$ , кН/м	Колонны	Ригель
1	6.2	2.3	730	20К1	10Б1
2	11.6	3.65	865	40К4	50Б1
3	6.6	2.4	740	20К2	12Б2
4	11.2	3.55	855	40К3	45Б1
5	7	2.5	750	23К1	14Б1
6	10.8	3.45	845	40К2	40Б2
7	7.4	2.6	760	23К2	16Б1
8	10.4	3.35	835	40К1	35Б1
9	7.8	2.7	770	26К1	16Б2
10	10	3.25	825	35К2	30Б2
11	8.2	2.8	780	26К3	18Б1
12	9.6	3.15	815	30К3	30Б1
13	8.6	2.9	790	30К1	20Б1
14	9.2	3.05	805	30К2	26Б1



15	9	3	800	30K2	23Б1
16	8.8	2.95	795	30K1	23Б1
17	9.4	3.1	810	30K3	26Б2
18	8.4	2.85	785	26K3	18Б2
19	9.8	3.2	820	35K1	30Б1
20	8	2.75	775	26K2	18Б1
21	10.2	3.3	830	35K2	35Б1
22	7.6	2.65	765	26K1	16Б1
23	10.6	3.4	840	40K1	35Б2
24	7.2	2.55	755	23K2	14Б2
25	11	3.5	850	40K2	45Б1
26	6.8	2.45	745	23K1	12Б2
27	11.4	3.6	860	40K3	45Б2
28	6.4	2.35	735	20K2	12Б1
29	11.8	3.7	870	40K5	50Б2
30	6	2.25	725	20K1	10Б1

### Задание к теме № 2 «Плита»

Рассчитать монолитную железобетонную плиту указанных размеров (по варианту) с проемом для вентиляционного канала, расположенного вдоль короткой стороны с отступом от края: смещение по  $x$  на 350 мм; смещение по  $y$  на 600 мм. Разбиение плиты на 4-угольные конечные элементы 300х300 мм.

Опираение плиты – по коротким сторонам. Принять внешние связи слева и справа только по  $z$ .

Расчет выполнить на два нагружения: 1 – постоянная нагрузка (включая собственный вес железобетонной плиты и вес конструкции пола); 2 – временная нагрузка от людей и оборудования.

При сборе нагрузок учесть назначение помещения и покрытие пола.

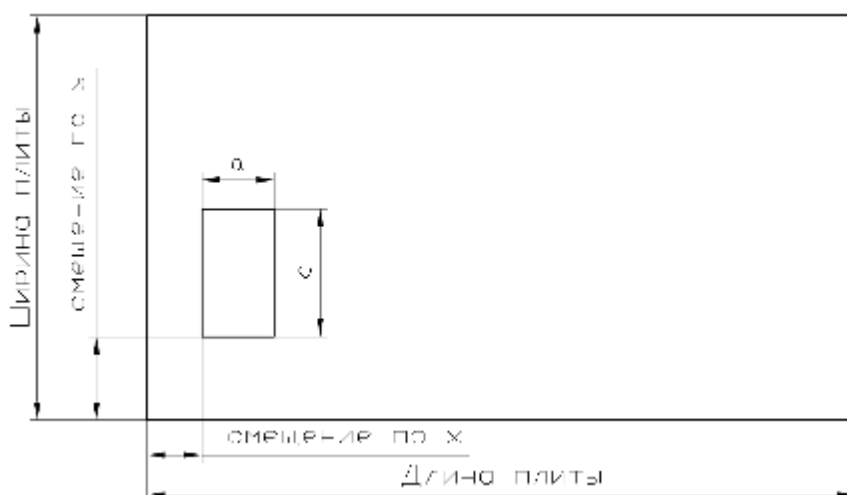


Рис. 2. Схема размещения проема для вентиляционного канала

Сформировать текстовый файл результатов расчетов, в котором представить:

- Исходные данные
- Сбор нагрузок в табличной форме
- Результаты статического расчета в графическом виде (изополю М<sub>x</sub>, М<sub>y</sub>, М<sub>xy</sub>, Q<sub>x</sub>, Q<sub>y</sub> от любого нагружения)
- Результаты статического расчета в табличном виде (фрагменты двух таблиц усилий от 1-го и 2-го нагружений)

### Параметры плиты

Таблица ПЗ.2

Вариант	Размер плиты (по x; по y), м	Размер проема axb (по x; по y), м	Толщина плиты, мм)	Покрытие пола (по цементно-песчаной стяжке 30мм)	Назначения помещений
1	6x4.2	1x1.2	150	Плитка ПВХ толщиной 2.5мм	Помещения электронно-вычислительных машин
2	6x4.2	1x1.2	150	Плитка ПВХ толщиной 3мм	Кухни общественных зданий
3	6x4.2	1x1.2	150	Плитка ПВХ толщиной 2.1мм	Лаборатории учреждений просвещения
4	6x4	1x1.2	150	Плитка ПВХ толщиной 3.2мм	Помещения учреждений бытового обслуживания населения (парикмахерские, ателье и т.п.)
5	5.8x4	1x1.2	140	Линолеум толщиной 3.2мм	Кабинеты и лаборатории учреждений здравоохранения
6	5.8x4	1x1.2	140	Ковролин с высотой ворса 5мм	Читальные залы
7	5.8x4	1x1.2	140	Керамическая плитка толщиной 7мм	Бытовые помещения общественных зданий и сооружений
8	5.8x4	1x1.2	140	Керамическая плитка толщиной 11мм	Обеденные залы (в кафе, ресторанах, столовых и т.п.)
9	5.8x3.8	1x1	140	Линолеум толщиной 2.6мм	Классные помещения учреждений просвещения
10	5.6x3.8	0.8x	130	Ковролин с высотой ворса 9мм	Залы собраний и совещаний
11	5.6x3.8	0.8x1	130	Линолеум толщиной 2.3мм	Офисные помещения

12	5.6x3.8	0.8x1	130	Керамическая плитка толщиной 10мм	Залы ожидания
13	5.6x3.8	0.8x1	130	Ламинат (ламинированный паркет) толщиной 12мм	Служебные помещения административного персонала организаций и учреждений
14	5.6x3.6	0.8x1	130	Ковролин с высотой ворса 16мм	Зрительные залы
15	5.4x3.6	0.8x1	120	Керамическая плитка толщиной 8мм	Палаты больниц и санаториев
16	5.4x3.6	0.8x1	120	Керамическая плитка толщиной 7мм	Концерные залы
17	5.4x3.6	0.8x1	120	Ламинат (ламинированный паркет) толщиной 8мм	Жилые помещения домов отдыха и пансионатов, общежитий и гостиниц
18	5.4x3.6	0.8x1	120	Керамическая плитка толщиной 8мм	Спортивные залы
19	5.4x3.4	0.8x0.8	120	Ламинат (ламинированный паркет) толщиной 7мм	Спальные помещения детских дошкольных учреждений
20	5.2x3.4	0.6x0.8	110	Керамическая плитка толщиной 10мм	Залы фитнес-центров
21	5.2x3.4	0.6x0.8	110	Ламинат (ламинированный паркет) толщиной 6мм	Квартира жилого здания
22	5.2x3.4	0.6x0.8	110	Керамическая плитка толщиной 11мм	Залы бильярдных
23	5.2x3.4	0.6x0.8	110	Ламинат (ламинированный паркет) толщиной 6мм	Квартира жилого здания
24	5.2x3.2	0.6x0.8	110	Керамическая плитка толщиной 10мм	Залы фитнес-центров
25	5x3.2	0.6x0.8	100	Ламинат (ламинированный паркет) толщиной 7мм	Спальные помещения детских дошкольных учреждений
26	5x3.2	0.6x0.8	100	Керамическая плитка толщиной 8мм	Спортивные залы
27	5x3.2	0.6x0.8	100	Ламинат (ламинированный паркет) толщиной 8мм	Жилые помещения домов отдыха и пансионатов, общежитий и гостиниц
28	5x3.2	0.6x0.8	100	Ламинат (ламинированный паркет) толщиной 12мм	Концерные залы
29	5x3	0.6x0.6	100	Керамическая плитка толщиной 8мм	Палаты больниц и санаториев
30	4.8x3	0.4x0.6	90	Ламинат (ламинированный паркет) толщиной 12мм	Зрительные залы

### Задание к теме № 3 «Ферма»

Рассчитать ферму указанных размеров (по варианту) с определением РСУ. По схемам загрузений вычислить узловые нагрузки от постоянных и временных нагрузок, сформировать соответствующие загрузки, выполнить статический расчет, сформировать таблицу расчетных сочетаний усилий (PCУ).

Сечения всех элементов фермы принять одинаковыми, из парных равнополочных уголков, составленных в тавр. Опираие фермы шарнирное, на левой опоре ограничивать перемещение по осям X, Y, Z, на правой опоре – по осям Y и Z.

Результаты расчета оформить в виде текстового документа. В документе представить сбор нагрузок (расчет узловых нагрузок), результаты статического расчета в виде таблицы расчетных усилий.



Рис. 3. Расчетная схема фермы и схемы нагрузок

## Параметры фермы и нагрузок

Таблица П3.3

Вариант	Пролет L, м	Шаг В (расстояние между фермами), м	Высота на опоре h, м	Высота в пролете Н, м	Длина панели фермы а, м	Сечение элементов парные уголки составленные в гавр, мм	Расчетная нагрузка от кровли (кН/м <sup>2</sup> )	Снеговой район
1	30.4	4.4	2.2	2.96	3.04	100x8	3.30	III
2	32.2	4.7	2.35	3.155	3.22	100x8	3.15	V
3	29.2	4.2	2.1	2.83	2.92	100x8	3.40	III
4	33.4	4.9	2.45	3.285	3.34	100x10	3.05	V
5	28	4	2	2.7	2.8	100x7	3.50	III
6	34.6	5.1	2.55	3.415	3.46	100x10	2.95	V
7	26.8 м	3.8	1.9	2.57	2.68	100x7	3.60	III
8	35.8	5.3	2.65	3.545	3.58	100x12	2.85	II
9	25.6	3.6	1.8	2.44	2.56	100x6.5	3.70	IV
10	37	5.5	2.75	3.675	3.7	100x12	2.75	II
11	24.4	3.4	1.7	2.31	2.44	100x6.5	3.80	IV
12	38.2	5.7	2.85	3.805	3.82	100x14	2.65	II
13	23.2	3.2	1.6	2.18	2.32	90x9	3.90	IV
14	39.4	5.9	2.95	3.935	3.94	100x14	2.55	II
15	22	3	1.5	2.05	2.2	90x9	4.00	IV
16	40.6	6.1	3.05	4.065	4.06	100x16	2.45	II
17	20.8	2.8	1.4	1.92	2.08	90x8	4.10	VI
18	41.8	6.3	3.15	4.195	4.18	100x16	2.35	II
19	19.6	2.6	1.3	1.79	1.96	90x8	4.20	VI
20	43	6.5	3.25	4.325	4.3	110x7	2.25	II
21	18.4	2.4	1.2	1.66	1.84	90x7	4.30	VI
22	44.2	6.7	3.35	4.455	4.42	110x7	2.15	II
23	17.2	2.2	1.1	1.53	1.72	90x7	4.40	VI
24	45.4	6.9	3.45	4.58	4.54	110x8	2.05	I
25	16	2	1	1.4	1.6	90x6	4.50	VII
26	46.6	7.1	3.55	4.715	4.66	110x8	1.95	I
27	14.8	1.8	0.9	1.27	1.48	90x6	4.60	VII
28	47.8	7.3	3.65	4.845	4.78	125x8	1.85	I
29	13.6	1.6	0.8	1.14	1.36	80x8	4.70	VII
30	49	7.5	3.75	4.975	4.9	125x8	1.75	I

#### Задание к теме № 4 «Ж/Б каркас»

Рассчитать каркас фрагмента общественного здания и его элементы (монолитные железобетонные плиты толщиной 150 мм, главные и второстепенные балки 400х600 мм, колонны 400х400 мм. Исходные данные для каркаса: L1, L2, L3, B, H1, H2. приведены в таблице

Расчет выполнить на следующие загрузки:

- 1 – постоянная нагрузка (от собственного веса конструкции пола, кровли, включая вес железобетонных плит и всех элементов каркаса)
- 2 – временная нагрузка на плите перекрытия от людей и оборудования для указанных помещений
- 3 – временная нагрузка на плите покрытия от снега (равномерная) для соответствующего снегового района
- 4 – временная нагрузка от ветра по широкой стороне для указанного ветрового района. Тип местности «В»

При сборе нагрузок учесть назначение помещения и покрытие пола на железобетонной плите перекрытия. Конструкция пола на плите перекрытия указана в таблице. Конструкция кровли на плите покрытия состоит из цементно-песчаной стяжки толщиной 30 мм и мягкой рулонной кровли из 4 слоев.

Сформировать текстовый файл результатов расчетов, в котором представить:

- таблицу сбора нагрузок на перекрытие и покрытие
- расчет нагрузок на балки покрытия и перекрытия от статической составляющей ветра
- результаты расчета армирования колонн, балок и плит покрытия и перекрытия (мозаику армирования плит и колонн, фрагменты таблиц армирования плит и стержневых элементов каркаса)

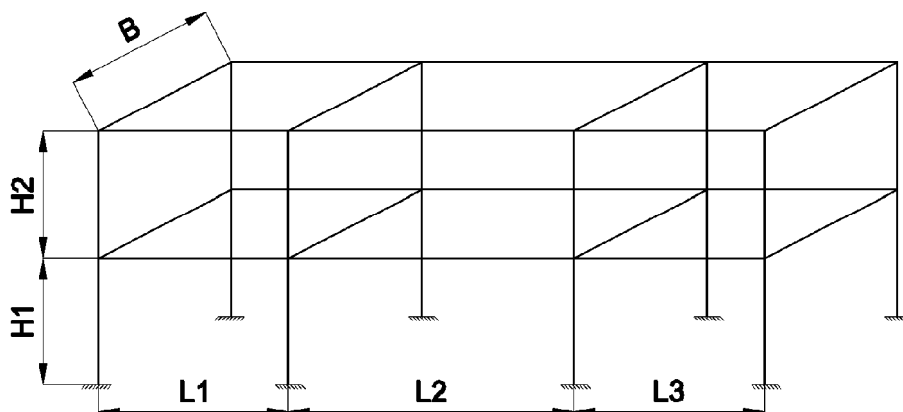


Рис. 4. Схема каркаса

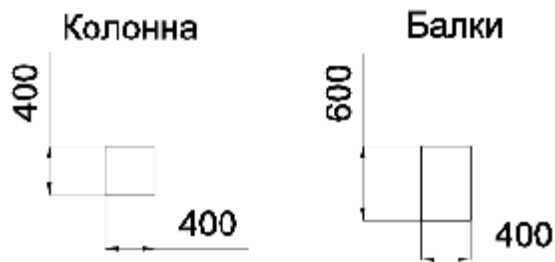


Рис. 5165. Сечения элементов каркаса

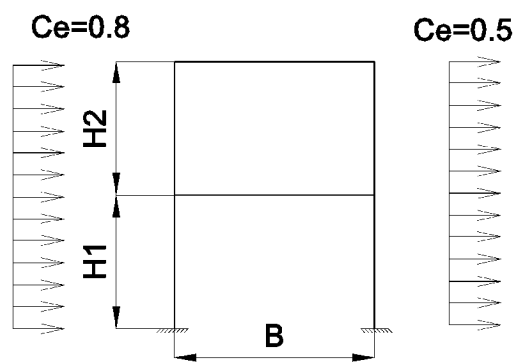


Рис. 6. Схемы приложения ветровых нагрузок на каркас

Исходные данные. Параметры здания

Таблица ПЗ.4

№ варианта	Схема пролетов L1+L2+L3, м	Высоты этажей H1+H2, м	Шаг B, м	Снеговой район	Ветровой район
1	5.7 + 7.5 + 5.7	3 + 4.2	4.2	I	VII
2	6 + 7.8 + 5.4	3 + 3.9	3.9	II	VI
3	6.3 + 8.1 + 5.1	3 + 3.6	3.6	III	V
4	6.6 + 8.4 + 4.8	3 + 3.3	3.3	IV	IV
5	6.9 + 8.7 + 4.5	3.3 + 4.2	4.5	V	III
6	7.2 + 9 + 4.2	3.3 + 3.9	4.8	VI	II
7	5.4 + 9.3 + 6	3.3 + 3.6	5.1	VII	I
8	5.1 + 9.6 + 6.3	3.3 + 3.3	5.4	VIII	Ia
9	4.8 + 9.9 + 6.6	3.6 + 4.2	5.7	I	VII
10	4.5 + 10.2 + 6.9	3.6 + 3.9	6	II	VI
11	4.2 + 10.5 + 7.2	3.6 + 3.6	6.3	III	V
12	5.7 + 7.5 + 5.7	3.6 + 3.3	6.6	IV	IV
13	6 + 7.8 + 5.4	3.9 + 4.2	6.9	V	III
14	6.3 + 8.1 + 5.1	3.9 + 3.9	7.2	VI	II
15	6.6 + 8.4 + 4.8	3.9 + 3.6	4.2	VII	I
16	6.9 + 8.7 + 4.5	3.9 + 3.3	3.9	VIII	Ia
17	7.2 + 9 + 4.2	4.2 + 4.2	3.6	I	VII
18	5.4 + 9.3 + 6	4.2 + 3.9	3.3	II	VI
19	5.1 + 9.6 + 6.3	4.2 + 3.6	4.5	III	V
20	4.8 + 9.9 + 6.6	4.2 + 3.3	4.8	IV	IV
21	4.5 + 10.2 + 6.9	3 + 4.2	5.1	V	III
22	4.2 + 10.5 + 7.2	3 + 3.9	5.4	VI	II
23	5.7 + 7.5 + 5.7	3 + 3.6	5.7	VII	I
24	6 + 7.8 + 5.4	3 + 3.3	6	VIII	Ia

25	6.3 + 8.1 + 5.1	3.3 + 4.2	6.3	I	VII
26	6.6 + 8.4 + 4.8	3.3 + 3.9	6.6	II	VI
27	6.9 + 8.7 + 4.5	3.3 + 3.6	6.9	III	V
28	7.2 + 9 + 4.2	3.3 + 3.3	7.2	IV	IV
29	5.4 + 9.3 + 6	3.6 + 4.2	4.2	V	III
30	5.1 + 9.6 + 6.3	3.6 + 3.9	3.9	VI	II

### Параметры помещений

Таблица ПЗ.5

№ варианта	Вариант покрытия пола	Назначения помещений
1	Ламинат (ламинированный паркет) толщиной 12мм по цементно-песчаной стяжке толщиной 30 мм	Зрительные залы
2	Керамическая плитка толщиной 8 мм по цементно-песчаной стяжке толщиной 30 мм	Палаты больниц и санаториев
3	Ламинат (ламинированный паркет) толщиной 12 мм по цементно-песчаной стяжке толщиной 32 мм	Концертные залы
4	Ламинат (ламинированный паркет) толщиной 8мм по цементно-песчаной стяжке толщиной 32 мм	Жилые помещения домов отдыха и пансионатов, общежитий и гостиниц
5	Керамическая плитка толщиной 8мм по цементно-песчаной стяжке толщиной 32 мм	Спортивные залы
6	Ламинат (ламинированный паркет) толщиной 7мм по цементно-песчаной стяжке толщиной 32 мм	Спальные помещения детских дошкольных учреждений
7	Керамическая плитка толщиной 10мм по цементно-песчаной стяжке толщиной 32 мм	Залы фитнес-центров
8	Ламинат (ламинированный паркет) толщиной 6мм по цементно-песчаной стяжке толщиной 34 мм	Квартира жилого здания
9	Керамическая плитка толщиной 11мм по цементно-песчаной стяжке толщиной 34 мм	Залы бильярдных
10	Ламинат (ламинированный паркет) толщиной 6мм по цементно-песчаной стяжке толщиной 34 мм	Квартира жилого здания
11	Керамическая плитка толщиной 10мм по цементно-песчаной стяжке толщиной 34 мм	Залы фитнес-центров
12	Ламинат (ламинированный паркет) толщиной 7 мм по цементно-песчаной стяжке толщиной 34 мм	Спальные помещения детских дошкольных учреждений
13	Керамическая плитка толщиной 8 мм по цементно-песчаной стяжке толщиной 36 мм	Спортивные залы
14	Ламинат (ламинированный паркет) толщиной 8 мм по цементно-песчаной стяжке толщиной 36 мм	Жилые помещения домов отдыха и пансионатов, общежитий и гостиниц
15	Керамическая плитка толщиной 7 мм по цементно-песчаной стяжке толщиной 36 мм	Концертные залы



16	Керамическая плитка толщиной 8мм по цементно-песчаной стяжке толщиной 36 мм	Палаты больниц и санаториев
17	Ковролин с высотой ворса 16мм по цементно-песчаной стяжке толщиной 36 мм	Зрительные залы
18	Ламинат (ламинированный паркет) толщиной 12мм по цементно-песчаной стяжке толщиной 38 мм	Служебные помещения административного персонала организаций и учреждений
19	Керамическая плитка толщиной 10мм по цементно-песчаной стяжке толщиной 38 мм	Залы ожидания
20	Линолеум толщиной 2.3 мм по цементно-песчаной стяжке толщиной 38 мм	Офисные помещения
21	Ковролин с высотой ворса 9мм по цементно-песчаной стяжке толщиной 38 мм	Залы собраний и совещаний
22	Линолеум толщиной 2.6мм по цементно-песчаной стяжке толщиной 38 мм	Классные помещения учреждений просвещения
23	Керамическая плитка толщиной 11мм по цементно-песчаной стяжке толщиной 40 мм	Обеденные залы (в кафе, ресторанах, столовых и т.п.)
24	Керамическая плитка толщиной 7мм по цементно-песчаной стяжке толщиной 40 мм	Бытовые помещения общественных зданий и сооружений
25	Ковролин с высотой ворса 5мм по цементно-песчаной стяжке толщиной 40 мм	Читальные залы
26	Линолеум толщиной 3.2мм по цементно-песчаной стяжке толщиной 40 мм	Кабинеты и лаборатории учреждений здравоохранения
27	Плитка ПВХ толщиной 3.2 мм по цементно-песчаной стяжке толщиной 40 мм	Помещения учреждений бытового обслуживания населения (парикмахерские, ателье и т.п.)
28	Плитка ПВХ толщиной 2.1 мм по цементно-песчаной стяжке толщиной 42 мм	Лаборатории учреждений просвещения
29	Плитка ПВХ толщиной 3 мм по цементно-песчаной стяжке толщиной 42 мм	Кухни общественных зданий
30	Плитка ПВХ толщиной 2.5 мм по цементно-песчаной стяжке толщиной 42 мм	Помещения электронно-вычислительных машин

## Задание к теме № 5 «Навес»

Выполнить статический расчет стального каркаса навеса на два нагружения от постоянной нагрузки (собственный вес и вес покрытия) и временной (снеговая нагрузка) с формированием Расчетных Сочетаний Усилий. Подобрать профили для стоек, балок (главных и настила) и вертикальных связей по стойкам для навеса согласно расчетной схеме (см. рис.3) при следующих исходных данных:

Шаг балок настила –  $a$ .

Размер навеса (в плане) –  $L \times B$ .

Высота стоек –  $h$ .

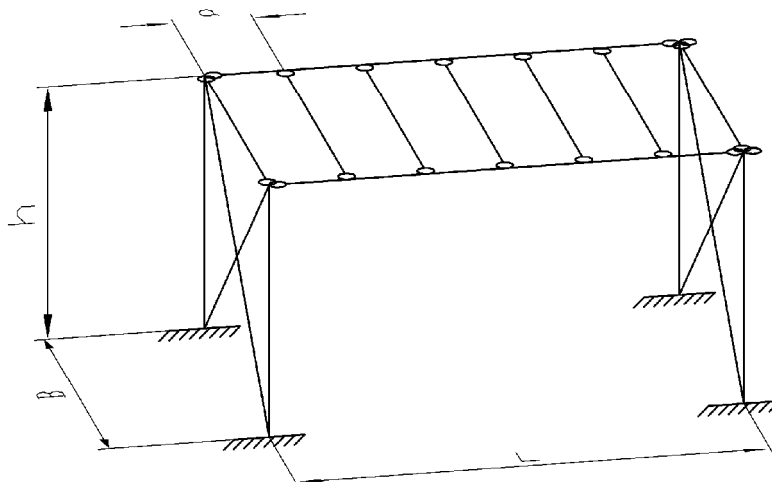
Состав покрытия – по варианту.

Снеговой район – по варианту.

Внешние связи: нижние узлы стоек раскреплены по осям  $x$ ;  $y$ ;  $z$  и от поворота относительно оси  $y$  ( $u_y$ ).

Сечения элементов каркаса навеса предварительно принять:

- стойки из двутавров колонной серии 35К1
- главные балки из двутавров балочной серии 60Б1
- балки настила из двутавров балочной серии 30Б2
- связи их одиночных равнополочных уголков 125x125x12



*Рис. 7. Расчетная схема*

Оформить текстовый документ с расчетной схемой (указать номера стержней), исходными данными. Привести сбор нагрузок на площадь (в табличной форме), вычисления расчетных погонных нагрузок на балки

настила (среднюю и крайнюю). Результат расчета (подбор сечений элементов каркаса) в виде таблицы подбора сечений.

Сохранить на рабочем столе после всех расчетов ЛИРА-САПР файл (.lir) и оформленный текстовый документ. Скопировать эти файлы на сетевой диск в папку Тема 3 вашей группы.

### Исходные данные к каркасу навеса

Таблица ПЗ.6

Вариант	Размер навеса в плане L (длина) x B (ширина), м	Шаг балок настила «а», м	Высота стоек «h», м	Вариант покрытия	Снеговой район
1	5x4.4	1	3.45	1	VIII
2	7.2x1.6	1.2	3.6	2	VII
3	9.8x4.2	1.4	3.35	3	VI
4	12.8x1.8	1.6	3.7	4	V
5	16.2x4	1.8	3.25	5	IV
6	20x2	2	3.8	6	III
7	20x3.8	2	3.15	6	II
8	16.2x2.2	1.8	3.9	5	I
9	12.8x3.6	1.6	3.05	4	I
10	9.8x2.4	1.4	4	3	II
11	7.2x3.4	1.2	2.95	2	III
12	5x2.6	1	4.1	1	IV
13	5x3.2	1	2.85	1	V
14	7.2x2.8	1.2	4.2	2	VI
15	9.8x3	1.4	2.75	3	VII
16	12.8x3	1.6	4.3	4	VIII
17	16.2x2.8	1.8	2.65	5	VIII
18	20x3.2	2	4.4	6	VII
19	5x2.6	1	2.55	1	VI
20	7.2x3.4	1.2	4.5	2	V
21	9.8x2.4	1.4	2.45	3	IV
22	12.8x3.6	1.6	4.6	4	III
23	16.2x2.2	1.8	2.35	5	II
24	20x3.8	2	4.7	6	I
25	20x2	2	2.25	6	I
26	16.2x4	1.8	4.8	5	II
27	12.8x1.8	1.6	2.15	4	III
28	9.8x4.2	1.4	4.9	3	IV
29	7.2x1.6	1.2	2.05	2	V
30	5x4.4	1	5	1	VI

## Варианты составов покрытия

Таблица ПЗ.7

Вариант 1	
1	Гидроизоляционный ковер (4 слоя рубероида на битумной мастике)
2	Стяжка (цементно-песчаная толщиной 30 мм)
3	Утеплитель (плиты из минеральных волокон РУФ БАТС толщиной 100 мм)
4	Заполнитель (железобетон толщиной 80 мм)
5	Стальной профилированный настил Н57-750-0.6
Вариант 2	
1	Гидроизоляционный ковер (4 слоя рубероида на битумной мастике)
2	Стяжка (цементно-песчаная толщиной 30 мм)
3	Заполнитель (железобетон толщиной 100 мм)
4	Стальной профилированный настил Н75-750-0.8
Вариант 3	
1	Стальной профилированный настил Н114-750-1.0
Вариант 4	
1	Трехслойная кровельная панель (Тип 6) толщиной 120мм
Вариант 5	
1	Гидроизоляционный ковер (4 слоя рубероида на битумной мастике)
2	Утеплитель (плиты из минеральных волокон РУФ БАТС В толщиной 150мм)
3	Стальной профилированный настил Н60-845-0.7
Вариант 6	
1	Трехслойная кровельная панель (Тип 10) толщиной 150мм

### Задание к итоговой работе

Составить расчетную схему и выполнить статический расчет каркаса здания с формированием Расчетных Сочетаний Усилий (РСУ) от постоянной и трех загружений временной нагрузки (снег в двух вариантах и ветер). Выполнить расчет комбинированного каркаса двухэтажного здания. Здание состоит из железобетонного каркаса и стальных ферм.

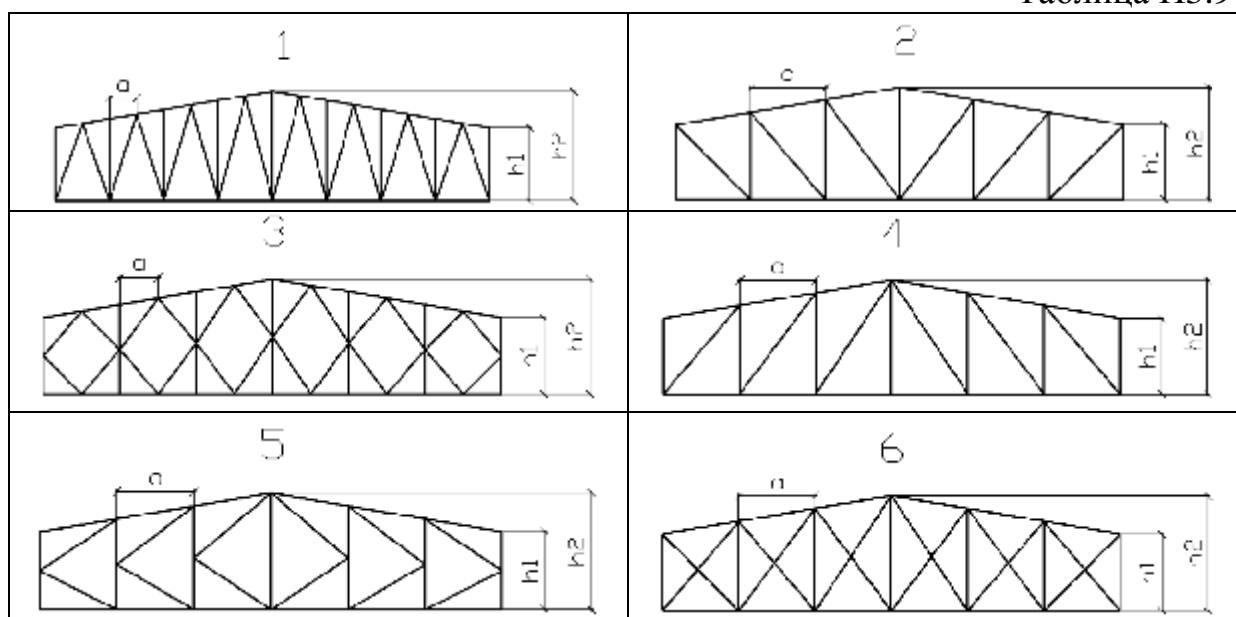
#### Исходные данные

Таблица ПЗ.8

Шаг рам	$B$ [м]
Количество рам	$m$
Схема рамы	$L1+L2+L3$ [м]
Высота колонн первого этажа	$H1$ [м]
Высота колонн второго этажа	$H2$ [м]
Схема фермы	
Высота фермы на опоре	$h1$ [м]
Высота фермы в пролете	$h2$ [м]
Пролет фермы	$L$ [м]
Шаг прогонов (размер панели фермы)	$a$ [м]
Вариант покрытия	
Снеговой район	
Ветровой район	тип местности В

#### Схемы ферм покрытия

Таблица ПЗ.9



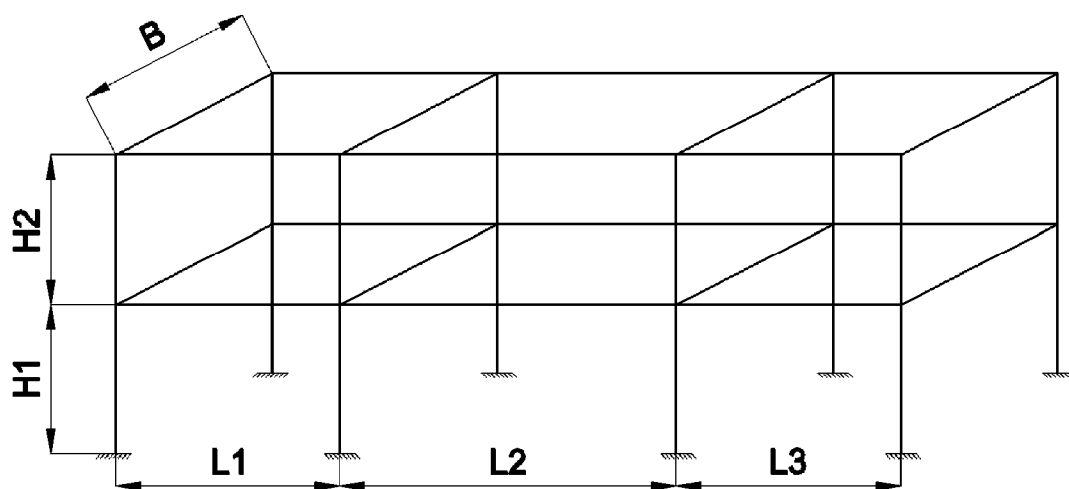


Рис. ПЗ.1. Фрагмент схемы каркаса

Исходные данные по зданию

Таблица ПЗ.10

Вариант	Шаг рам В	Количество рам	Схема рамы (L1+L2+L3)	Высота колонн первого этажа Н1	Высота колонн второго этажа Н2	Вариант покрытия	Снеговой район	Ветровой район
1	6.0м	5	9м+6м+13.8м	3.4	3.6	8	VIII	IV
2	6.2м	7	4м+4м+5.2м	3.6	4.6	9	VII	IV
3	6.5м	6	6м+6м+12м	2.8	4	10	VII	V
4	5.6м	5	6м+12м+14м	3	4.2	11	VIII	V
5	5.8м	7	6м+18м+9.6м	3.2	3.8	12	I	V
6	6.0м	3	6м+4м+5.6м	3.4	4.4	13	II	V
7	6.2м	5	9м+3м+7.2м	3.6	3.6	14	III	V
8	6.5м	7	9м+6м+7м	2.8	4.6	15	IV	V
9	5.6м	6	6м+9м+9м	3	4	1	VI	VI
10	5.8м	5	9м+14м+9м	3.2	4.2	2	V	VI
11	6.0м	7	12м+12.6м+9м	3.4	3.8	3	IV	VI
12	6.2м	3	8м+9м+14.2м	3.6	4.4	4	III	VI
13	6.5м	6	7.2м+6м+6м	2.8	3.6	5	II	VI
14	5.6м	7	12м+6м+4м	3	4.6	6	I	VI
15	5.8м	6	12м+9м+15м	3.2	4	7	VIII	II
16	6.0м	5	12м+12м+14.4м	3.4	4.2	8	VII	II
17	6.2м	7	10.4м+6м+6м	3.6	3.8	9	VII	II
18	6.5м	3	6м+8м+12м	2.8	4.4	10	VIII	II
19	5.6м	5	14м+6м+8.8м	3	3.6	11	I	II

20	5.8м	7	4м+4м+5.2м	3.2	4.6	12	II	II
21	6.0м	6	18м+12м+18м	3.4	4	13	III	II
22	6.2м	5	9м+16м+7м	3.6	4.2	14	IV	III
23	6.5м	7	12м+15.2м+6.4м	2.8	3.8	15	V	III
24	5.6м	6	4.5м+5м+6.1м	3	4.4	1	VI	III
25	5.8м	5	6м+6м+7.2м	3.2	3.6	2	VI	III
26	6.0м	7	9м+6м+7м	3.4	4.6	3	V	III
27	6.2м	6	12м+6м+18м	3.6	4	4	IV	III
28	6.5м	5	6.4м+18м+14м	2.8	4.2	5	III	IV
29	5.6м	7	6м+6.4м+10м	3	3.8	6	II	IV
30	5.8м	6	6м+9м+11м	3.2	4.4	7	I	IV

Исходные данные по ферме

Таблица П3.11

Вариант	Схема фермы	Высота фермы на опоре h1 (м)	Высота фермы в пролете h2 (м)	Пролет фермы L (м)	Шаг прогонов а (м)	Сечения элементов фермы	Сечение прогонов и распорок по нижним поясам ферм
1	2	2.4	3.2	28.8	2.4	Труба электросварная прямошовная 114х4	швеллер 27
2	5	1.8	3.2	13.2	2.2	Тавровое из парных равнополочных уголков 140х140х9	двутавр 18
3	4	2.4	3.0	24	3	Тавровое из парных равнополочных уголков 140х140х10	швеллер 26Б3
4	1	2.2	3.0	32	1.6	Труба электросварная прямошовная 127х5	двутавр 20
5	6	2.0	3.2	33.6	2.8	Труба электросварная прямошовная 127х4	швеллер 26Б2
6	5	1.8	3.2	15.6	2.6	Тавровое из парных равнополочных уголков 140х140х12	двутавр 22
7	1	2.0	3.4	19.2	1.2	Тавровое из парных равнополочных уголков 100х100х8	швеллер 26Б1

8	3	2.2	3.0	22	1.1	Труба электросварная прямошовная 114x5	двутавр 24
9	5	2.0	3.2	24	3	Тавровое из парных равнополочных уголков 100x100x8	швеллер 18
10	1	2.2	3.0	32	1.6	Труба электросварная прямошовная 114x5	двутавр 26Б3
11	8	2.2	3.2	33.6	2.8	Труба электросварная прямошовная 159x4	швеллер 20
12	3	2.4	3.4	31.2	2.6	Тавровое из парных равнополочных уголков 110x110x8	двутавр 26Б2
13	2	2.0	3.0	19.2	2.4	Тавровое из парных равнополочных уголков 140x140x12	швеллер 22
14	1	2.2	3.2	22	1.1	Труба электросварная прямошовная 140x4	двутавр 26Б1
15	4	2.2	3.4	36	3	Труба электросварная прямошовная 127x4	швеллер 24
16	3	2.4	3.2	38.4	3.2	Тавровое из парных равнополочных уголков 140x140x9	двутавр 23Б3
17	6	1.8	2.8	22.4	2.8	Тавровое из парных равнополочных уголков 125x125x10	швеллер 27
18	5	2.0	3.2	26	2.6	Труба электросварная прямошовная 152x4	двутавр 23Б2
19	1	1.8	3.4	28.8	1.2	Труба электросварная прямошовная 114x5	швеллер 30
20	2	2.2	3.0	13.2	2.2	Тавровое из парных равнополочных уголков 125x125x14	двутавр 23Б1
21	3	2.4	3.2	48	3	Тавровое из парных равнополочных уголков 100x100x10	швеллер 33
22	2	2.2	3.2	32	3.2	Труба электросварная прямошовная 140x5	двутавр 20Б3
23	1	2.0	3.4	33.6	1.4	Труба электросварная прямошовная 114x4	швеллер 18
24	4	1.8	3.0	15.6	2.6	Тавровое из парных равнополочных уголков 110x110x8	двутавр 26Б3



25	2	2.2	3.4	19.2	2.4	Тавровое из парных равнополочных уголков 125x125x10	швеллер 20
26	6	2.0	3.2	22	2.2	Труба электросварная прямошовная 152x4	двутавр 26Б2
27	5	2.4	3.4	36	3	Труба электросварная прямошовная 102x3	швеллер 22
28	1	1.8	3.0	38.4	3.2	Тавровое из парных равнополочных уголков 125x125x12	двутавр 26Б1
29	4	2.0	3.2	22.4	2.8	Тавровое из парных равнополочных уголков 125x125x14	швеллер 24
30	3	2.2	3.4	26	1.3	Труба электросварная прямошовная 140x5	двутавр 23Б3

### Варианты составов покрытия

Таблица ПЗ.12

№	Наименование и толщина покрытия
<b>Вариант 1</b>	
1	Гидроизоляционный ковер (4 слоя рубероида на битумной мастике)
2	Стяжка (цементно-песчаная толщиной 30 мм)
3	Утеплитель (плиты из минеральных волокон РУФ БАТС толщиной 100 мм, плотностью 160 кг/м <sup>3</sup> )
4	Стяжка (цементно-песчаная толщиной 30 мм)
5	Заполнитель (железобетон толщиной 80 мм)
6	Стальной профилированный настил НС-1000-0.7
<b>Вариант 2</b>	
1	Гидроизоляционный ковер (4 слоя рубероида на битумной мастике)
2	Стяжка (цементно-песчаная толщиной 30 мм)
3	Заполнитель (железобетон толщиной 80 мм)
4	Стальной профилированный настил Н57-750-0.6
<b>Вариант 3</b>	
1	Стальной профилированный настил (Н57-750-0.8)
<b>Вариант 4</b>	
1	Трехслойная кровельная панель Тип 6 толщиной по утеплителю 150мм
<b>Вариант 5</b>	
1	Гидроизоляционный ковер (4 слоя рубероида на битумной мастике)
2	Утеплитель (плиты из минеральных волокон РУФ БАТС В толщиной 50 мм, плотностью 180 кг/м <sup>3</sup> )
3	Утеплитель (плиты из минеральных волокон РУФ БАТС Н толщиной 250 мм, плотностью 120 кг/м <sup>3</sup> )
4	Стальной профилированный настил Н75-750-0.8

<b>Вариант 6</b>	
1	Гидроизоляционный ковер (4 слоя рубероида на битумной мастике)
2	Стяжка (цементно-песчаная толщиной 30 мм)
3	Утеплитель (плиты из минеральных волокон РУФ БАТС толщиной 150 мм, плотностью 160 кг/м <sup>3</sup> )
4	Стяжка (цементно-песчаная толщиной 30 мм)
5	Заполнитель (железобетон толщиной 80 мм)
6	Стальной профилированный настил Н60-845-0.7
<b>Вариант 7</b>	
1	Гидроизоляционный ковер (4 слоя рубероида на битумной мастике)
2	Стяжка (цементно-песчаная толщиной 30 мм)
3	Заполнитель (железобетон толщиной 80 мм)
4	Стальной профилированный настил Н75-750-0.9
<b>Вариант 8</b>	
1	Стальной профилированный настил (Н60-845-0.9)
<b>Вариант 9</b>	
1	Трехслойная кровельная панель Тип 6 толщиной по утеплителю 200мм
<b>Вариант 10</b>	
1	Гидроизоляционный ковер (4 слоя рубероида на битумной мастике)
2	Утеплитель (плиты из минеральных волокон РУФ БАТС В толщиной 50 мм, плотностью 180 кг/м <sup>3</sup> )
3	Утеплитель (плиты из минеральных волокон РУФ БАТС Н толщиной 250 мм, плотностью 120 кг/м <sup>3</sup> )
4	Стальной профилированный настил Н114-600-0.8
<b>Вариант 11</b>	
1	Гидроизоляционный ковер (4 слоя рубероида на битумной мастике)
2	Стяжка (цементно-песчаная толщиной 30 мм)
3	Утеплитель (плиты из минеральных волокон РУФ БАТС толщиной 150 мм, плотностью 160 кг/м <sup>3</sup> )
4	Стяжка (цементно-песчаная толщиной 30 мм)
5	Заполнитель (железобетон толщиной 80 мм)
6	Стальной профилированный настил Н75-750-0.8
<b>Вариант 12</b>	
1	Гидроизоляционный ковер (4 слоя рубероида на битумной мастике)
2	Стяжка (цементно-песчаная толщиной 30 мм)
3	Заполнитель (железобетон толщиной 80 мм)
4	Стальной профилированный настил Н114-750-0.8
<b>Вариант 13</b>	
1	Стальной профилированный настил (Н75-750-0.8)
<b>Вариант 14</b>	
1	Трехслойная кровельная панель Тип 10 толщиной по утеплителю 120мм
<b>Вариант 15</b>	
1	Гидроизоляционный ковер (4 слоя рубероида на битумной мастике)
2	Утеплитель (плиты из минеральных волокон РУФ БАТС В толщиной 100 мм, плотностью 180 кг/м <sup>3</sup> )
3	Утеплитель (плиты из минеральных волокон РУФ БАТС Н толщиной 200 мм, плотностью 120 кг/м <sup>3</sup> )
4	Стальной профилированный настил Н114-600-1.0

Дымолазов М.А., Шмелев Г.Н., Гимранов Л.Р.

Учебно-методическое пособие  
к практическим занятиям по дисциплине  
«Компьютерные методы расчета  
строительных конструкций»