Владимирский государственный университет

# Ю.С.КАНДРАШКИНА М.С.АНАНЬЕВ

# АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СТРОИТЕЛЬСТВА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ В СРЕДЕ LIRA 10.12

Учебно-практическое пособие

Владимир 2025

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Владимирский государственный университет

имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»

# Ю. С. КАНДРАШКИНА М. С. АНАНЬЕВ

# АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СТРОИТЕЛЬСТВА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ В СРЕДЕ LIRA 10.12

Учебно-практическое пособие

Электронное издание



Владимир 2025

ISBN 978-5-9984-2086-3 © Кандрашкина Ю. С., Ананьев М. С., 2025

#### Рецензенты:

# Кандидат технических наук, доцент зав. кафедрой теплогазоснабжения, вентиляции и гидравлики Владимирского государственного университета имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых *С. В. Угорова*

### Генеральный директор компании ООО «ФИБРОЗИТ» *Н. С. Сидоров*

Кандрашкина, Ю. С. Автоматизация проектирования и строительства зданий и сооружений в среде LIRA 10.12 [Электронный ресурс]: учеб.-практ. пособие / Ю. С. Кандрашкина, М. С. Ананьев ; Владим. гос. ун-т им. А. Г. и Н. Г. Столетовых. – Владимир : Изд-во ВлГУ, 2025. – 132 с. – ISBN 978-5-9984-2086-3. – Электрон. дан. (5,37 Мб). – 1 электрон. опт. диск (DVD-ROM). – Систем. требования: Intel от 1,3 ГГц ; Windows XP/7/8/10 ; Adobe Reader ; дисковод DVD-ROM. – Загл. с титул. экрана.

Рассмотрены конкретные примеры и практические приемы работы в среде LIRA 10.12. Пособие содержит задания, нацеленные на приобретение начальных навыков проектирования в среде LIRA 10.12, методические указания к их выполнению. Приведены примеры выполнения заданий и представлены две практические работы.

Предназначено для студентов колледжей направления подготовки 08.02.01 «Строительство и эксплуатация зданий и сооружений» очной формы обучения; также может быть полезно для студентов вузов направления подготовки 08.03.01 «Строительство».

Рекомендовано для формирования профессиональных компетенций в соответствии с ФГОС ВО.

Ил. 239. Табл. 9. Библиогр.: 3 назв.

ISBN 978-5-9984-2086-3

© Кандрашкина Ю. С., Ананьев М. С., 2025

# оглавление

ВВЕДЕНИЕ	5
Тама 1. ВАСИЁТ ПЕРЕРДИНОЙ ПОПЕРЕННОЙ ВАМЫ	
Гема І. ГАСЧЕТ ДЕГЕБЯННОЙ ПОПЕРЕЧНОЙ ГАМЫ С ФЕРМОЙ ПОКРЫТИЯ	6
	0 6
1.2. Базалие расчетной схемы с тремя степенями своюоды	0
1.2. Геометрическая построика объекта	ð
1.3. Задание граничных условии конструкции	16
1.4. У паковка элементов конструкции	23
1.5. Заполнение раздела «Конструирование»	24
1.6. Заполнение раздела «Редактор материалов»	29
1.7. Заполнение раздела «Редактор сечений/жесткостей»	32
1.8. Заполнение раздела «Назначение сечения, материала	
и конструирования»	36
1.9. Заполнение раздела «Редактор загружений»	39
1.10. Заполнение раздела «Нагрузки»	43
1.11. Заполнение раздела «Расчёт»	48
1.12. Заполнение раздела «Расчёт конструкций»	51
1.13. Разбор частных ситуаций	53
<i>Практическая работа № 1</i> . РАСЧЕТ ДЕРЕВЯННОЙ РАМЫ	56
Тема 2. РАСЧЁТ КЛЕЕФАНЕЙНОЙ ПАНЕЛИ	68
2.1. Создание расчётной схемы с шестью степенями	
свободы	68
2.2. Геометрическая постройка объекта	69
2.3. Заполнение граничных условий конструкции	79
2.4. Упаковка элементов конструкций	82
2.5. Заполнение раздела «Редактор материалов»	83
2.6. Заполнение раздела «Редактор сечений/жесткостей»	84
2.7. Заполнение раздела «Назначение сечения, материала	
и конструирования»	85

2.8. Заполнение раздела «Редактор загружений»	88
2.9. Заполнение раздела «Триангулирование»	91
2.10. Заполнение раздела «Нагрузки»	93
2.11. Заполнение раздела «Расчёт»	99
2.12. Заполнение раздела «Проверка»	101
Тема 3. РАСЧЁТ ДВУХКОНСОЛЬНОЙ БАЛКИ	103
3.1. Создание расчётной схемы с шестью степенями	
свободы	103
3.2. Геометрическая постройка объекта	104
3.3. Заполнение граничных условий конструкции	110
3.4. Упаковка элементов конструкций	112
3.5. Заполнение раздела «Редактор материалов»	113
3.6. Заполнение раздела «Редактор сечений/жесткостей»	114
3.7. Заполнение раздела «Назначение сечения, материала	
и конструирования»	115
3.8. Заполнение раздела «Редактор загружений»	117
3.9. Заполнение раздела «Триангулирование»	119
3.10. Заполнение раздела «Нагрузки»	121
3.11. Заполнение раздела «Расчёт»	124
<i>Практическая работа № 2</i> . РАСЧЕТ ДВУХКОНСОЛЬНОЙ	
БАЛКИ	127
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	130
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	131
РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ЭЛЕКТРОННЫЕ РЕСУРСЫ	131

#### введение

В современном мире техники профессионалы должны не просто обладать глубокими познаниями в науках, но и уметь применять их на практике для разработки технических документов и конструкций. Эффективное использование специализированного программного обеспечения для графики становится неотъемлемой частью их работы. Важно умение интерпретировать и применять научные достижения коллег, анализировать объекты в трехмерной перспективе и оформлять результаты в соответствии со стандартами технической документации. Понимание принципов работы новейших технологий продолжает оставаться критически важным для успешной профессиональной деятельности.

Программный комплекс LIRA 10.12 выступает как мощный инструмент для автоматизированного анализа и расчета строительных конструкций. Он предоставляет широкий спектр возможностей для моделирования, анализа, проектирования и проверки различных типов конструкций зданий и сооружений – от простых рам до сложных пространственных систем.

Основная цель пособия – продемонстрировать, как комплекс LIRA 10.12 может быть использован для повышения эффективности проектирования и строительства, снижения вероятности ошибок и, в конечном счете, для создания более безопасных, надежных и экономичных зданий и сооружений. Мы рассмотрим конкретные примеры и практические приемы работы в среде LIRA 10.12, подчеркивая преимущества автоматизации для каждого этапа проектирования и строительства.

Первая тема содержит задания, нацеленные на приобретение навыков по расчету деревянных конструкций в среде LIRA 10.12 в двухмерном пространстве.

Вторая и третья темы демонстрируют расчет элементов конструкций в трехмерном объеме, таких как клеефанерная панель и двухконсольная балка.

Пособие предлагает студенту посредством изучения базовых команд и инструментов: на основе своего шифра создать и рассчитать конструкции, вывести результаты в формате PNG. Данные задания охватывают широкий спектр применяемых инструментов и вариантов их построения и редактирования.

Пособие включает в себя две практические работы и контрольные вопросы. Задания могут выполняться учащимися во время аудиторной работы под руководством преподавателя, а также в процессе самостоятельной работы или в качестве домашнего задания.

# Тема 1. РАСЧЁТ ДЕРЕВЯННОЙ ПОПЕРЕЧНОЙ РАМЫ С ФЕРМОЙ ПОКРЫТИЯ

## 1.1. Создание расчётной схемы с тремя степенями свободы

Для моделирования динамического поведения конструкции необходимо разработать расчётную схему, учитывающую три степени свободы. Это позволит анализировать перемещения системы в трёх независимых направлениях (например, линейные перемещения по осям X, Y и Z или комбинация линейных и угловых перемещений). Перед началом работы необходимо запустить программный комплекс LIRA 10.12, предназначенный для расчёта и проектирования строительных конструкций.

1. Запускаем программу ПК LIRA 10.12. (рис. 1.1).

1 1 1	1	目 ち・ク・ろろろろさつ 国学	р 🔬   ПКЛИРА 10.12 ремя 2.2		4 - 0 ×
- (i) -	в	ид и выбор Редакторы и конструирование	Добавить Правка Назначение Расчет Анализ и документирование		
•	-	Увеличить В околе Атрибулы Исходный вид	No.         Construction		
- ¢	1	Товый проект			Ψ.+
E 4.			Параметры проекта		
			Vites Untitled(5)		
3 <b>X</b>		Создать новый проект			
ек активн		Недавно использовавшиеся проекты	Onscience		
Ğ					
Ŷ		Пакетный расчет	Тип создаваемой задачи		
			(1) Funderate appear (2710)     (20)		
		Вариация моделей	(a) (Indexia num spice) (Z, UX, UV)     (b) (Discuss num spice) (Z, UX, UV)		
			(4) Пространственная ферма или объемный массив (X,Y,Z)		
		0	(s) Пространственная конструкция (X,Y,Z,UX,UY,UZ)		
		Открыть / импертировать	<ul> <li>(7) Пространственная конструкция с учетом депланации стержней (X,Y,Z,UX,UY,UZ,W)</li> </ul>		
			Baaave dyser unconsoleature encomposed with the second sec		
			B share fourt increases and a 20/HAM/IKA + +		
			B Sagave 6yger использоваться система « MOCT »		
			B Bagave 6yger inconsidering currena « PUSHOVER »		
			Оприделение упруго-геометрических характеристик композитного поперечного сечения стержия (система « СЕЧЕНИЕ »)		
			□ 3aan-to pectera temperature or none (curteme = TET/NOTIPOBO_DHOCTb =)		
			□ Задача моделировании фильтрации в насищенном влагой грунте (система « ФИЛьТРАЦИЯ »)		
			Dyna C:\Users\Public\Documents\Lira Soft\Lira10.12\FEMProject		
			Cospiris		
	() - 3	· = + = + = - + = = - +		* 14	24

Рис. 1.1

2. В открывшемся диалоговом окне «Параметры проекта» найдите поле «Имя» (или «Название проекта»), в котором по умолчанию может быть указано стандартное название (например, «Безымянный» или «Имя»). Измените название проекта на «Расчёт деревянной рамы» для точного отражения сути выполняемого расчёта (рис. 1.2).

Параметры про	екта
Имя	Расчёт деревянной рамы
Описание	
	L

Рис. 1.2

3. В разделе «Тип создаваемой задачи» (или аналогичном, в зависимости от версии интерфейса) раскройте выпадающий список доступных схем. Выбираем из перечня «Тип создаваемой задачи» → «Плоская рама (X, Z, UY) (рис. 1.3).

Тип создаваемой задачи
🔾 (1) Плоская ферма или балка-стенка (X,Z)
⊙ (2) Плоская рама (Х,Ζ,UY)
🔿 (3) Плоская плита или ростверк (Z,UX,UY)
🔾 (4) Пространственная ферма или объемный массив (X,Y,Z)
🔿 (5) Пространственная конструкция (X,Y,Z,UX,UY,UZ)
(7) Пространственная конструкция с учетом депланации стержней (X,Y,Z,UX,UY,UZ,W)

Рис. 1.3

В результате выполнения указанных действий, на экране отобразиться диалоговое окно (рис. 1.4).



Рис. 1.4

4. Остальные пункты (рис. 1.5) пропускаем и нажимаем кнопку «Создать».



Рис. 1.5

5. Первый этап выполнен. В результате создания программа откроет рабочую область проекта (рис. 1.6)



Рис. 1.6

#### 1.2. Геометрическая постройка объекта

Перед созданием геометрической модели необходимо правильно настроить рабочую среду, включая параметры координатной сети.

В левом нижнем углу интерфейса программы найдите и нажмите кнопку «Сеть построения 🥕» (или аналогичную по смыслу, например, «Настройки сетки»). После нажатия откроется диалоговое окно с параметрами сетки.

В открывшемся окне найдите раздел «Ориентация осей» или «Плоскость построения».

Из доступных вариантов выберите:

1. Тип отображения: «XOZ» (это соответствует выбранной ранее плоской схеме рамы).

2. Остальные параметры (шаг сетки, привязка и др.) можно оставить по умолчанию, если они соответствуют требованиям проекта (рис. 1.7).

Квадратная	Полярная	Прямоугольная		Центр	
Шаг Количество Угол	1 10 0	M	Xo Yo Zo	0 0 0	M M M
О <u>⊭ хо</u> у ⊙	) <b>j_</b> xoz C	) <mark>                                    </mark>	П	еренести в н координа	ачало IT
/	ଐ <u></u> କ		7	* 🏼 💾	B

Рис. 1.7

Первичная настройка «Сети построения» завершена.

Процесс конструирования начинается с расстановки колонн, которые образуют основу несущего каркаса здания. Для этого в программе LIRA 10.12 используется следующий алгоритм действий:

В верхней части интерфейса расположена «Панель выбора операций», где необходимо последовательно выбрать пункты:

- «Добавить» → «Пространственная рама».

- Данная команда активирует режим создания трёхмерной расчётной модели (рис. 1.8).



Рис. 1.8

Поскольку проектируемая рама является плоской (работает только в плоскости XZ), требуется исключить влияние координат по оси Y. Для этого в открывшемся диалоговом окне «Параметры по оси Y» во всех столбцах вводится значение «0» (рис. 1.9). Это обеспечивает корректное расположение всех элементов конструкции в одной плоскости, что соответствует принятой расчётной схеме.

		Параметр	ы по оси Ү	
	#	Шаг, м	Повторов	Ν
•	1	0	0	0
۰	2			
*	2			

Рис. 1.9

После задания нулевых значений по оси Y переходим к настройке геометрических параметров рамы по оси X. В открывшемся окне «Параметры по оси X» необходимо последовательно заполнить три столбца:

1. Первый столбец — «Шаг»

Здесь указывается величина пролёта рамы, то есть расстояние между осями колонн. В рассматриваемом примере данный параметр составляет 18 метров, что соответствует заданным проектным условиям.

2. Второй столбец — «Повторов»

В данной графе задаётся количество одинаковых пролётов в расчётной схеме. Поскольку в нашем случае рама состоит из одного пролёта, выставляем значение «1».

3. Третий столбец — «N»

Этот параметр определяет, на сколько конечных элементов будет разбит ригель при автоматическом моделировании. Если разбиение не требуется (например, при ручном задании узлов или использовании упрощённой схемы), следует указать значение «0», что и сделано в данном примере (рис. 1.10).

	Параметры	по оси Х	
#	Шаг, м	Повторов	Ν
1	18	1	0
2			
	# 1 2	Параметры і # Шаг, м 1 18 2	Параметры по оси X           #         Шаг, м         Повторов           1         18         1           2

Рис. 1.10

Нажмём кнопку «Использовать фрагмент» и на координатной плоскости укажем точку пресечения координатных осей, сделав один клик мышкой.

После задания всех необходимых параметров рамы по осям X и У переходим к её непосредственному размещению в расчётной модели. Для этого:

1. Активируем функцию «Использовать фрагмент», нажав соответствующую кнопку в интерфейсе программы. Эта команда позволяет вставить ранее настроенную схему рамы в рабочую область.

2. Указываем точку привязки рамы – место, где будет расположено пересечение координатных осей (X=0, Y=0, Z=0). Для этого:

- Наводим курсор на начало координат (или другую желаемую точку привязки) в графическом поле.

- Кликаем левой кнопкой мыши один раз, фиксируя положение рамы.

В результате этих действий система автоматически разместит раму в указанной точке, сохраняя все ранее заданные параметры (пролёт, количество элементов и т. д.). Это завершает этап геометрического моделирования каркаса, после чего можно переходить к следующим шагам – заданию нагрузок, свойств материалов и другим расчётным операциям (рис.1 11).



Рис. 1.11

После завершения расстановки колонн переходим к созданию несущей фермы покрытия. Данный конструктивный элемент играет важную роль в распределении нагрузок и обеспечении пространственной жёсткости всего здания.

### Активация инструмента создания фермы

Для начала работы с фермой необходимо:

1. Обратиться к верхней части интерфейса программы, где расположена основная "Панель выбора операций".

2. В раскрывающемся меню последовательно выбрать пункты:

- "Добавить" - активирует режим ввода новых элементов

- "Ферма" - выбирает конкретный тип создаваемой конструкции (рис. 1.12)

После выполнения этих действий программа переходит в режим задания параметров фермы, где можно будет:

- Определить геометрическую схему (тип фермы)

- Задать основные размеры пролёта и высоту

- Указать количество панелей

- Выбрать способ сопряжения с основными колоннами

*Примечание:* перед созданием фермы рекомендуется убедиться, что все несущие колонны уже размещены в проекте, так как это повлияет на правильность привязки и расчёта всей конструктивной схемы.



Рис. 1.12

После выбора трапециевидной формы фермы из библиотеки шаблонов необходимо задать ее ключевые размеры:

1. Высота фермы (h) = 2,5 м

- Данный параметр определяет вертикальный размер фермы в ее опорной части

- Установленное значение 2,5 м обеспечивает необходимую жест-кость конструкции

- Соответствует стандартным соотношениям для пролета 18 м (~1/7 от пролета)

2. Расстояние до конька (L) = 9 м

- Определяет горизонтальную проекцию верхнего пояса от опоры до вершины фермы

- В симметричной ферме это ровно половина от общего пролета (18 м / 2)

- Задает точку перелома верхнего пояса трапециевидного профиля

3. Отметка конька (H) = 3 м

- Задает вертикальное положение вершины фермы относительно опорного уровня

- Разница между отметкой конька и высотой фермы (3м - 2,5м = 0,5м) определяет подъем средней части (рис. 1.13).

- Обеспечивает необходимый уклон кровельных конструкций



Рис. 1.13

Переходя к созданию панелей фермы, мы работаем с окном "Таблица панелей", где тщательно настраиваем каждый параметр. В первом столбце "Длина" устанавливаем значение 6 метров - этот размер выбран не случайно, а исходя из инженерных расчетов и оптимального распределения нагрузок для 18-метрового пролета (рис. 1.14). Такая длина панели обеспечивает идеальный баланс между прочностью конструкции и экономичностью материалов. Во втором столбце "Повторов" указываем количество 3 панели, что позволяет создать симметричную и сбалансированную конструкцию. Такое решение гарантирует равномерное распределение усилий по всей длине фермы, где центральная панель образует коньковую часть, а две боковые формируют наклонные участки верхнего пояса. Особое внимание уделяется точности ввода этих параметров, так как они являются основой для последующего автоматического расчета всех элементов конструкции.

#	Длина	Повторов
 1	6	3
2		



В специальном окне конструирования панели (рис. 1.15) мы детально прорабатываем ее внутреннюю структуру. Последовательно кликая по пунктирным линиям, мы создаем сложную решетчатую систему, полностью соответствующую техническому заданию. Каждое нажатие тщательно продумано и формирует определенный элемент: верхний и нижний пояса, стойки, раскосы. В нашем случае создается классическая треугольная решетка с дополнительными элементами жесткости, которая обеспечивает максимальную устойчивость конструкции при минимальном расходе материалов. В процессе работы постоянно контролируется геометрия каждого элемента, углы соединений и общие пропорции панели. Этот этап особенно важен, так как именно здесь закладываются основные несущие характеристики будущей фермы.



Рис. 1.15

После завершения проектирования переходим к вставке фермы в общую расчетную схему. Нажав кнопку "Использовать фрагмент", мы активируем режим размещения. Тщательно наводим курсор на оголовок колонны, используя привязки и вспомогательные линии для точного позиционирования. Одиночный клик мышью фиксирует ферму в заданном положении, после чего система автоматически создает все необходимые узловые соединения. В этот момент происходит проверка совместимости геометрических параметров фермы с уже существующими элементами конструкции (рис. 1.16). Особое внимание уделяется правильности сопряжения фермы с колоннами — это критически важный узел, от которого зависит надежность всей конструкции.



Рис. 1.16

На этом этапе построение фермы завершено. Проводится автоматическая проверка на отсутствие геометрических конфликтов и соответствие всех параметров исходным данным. Ферма приобретает окончательный вид, со всеми элементами и соединениями, готовыми к последующему анализу. Визуально оценивается правильность геометрии, особенно в местах критических соединений. На этом этапе еще можно внести коррективы, если будут выявлены какие-либо несоответствия. После окончательной проверки ферма готова к назначению материалов, нагрузок и дальнейшим инженерным расчетам, что станет следующим шагом в процессе проектирования.

**Примечание:** после создания фермы, конечный её вид можно изменять, проведя данную операцию: «Вид и выбор»  $\rightarrow$  «Выбрать объекты»  $\rightarrow$  Выбираем элементы, которые нам следует удалить, дальше нажимаем кнопку «Удалить выделенное», которая находится в окне «Вид и выбор» (рис. 1.17).



Рис.1.17

#### 1.3. Задание граничных условий конструкции

Для выполнения операции выбора узлов у основания колонны необходимо воспользоваться инструментами, расположенными в верхней части интерфейса программы. В «Панели выбора операций» следует последовательно выбрать следующие пункты:

1. «Вид и выбор» – данный раздел содержит инструменты, связанные с визуализацией и выделением объектов в модели.

2. «Выбрать объекты» – активирует режим ручного выделения элементов.

После включения этого режима необходимо выделить узлы, расположенные в нижней части колонны. Для корректного выбора рекомендуется использовать способ выделения слева направо – это гарантирует, что все необходимые узлы будут захвачены в выделенную область, которая отобразится лиловым цветом. Такой подход позволяет избежать случайного пропуска критических точек и обеспечивает точность дальнейших операций с выбранными элементами.

Важно помнить, что при выделении справа налево программа может интерпретировать выбор иначе, поэтому соблюдение указанного направления является предпочтительным. После завершения операции выбранные узлы остаются активными для последующих действий, таких как назначение нагрузок, закреплений или других параметров моделирования (рис. 1.18).



Рис. 1.18

После завершения выделения узлов у основания колонны с помощью инструмента «Выбрать объекты» необходимо зафиксировать выбранные элементы. Для этого следует отпустить левую кнопку мыши, что приведет к автоматическому снятию временной области выделения (отображавшейся лиловым цветом). Однако узлы, расположенные в зоне опирания колонны на фундамент, должны остаться выделенными – теперь они будут обозначены красным цветом, что свидетельствует об их активном состоянии.

Данное визуальное изменение (переход от лилового к красному) подтверждает, что выбранные узлы успешно зафиксированы в памяти программы и готовы к дальнейшим операциям, таким как:

1. Назначение граничных условий (закреплений);

2. Приложение нагрузок;

3. Задание жесткостей или других параметров модели.

Если узлы не сохранили выделение (не отображаются красным), рекомендуется повторить процедуру, убедившись, что:

1. Выделение выполнено строго слева направо (для корректного захвата узлов).

2. Временная область выделения (лиловая) полностью охватила необходимые точки (рис. 1.19).



Рис. 1.19

После успешного выделения узлов в зоне сопряжения колонны с фундаментом (подтвержденного их подсветкой красным цветом) необходимо перейти к назначению граничных условий, а именно – установке жестких связей, моделирующих абсолютно жесткое защемление конструкции.

Для этого в верхней части интерфейса программы следует активировать «Панель выбора операций», где последовательно выбираются следующие пункты:

1. «Назначить» – раздел, содержащий инструменты для определения свойств и параметров выделенных элементов.

2. «Связи» – подменю, отвечающее за задание кинематических ограничений (закреплений) в узлах модели.

После выбора данного пункта откроется диалоговое окно «Назначение связей», в котором пользователь может определить характер закрепления выделенных узлов. Поскольку в нашем случае требуется смоделировать абсолютно жесткую заделку колонны в фундаменте, необходимо запретить все возможные степени свободы:

1. Линейные перемещения (по осям X, Y, Z) – предотвращает сдвиг узла в любом направлении.

2. Угловые повороты (вокруг осей X, Y, Z) – исключает возможность вращения узла.

Для удобства в интерфейсе окна предусмотрена кнопка «Все», одновременное нажатие которой автоматически активирует все перечисленные ограничения. Это исключает риск пропуска какой-либо степени свободы и гарантирует корректное задание жесткого защемления (рис. 1.20).

Направление связи	Bce
<ul> <li>перемещение вдоль X</li> </ul>	
П перемещение вдоль Ү	
перемещение вдоль Z	
Поворот относительно Х	
<ul> <li>поворот относительно Y</li> </ul>	
поворот относительно Z	
🗌 депланация W	
🗆 температура Т	
🗌 фильтрация F	
Назначенные закрепления	
¢	>
Индикация назначения	
Закрепить	
Освободить	
	Применить

Рис. 1.20

Количество степеней свободы в диалоговом окне «Назначение связей» следует подтвердить выполненные действия, нажав кнопку «Применить». Это фиксирует заданные параметры связей в выбранных узлах и переводит систему в режим ожидания следующих операций. Внизу колонн должно появиться обозначение жёсткого закрепления узла (рис 1.21).



Рис. 1.21

#### Создание «шарнирных закреплений» у оголовка колонны

Для создания шарнирных закреплений в верхней части колонн необходимо предварительно выделить соответствующие конструктивные элементы. В верхней «Панели выбора операций» последовательно выбираем:

1. «Вид и выбор» – раздел, содержащий инструменты для работы с графическим отображением модели;

2. «Выбрать объекты» – активирует режим ручного выделения элементов.

При выделении колонн важно использовать метод выделения справа налево, при котором границы выделяемой области отображаются зелёным цветом. Данный способ гарантирует, что будут выбраны полностью все стержневые элементы колонн, а не отдельные их фрагменты (рис. 1.22).



Рис. 1.22

После завершения обводки колонн курсором (с зажатой левой кнопкой мыши) необходимо отпустить клавишу, что приведёт к:

1. Снятию временной зелёной области выделения;

2. Фиксации выбранных стержней колонн, которые теперь отображаются красным цветом, подтверждая их активное состояние для дальнейших операций.

Если выделение не сохранилось, следует повторить процедуру, убедившись, что:

1. Курсор охватил все необходимые элементы;

2. Не активированы фильтры, ограничивающие выбор стержней (рис. 1.23).



Рис. 1.23

С выделенными колоннами выполняем следующие действия:

1. В «Панели выбора операций» переходим:

«Назначить» → «Шарниры» – открывает диалоговое окно для задания шарнирных соединений.

2. В открывшемся окне устанавливаем ограничение:

Запрещаем «Поворот относительно оси Y» – это создаст шарнирное закрепление, допускающее вращение только в определённых плоскостях (рис. 1.24).

Перемещение по Ү	
поворот относительно UY	
поворот относительно UZ	
🗌 Депланация W	
Индикация назначения	
	Назначить
	Освободить

Рис. 1.24

После применения настроек программа по умолчанию устанавливает шарниры на обоих концах колонн (у основания и оголовка). Однако по условиям задачи шарнирное соединение требуется только в верхней части (оголовке) (рис.1.25).



Рис. 1.25

Для исправления этого необходимо:

1. В окне «Шарниры» найти раздел «Политика назначения»;

2. Выбрать опцию «Примыкания ко 2-му узлу выделенных элементов» – это означает, что шарниры будут назначены только на концевые узлы, соответствующие оголовкам колонн (рис. 1.26).



Рис. 1.26

После выбора нужной политики нажимаем кнопку «Назначить». Система обновит граничные условия, оставив шарниры только в верхних узлах колонн (рис. 1.27).

	правление шарнира Все Перемещение по Х Перемещение по Y Перемещение по Z поворот относительно UX поворот относительно UX поворот относительно UZ Депланация W
	Индикация назначения
	Назначить
	Освободить
×	Параметры назначения
\$	Политика назначения
Об	озбатывать шарниры в местах:
	рабатываты шарпиры в местах.
0	примыкания к 1-му узлу выделенных элементов
0	примыкания к 1-му узлу выделенных элементов примыкания ко 2-му узлу выделенных элементов
0 0	примыкания к 1-му узлу выделенных элементов примыкания ко 2-му узлу выделенных элементов примыкания к обоим узлам выделенных элементов
0 () () ()	примыкания к 1-му узлу выделенных элементов примыкания ко 2-му узлу выделенных элементов примыкания к обоим узлам выделенных элементов примыкания к выделенным узлам выделенных элементов
<ul> <li>При ука</li> </ul>	примыкания к 1-му узлу выделенных элементов примыкания ко 2-му узлу выделенных элементов примыкания к обоим узлам выделенных элементов примыкания к выделенным узлам выделенных элементов наличии уже назначенного шарнира по занному направлению:
<ul> <li>При ука</li> </ul>	примыкания к 1-му узлу выделенных элементов примыкания ко 2-му узлу выделенных элементов примыкания к обоим узлам выделенных элементов примыкания к выделенным узлам выделенных элементов и наличии уже назначенного шарнира по заменять существующий тип шарнира шарниром назначения

Рис. 1.27

На этом назначение граничных условий завершено. Результат можно проверить:

1. Визуально (шарниры отображаются специальными значками, например, кружками или точками у оголовков);

2. Через свойства элементов (двойной клик на узле для проверки степеней свободы).

Данные настройки обеспечивают корректную работу расчётной модели, где:

1. Основание колонны – жёстко защемлено;

2. Оголовок – имеет шарнирное соединение, допускающее вращение.

Это соответствует распространённым схемам сопряжения колонн с балками или фермами в строительных конструкциях.

# 1.4. Упаковка элементов конструкций

Для выполнения очистки модели от неиспользуемых элементов необходимо:

1. В верхней части интерфейса программы находим основную "Панель выбора операций"

2. Раскрываем последовательно меню:

- Выбираем раздел "Правка", содержащий инструменты для модификации модели

- В выпадающем списке активируем команду "Упаковать/Расшить", которая открывает диалоговое окно для выполнения служебных операций с моделью.

В открывшемся окне "Дополнительные операции" необходимо:

1. Найти и отметить галочкой опцию "Удалить 'Висячие узлы"

2. Убедиться, что другие параметры упаковки не активированы (если не требуется выполнять дополнительные операции) (рис. 1.28).

Дополнительные операции

Удалить 'Висячие' узлы

Удалять неиспользуемые материалы

Удалять неиспользуемые сечения

Удалять неиспользуемые параметры конструирования

Рис. 1.28

Для завершения процедуры:

1. Нажимаем кнопку "Упаковать/Расшить" для применения выбранных параметров

2. Дожидаемся завершения операции (в некоторых случаях может появиться информационное сообщение о количестве удаленных узлов)

3. Проверяем модель визуально на предмет неожиданных изменений геометрии

# 1.5. Заполнение раздела «Конструирование»

В верхней «Панели выбора операций» выбираем  $\rightarrow$  «Редактор и конструирование»  $\rightarrow$  «Редактор и конструирования». Последний в операции раздел обозначается знаком « 78%».

В нашем примере мы рассчитываем ферму ЦНИИСК, состоящую из двух видов материалов: древесины и металла. Металл применяется при конструировании нижнего пояса фермы (спаренный уголок), а все остальные виды конструкций фермы выполнены из древесины, 1 сорт.

Поэтому задаваясь «Конструированием», мы будем назначать для различных видов конструкций металл и древесина.

Теперь у нас в верхней панели появилась дополнительная вкладка «Конструирование», и мы можем переключаться между ней и «Главным видом» (рис. 1.29).



Рис. 1.29

Назначим строительные конструкции. Выбираем окно «Стальные конструкции» → «Топология уголков» (рис. 1.30-1.31).



Рис. 1.30

43 <b>4</b> 3 🐝				Топология уголков				
Цвет Описание	По умолчанию	Нормы СП 16.13330.2017		•				
. Топология угол		Имя Топология уголков		Описание				
			Πα	рвое предельное состояние				
		Коэффициент надежности по ответственности:	yn 1					
		Про-	ность		Устойчивость			
		Коэффициент условий работы:	γc 1	Коэффициент условий работы:		γc 1		
		Выбр	ать үс		Выбрать ус			
		Наличие ослаблений в стенке при проверке по кас	ательным напряжениям	Расчетная длина относительно V1				
				• Коэффициент приведения длины:		gy 1		
		Диаметр отверстий:	d м	Расчетная длина:	L	fy 1	м	
				Определение рас	іетной длины колонн от	носительно У1		
		Количество отверстий:	n	Радиус инерции		imin		
				Расчетная длина относительно Z1				
				• Коэффициент приведения длины:		μ <b>z</b> 1		
				Расчетная длина:		efz 1	м	
				D		imin		
				Радиус инерции		imin		
			Дополнительный и	оэффициент условий работы при сейсмике				
		Коэффициент, учитывающий увеличение механическ	их свойств стали при крактовременном сейс	мическом воздействии		mtr		
		<ul> <li>при расчётах прочности (по нормальным, касателы</li> </ul>	ным, приведенным напряжениям)			1.3		
		<ul> <li>при расчётах устойчивости (скато-изорнитых элеме</li> </ul>	ษากร กด หระหก็คดห้ พระหก็คด-หลงามสะคดห้ ตัดส	ие и на сояместное лействие скатия и изпиба в лям	λ≤20	1.2		
		плоскостях)		,	20<λ<100	1.25	- 0.0025	
		- สาย สรายสาร เกาะจับเสอการ เราเด็จสมเปร จากมอบาล ก	าก สารกรรณ์ ส่วยเหตุ และหนึ่ง		λ≥100			
		при расчетах устоичивости изгиовелех знементов т	то толоской форме изгида					
			Вт	орое предельное состояние				l
		Коэффициент надежности по ответственности:	ye 1					

Рис. 1.31

В окне «Описание» прописываем вид элемента, к которому в дальнейшем будет применён данный материал. В нашем примере, это нижний пояс (рис. 1.32).

Нормы	СП 16.13330.2017	•	
Имя	Топология уголков	Описание	Нискний пояс

Рис. 1.32

После этого нажимаем на свободное место в перечне материалов и в окне «Описание» появится наша информация (рис. 1.33).

Имя	Цвет	Описание	По умолчанию
- 1. Топология угол		Нижний пояс	



Выполняем операцию для деревянных конструкций. Выбираем окно «Деревянные конструкции» — «Сплошной стержень» (рис. 1.34).



Рис. 1.34

В окне «Первое предельное состояние» есть три коэффициента, определяемые из СП 64.13330.2017 «СНиП II – 25 – 80 Деревянные конструкции» (рис. 1.35).

Коэффициент надежности по материалу	$\gamma_m$	1.1	?
Произведение коэффициентов условий работы	$\Pi_{m_i}$	0.9	?
Коэффициент длительной прочности	$m_{dl}$	0.66	?

Рис. 1.35

Напротив каждого коэффициента находится знак вопроса – это «Контекстная справка», при нажатии на него открывается соответствующая таблица из СП 64.13330.2017, где подробно рассказывается и показывается расчёт нужного коэффициента.

Для примера был выбран «Теннисный корт».

1. Коэффициент надёжности по материалу – принимаю 1,1.

2. Произведение коэффициентов условий работы – получаю путём перемножения всех коэффициентов условия работы (п. 6.9 СП 64.13330) - принимаю 0,9.

3. Коэффициент длительной прочности – принимаю 0,66 для типа режима нагружения Г.

В окне выбора типа нагружения, мы предполагаем, что наши элементы конструкции будут работать по третьей схеме нагружения, где моменты возникают не только в пролёте, но и на опорах. В нашем примере выбираем третью форму эпюры моментов (рис. 1.36).

TN 1		Тип закрепления	
Σ	•	Закрепление только по концам участка	~

Рис. 1.36

В правой части окна «Первое предельное состояние» → в окне «Расчётная длина Y1», выставим «Коэффициент приведения длины», так как у нас нагрузка равномерно распределена по всей длине элемента, то мы принимаем коэффициент равный 0,73 (рис. 1.37).

Расчетная длина относительно Y1			?
<ul> <li>Коэффициент приведения длины:</li> </ul>	μу	0.73	
○ Расчетная длина:	Lefy	1	М

Рис. 1.37

**Примечание:** Коэффициенты приведения длины можно посмотреть, нажав на кнопку «Контекстная справка» - « ?? ».

В окне «Расчётная длина Z1» длина элемента определяется геометрически, следуя алгоритму: «Главный вид» — «Анализ и документирование» — «Размерные линии». В дальнейшем данная длина элемента умножается на «Коэффициент приведения длины» определяемый ранее.

В нашем примере длина элемента равняется 3 метра, умножив на 0,73 мы получили 2,19 метра (рис. 1.38)

Расчетная длина относительно Z1			
О Коэффициент приведения длины:	μz	1	
<ul> <li>Расчетная длина:</li> </ul>	Lefz	2.19	м

Рис.1.38

В окне «Расчётная длина для проверки на изгиб» → «Расчётная длина» вписываем общую длину элемента конструкции <u>без умножения</u> на «Коэффициент приведения длины» (рис. 1.39)

Расчетная длина для проверки устойчивости на изгиб			?
<ul> <li>Коэффициент приведения длины:</li> </ul>	μ	1	
• Расчетная длина:	Lef	3	м

#### Рис. 1.39

В окне «Второе предельное состояние» нажимаем на галочку «Проверка по гибкости», нажав на «Контекстную справку» мы увидим какую предельную гибкость следует присвоить различным элементам конструкции.

Проверка по гиокости		N≏	Наименование элементов конструкций	Предельная гибкость
Сжатие	120	1	Сжатые пояса, опорные раскосы и опорные стойки ферм, колонны	120
Растяжение 200		2	Прочие сжатые элементы ферм и других сквозных конструкций	150
		3	Сжатые элементы связей	200
Изгиб	175	4	Растянутые пояса ферм в вертикальной плоскости	150
🗆 Проверка по деформациям		5	Прочие растянутые элементы ферм и других сквозных конструкций. Для опор воздушных линий электропередачи	200
Прогибы относительно локальной оси Z1(в плоскости X10Z1):		6	Основные элементы (стойки, приставки, опорные раскосы)	150
Длина пролета		7	Прочие элементы	175
💮 Автоматически (для корректной работы данной функции необходимо задать раскрепл	тения	8	Связи	200
Конструктивных элементов в рассматриваемом направлении)				

#### Рис. 1.40

В нашем примере для расчёта сжатого пояса, мы выбираем гиб-кость равную 120 (рис.1.41).



Рис. 1.41

После того как будут выполнены все вышеизложенные пункты, повторяем их для всех элементов нашей конструкции, чтобы у нас получился набор параметров конструирования для каждого элемента рамы (раскосы, стойки, верхний пояс, колонны) (рис. 1.42).

Имя	Цвет	Описание	По умолчанию
- 1. Топология угол		Нижний пояс	
🮯 2. Стержень спло		Верхний пояс	
🮯 3. Стержень спло		Расскосы 1	
🮯 4. Стержень спло		Стойки 1	
🮯 5. Стержень спло		Стойки 2	
🞯 6. Стержень спло		Расскосы 2	

Рис. 1.42

#### 1.6. Заполнение раздела «Редактор материалов»

В верхней «Панели выбора операций» выбираем  $\rightarrow$  «Редактор и конструирование»  $\rightarrow$  «Редактор материалов». Последний в операции раздел обозначается знаком « Э ».

После активации редактора материалов в интерфейсе программы произошли существенные изменения – в верхней навигационной панели появилась новая функциональная вкладка «Материалы», существенно расширяющая возможности работы с расчетной моделью.

Данное изменение интерфейса позволяет пользователю гибко переключаться между двумя основными режимами работы: «Материалы» и «Главный вид» (рис. 1.43).

Главный вид Конструирование Материалы	
💞 Линейный материал 🔹 🚏 Нелинейный материал 📲 🖉 Специальный материал	- 🍵 Материал из базы данных 📲 🔣 Редактор базы данных 📑 Импорт материалов

Рис. 1.43

В окне «Материалы» необходимо выполнить последовательность действий: сначала выбрать пункт «Материалы из базы данных», затем перейти в раздел «Дерево из базы данных» и указать соответствующий нормативный документ — «СП 64.13330.2017». После этого откроется новое окно, в котором пользователь сможет настроить параметры материала.

В появившемся интерфейсе доступны два ключевых поля для выбора: «Порода древесины» и «Сорт древесины». В первом окне можно задать тип древесного материала (например, сосна, ель, дуб и т. д.), а во втором — определить его качественные характеристики в соответствии с требованиями выбранного стандарта. Это позволяет точно настроить свойства материала для дальнейших расчетов или проектирования (рис. 1.44).

Материал из базы данных : Дерево из базы ,	данных : Дерево БД (Sort1)							
Имя Опи Дерево БД (Sort1) СП	Описание lepeso БД (Sort1) СП 64.13330.2017							
Объемный вес 0.649967114152131 тс/	Объемный вес 0.649967114152131 тс/м^3 Коэффициент демпфир. α= 0 1/с β= 0 с							
Порода древесины Л	Пиственница			~				
Сорт древесины С	Сорт 1			~				
Наиме	енование свойств	Обозначение свойств	Значение свойств	Единицы измерения				
Тип деревянного сечения		Тип сечения						
Изгиб вдоль волокон		$R_u^A$	2569.7 / 2753.2 / 2936.8 / 0	тс/м^2				
Сжатие вдоль волокон		$R_c^A$	2569.7 / 2753.2 / 2936.8 / 0	тс/м^2				
Растяже	ение вдоль волокон	$R_p^A$	1835.5	тс/м^2				
Скалыва	ание вдоль волокон	$R^A_{ck}$	275.32	тс/м^2				
Средний моду	уль упругости при изгибе	$E_{0,cp}$	1.346E+06	тс/м^2				
Нормативный мо	одуль упругости при изгибе	$E_{0,n}$	9.0551E+05	тс/м^2				
Среднее значение модуля сдвига		$G_{cp}$	84433	тс/м^2				
Козффициент Пуассона		ν	0.02					
Козффициент температурного расширения		α	5E-06					
Коэффицие	ент теплопроводности	K	0.2	Вт/(м*°С)				
Удельн	ная теплоемкость	С	2.6E+06	кДж/(т*'C)				

#### Рис. 1.44

В нашем примере материал конструкции - лиственница высшего качества.

В нижней части таблицы расположено окно с параметром «Коэффициент корректировки модулей», который по умолчанию имеет значение 1. Однако в большинстве расчетов, связанных с древесиной, это значение требует уточнения, так как не учитывает реальные условия эксплуатации материала. Для его корректного определения необходимо перемножить два ключевых коэффициента: «Коэффициент условия работы» и «Коэффициент длительной прочности» (п. 1.5).

В нашем случае произведение этих коэффициентов составляет 0,594, что отражает совокупное влияние условий работы и длительного нагружения на жесткость древесины. Это значение более точно характеризует поведение материала в реальных условиях, чем стандартная единица. Поэтому в окне «Коэффициент корректировки модулей» следует заменить исходное значение 1 на полученный результат – 0,594.

Данная корректировка позволяет привести расчетные параметры в соответствие с фактическими эксплуатационными характеристиками древесины, что особенно важно при проектировании несущих конструкций. Учет этих коэффициентов обеспечивает более надежные и достоверные результаты, минимизируя риск завышения жесткости материала в инженерных расчетах (рис. 1.45).

Для матрицы жесткости использовать:	Средний модуль упругости	v	Коэффициент корректировки модулей:	0.594
Уточненное отображение				

Рис. 1.45

Для выбора металлических материалов в расчетной программе используется аналогичный алгоритм, что и для древесины, но с соответствующими нормативными документами и параметрами. В окне «Материалы» необходимо последовательно выбрать пункты: «Материалы из базы данных» — «Стальной прокат из базы данных» — «СП 16.13330.2017». После этого откроется диалоговое окно, в котором пользователь может задать характеристики металла в соответствии с требованиями актуального свода правил по проектированию стальных конструкций.

В появившемся интерфейсе основным параметром для настройки является «Класс стали», который определяет механические свойства материала, включая предел текучести, временное сопротивление и другие ключевые показатели. В базе данных представлены распространенные марки стали, такие как C235, C245, C255 и другие, соответствующие ГОСТ и СП. Выбор конкретного класса зависит от расчетных нагрузок, условий эксплуатации и требований проекта к несущей способности конструкции.

После указания класса стали программа автоматически подставит все необходимые физико-механические характеристики материала в расчетную модель. Это позволяет обеспечить корректность дальнейших вычислений, так как свойства металла напрямую влияют на жесткость, устойчивость и общее поведение конструкции под нагрузкой. Такой подход минимизирует вероятность ошибок и гарантирует соответствие проектных решений действующим нормативным требованиям (рис. 1.46). В нашем примере мы будем использовать сталь C245.



Рис. 1.46

## 1.7. Заполнение раздела «Редактор сечений/жесткостей»

В верхней части интерфейса программы расположена «Панель выбора операций», с помощью которой осуществляется навигация по основным функциональным разделам. Для перехода в режим работы с сечениями элементов необходимо последовательно выбрать пункты: «Редактор и конструирование» — «Редактор сечений/жесткостей". По-следний в операции раздел обозначается знаком « )».

Теперь в верхней панели управления интерфейсом программы появилась новая функциональная вкладка «Сечения», которая становится активной после перехода в режим редактора сечений. Эта вкладка позволяет оперативно переключаться между работой с параметрами поперечных сечений элементов конструкции и основным «Главным видом» проекта, обеспечивая удобную навигацию и быстрый доступ к разным инструментам моделирования без необходимости закрывать текущие окна или прерывать процесс редактирования (рис. 1.47).



Рис. 1.47

В открывшемся окне «Сечения» необходимо последовательно перейти в раздел «Деревянные», где представлен полный перечень доступных типов деревянных конструктивных элементов, после чего выбрать конкретный профиль «Брус деревянный», который будет использоваться в проектируемой конструкции (рис. 1.48).



Рис. 1.48

В окне «Описание» необходимо указать тип конструктивного элемента, для которого будет использоваться создаваемое сечение – это позволяет систематизировать проектную документацию и обеспечить четкое соответствие между расчетными параметрами и реальными элементами конструкции. В нашем конкретном случае следует ввести наименование «Верхний пояс», что однозначно идентифицирует данное сечение как часть несущего каркаса, воспринимающего определенные виды нагрузок; такая детализация особенно важна при работе со сложными деревянными системами, где разные элементы (пояса, раскосы, стойки) могут иметь различные сечения в зависимости от их функционального назначения и действующих усилий (рис. 1.49).

Описание		
Верхний пояс		

Рис. 1.49

При определении геометрических параметров сечения балки необходимо задать размеры В (ширина) и Н (высота) в соответствии с функциональным назначением элемента в конструкции и действующими нагрузками. В рассматриваемом примере для обеспечения необходимой несущей способности принимаем следующие размеры из табл. 1.

		Таблица 1
Ν π/π	Вид конструкции	Сечение $B \times H$ , см.
1	Колонна	$20 \times 60$
2	Верхний пояс	$20 \times 25$
3	Раскосы 1	$15 \times 15$
4	Раскосы 2	$20 \times 20$
5	Стойки	10 × 10

*Примечание:* сечения назначены минимальные из условия конструирования.

В окне «Сечения» необходимо последовательно выбрать категорию «Стальные», где представлены все доступные типы металлических профилей, а затем перейти в подраздел «Спаренные сечения», предназначенный для создания комбинированных стальных элементов, состоящих из нескольких профилей, работающих как единая конструкция. После выбора данного пункта на экране появится специализированное поле редактирования «Спаренные сечения», предоставляющее широкий набор инструментов для конфигурации составных элементов: здесь можно задавать тип базового профиля (швеллер, уголок, двутавр), указывать способ их соединения (через прокладки, с помощью планок или непосредственное примыкание), регулировать расстояние между отдельными составляющими, а также определять характер их совместной работы (с учетом или без учета податливости связей), что особенно важно при проектировании ответственных металлических конструкций, требующих повышенной несущей способности и устойчивости (рис. 1.50).



Рис. 1.50

В окне «Описание» необходимо четко и подробно указать назначение создаваемого сечения, что в дальнейшем позволит однозначно идентифицировать его применение в проекте. В нашем случае следует указать «Нижний пояс», так как данное сечение будет использоваться именно для элементов нижнего пояса фермы или рамы, которые, в отличие от верхнего пояса, работают преимущественно на растяжение и могут иметь особые требования к соединениям и материалу (рис. 1.51).

Описание		
Нижний пояс		

Рис. 1.51

При настройке параметров металлического сечения необходимо активировать «Редактор типа сечения», нажав на соответствующее окно в интерфейсе программы, после чего из выпадающего списка доступных профилей следует выбрать второй тип – «Неравнополочный уголок» (рис. 1.52).



Рис. 1.52

В информационном окне изменится тип сечения на «Неравнополочный уголок». Остальное всё оставляем без изменения (рис. 1.53).

Стальные сечения стержней : : 2	2 х Уголок прок. 25 х 16 х 3				
Имя	Описание				
🗹 2 х Уголок прок. 25 х 16 х 3	Нижний пояс				
		•	Базовый профиль		
			Сортамент	ГОСТ 8510 - 72 Уголки стальные горячекатаные неравнополочные	•
			Профиль	25 x 16 x 3	•
			dy	2*уо	•
			dz		•
				уо= 0.42 см zo= 0.8595 см	

Рис. 1.53

Заполнение раздела «Редактор сечений/жесткостей» - завершено.
## 1.8. Заполнение раздела «Назначение сечения, материала и конструирования»

Для выполнения операций назначения параметров элемента конструкции необходимо воспользоваться инструментами верхней «Панели выбора операций». Здесь следует последовательно выбрать пункты: «Вид и выбор» — «Выбрать объекты», что активирует режим выделения элементов в графическом поле программы. Особое внимание следует уделить способу выделения — проводя курсором справа налево, мы создаем область выделения, которая отображается зеленым цветом. Этот метод обеспечивает включение в выборку всех элементов, полностью попадающих в зону действия рамки, что особенно важно при работе со сложными конструктивными системами, где требуется точность выбора. В нашем примере назначим сечения, материал и конструирование для колонны (рис. 1.54).



Рис. 1.54

В верхней «Панели выбора операций» выбираем  $\rightarrow$  «Назначение»  $\rightarrow$  «Назначить сечение, материал, конструирование». Последний в операции раздел обозначается знаком «  $\mathfrak{V}$ ».

В открывшемся диалоговом окне «Параметры назначения», которое появляется после выделения целевого элемента конструкции, необходимо выполнить ключевую операцию - выбрать пункт «Использовать всё». Этот параметр позволяет применить все ранее заданные характеристики к выделенному элементу конструкции комплексно, гарантируя полное соответствие между проектными требованиями и смоделированным объектом. Выбор данной опции особенно важен при групповом назначении свойств нескольким однотипным элементам, так как обеспечивает единообразие конструктивного решения и исключает возможность случайного пропуска отдельных параметров, что критически значимо для обеспечения надежности и безопасности строительной конструкции в целом. При этом система автоматически проверяет совместимость назначенных характеристик с выбранным типом элемента, предупреждая пользователя о потенциальных ошибках или несоответствиях нормативным требованиям (рис. 1.55).

Параметры назначения
• Использовать всё
О Использовать сечение и материал
О Использовать сечение
О Использовать материал
О Использовать конструирование

Рис. 1.55

В окне «Доступные сечения» выбираем «Брус деревянный (20 × 60), «Колонна» (рис. 1.56).



Рис. 1.56

В окне «Доступные материалы» выбираем «Дерево БД (Sort1). «СП 64.13330.2017» (рис. 1.57).

Дост	упные материалы	
±₩₩ ₩→	1. Дерево БД (Sort1). 'СП 64.13330. 🝷	
+78 U→	1. Дерево БД (Sort1). 'СП 64.13330.2017	7"

Рис. 1.57

В окне «Доступные конструирование» выбираем «Стержень сплошной. «Стойки 1» (рис. 1.58).



Рис. 1.58

После проделанных операций нажимаем кнопку «Назначить». Выделение конструктивного элемента (красным цветом) должно сняться (рис. 1.59).

Параметры назначения
• Использовать всё
О Использовать сечение и материал
Использовать сечение
О Использовать материал
О Использовать конструирование
Доступные сечения
1. Брус деревянный (20х60). 'Колон •
Доступные материалы
📜 1. Дерево БД (Sort1). 'СП 64.13330. 👻
Доступное конструирование
🥳 4. Стержень сплошной. 'Стойки 1' 💌
Политика назначения
При несоответствии назначаемого
<ul> <li>элементу сечения уже назначенному</li> </ul>
материалу оставлять материал
При несоответствии назначаемого
<ul> <li>элементу сечения уже назначенному материалу оставлять сечение</li> </ul>
Попитика для переменных сечений
При назначении учитывать изменение координат
● X ○ Y ○ Z
Инвертно
Индикация непригодных для назначения элементов
Назначить ⇒≫
Выбрать 浴

Рис. 1.59

Далее произведём назначение сечения, материала, конструирования для каждого конструкционного элемента. Для выделения нужных элементов воспользуемся памяткой, изложенной в табл. 2.

		Таблица 2
N п/п	Вид конструкции	Выделение
1	Колонна	



Заполнение раздела «Назначение сечения, материала и конструирования» - завершен.

## 1.9. Заполнение раздела «Редактор загружений»

В верхней «Панели выбора операций» выбираем  $\rightarrow$  «Редактор и конструирование»  $\rightarrow$  «Редактор загружений». Последний в операции раздел обозначается знаком «  $\bowtie$ ».

Теперь в верхней панели интерфейса появилась новая функциональная вкладка «Загружения», которая позволяет пользователю гибко управлять параметрами нагрузок, комбинациями воздействий и другими расчётными данными, не переключаясь между отдельными окнами. Это значительно упрощает процесс моделирования, так как теперь можно мгновенно переходить между основным «Главным видом», содержащим геометрическую модель, и вкладкой «Загружения», где задаются все необходимые силовые факторы, что обеспечивает более наглядное и эффективное взаимодействие с программой на всех этапах проектирования (рис. 1.60).



Рис. 1.60

В открывшемся окне «Загружения» необходимо выполнить операцию добавления нового нагрузочного режима, для чего в выпадающем меню выбираем пункт «Добавить загружение», а затем указываем тип создаваемого воздействия – «Статическое загружение». Данная процедура позволяет задать постоянные или временные нагрузки, действующие на конструкцию в стационарных условиях, включая собственный вес, эксплуатационные усилия, снеговые, ветровые и другие виды статических воздействий, которые будут учитываться при последующем расчёте на прочность и устойчивость (рис. 1.61).



#### Рис. 1.61

В соответствующем поле «Имя» необходимо ввести описательное название создаваемого загружения, которое должно однозначно характеризовать природу и состав действующих нагрузок для обеспечения наглядности и удобства дальнейшей работы с расчётной моделью. В рамках рассматриваемого примера последовательно создаём два независимых загружения: первое обозначаем как «Снеговая нагрузка + вес покрытия», что подразумевает совокупное воздействие атмосферных осадков и веса кровельных материалов, а второе указываем под наименованием «Собственный вес конструкции», отражающим гравитационную нагрузку от массы всех несущих элементов системы. Такая детализация позволяет в последующем чётко идентифицировать каждое воздействие при анализе результатов, формировании комбинаций нагрузок и подготовке отчётной документации, минимизируя вероятность ошибочной интерпретации данных (рис. 1.62).

43	₩∃	<b>4</b> 3	X	đ	Статика : Стат	ическое загружение ( Снеговая нагрузка + вес покрытия )
F	Библиоте ⊽Щ <mark>1. С</mark> ⊽Щ 2. С	– ка загрул неговая осбстве	кений нагруз нный в	— жа + вес покрытия зес конструкции	Имя Описание	Снеговая нагрузка + вес покрытия

Рис. 1.62

При работе с нормативными требованиями в разделе «РСУ/РСН (не использовать)» необходимо осуществить выбор соответствующего свода правил, регламентирующего расчётные параметры и методики проектирования. В данном случае следует выбираем строку: «Российская Федерация: СП 20.13330.2016» (рис. 1.63).



Рис. 1.63

В окне «Вид загружения» выбираем «Постоянное» (рис. 1.64).

Вид загружения		Постоянное	-
		Постоянное	
		Длительное	
	1	Кратковременное Крановое вертикальное	
		Особое	
	1.1	Мгновенное	
		Неактивное	_
	1		

Рис. 1.64

При работе с параметрами нагрузок в окне «Коэффициент приведения» необходимо определить, в каких величинах будут задаваться наши загружения – «Расчётных» или «Нормативных», что принципиально влияет на методику дальнейших вычислений. Расчётные нагрузки учитывают коэффициенты надёжности по нагрузке, обеспечивая необходимый запас прочности конструкции, тогда как нормативные нагрузки отражают характерные эксплуатационные значения без дополнительных повышающих коэффициентов (рис. 1.65).

Коэффициент приведения	
К нормативным нагрузкам	1
К расчетным нагрузкам	1
Доля длительности	1

Рис. 1.65

В окне «Добавить сочетание» выбираем «Пользовательское сочетание» (рис. 1.66).



Рис. 1.66

В появившемся окне «Редактор пользовательского сочетания» с правой стороны изменяем значения «Поправочного коэффициента» с «0» на «1». Остальное всё оставляем без изменения (рис. 1.67).

РСН: Пользо	вательское сочетание					
Имя	Пользовательское сочетание					
Описание						
		Оценка начальн	юй п	отери устойчивости		
Анализ устойчивости Не выполнять		•	Количество форм потери устойчивости		\$	
Показат	ь только загружения с ненулевыми коэффициентами					
*	Имя загружения					Коэффициент
1 JU	1. Снеговая нагрузка + вес покрытия					
2 🛄	2. Сосбственный вес конструкции					1

Рис. 1.67

Заполнение раздела «Редактор загружений» - завершено

## 1.10. Заполнение раздела «Нагрузки»

В верхней части интерфейса программы расположена «Панель выбора операций», где необходимо последовательно активировать инструменты для работы с элементами модели: сначала раскрываем вкладку «Вид и выбор», затем выбираем опцию «Выбрать объекты», что переводит программу в режим селекции элементов конструкции. Для выделения всего верхнего пояса фермы следует провести курсором с зажатой левой кнопкой мыши слева направо, формируя область выделения таким образом, чтобы все необходимые стержневые элементы попали в зону действия инструмента - при этом правильно выделенные объекты визуально обозначаются характерным лиловым цветом, что служит индикатором их готовности к дальнейшим операциям (рис. 1.68).



Рис. 1.68

В верхней «Панели выбора операций» выбираем → «Назначение» → «Нагрузки». Последний в операции раздел обозначается знаком «₩» (рис. 1.69).



Рис. 1.69

В открывшемся диалоговом окне необходимо последовательно выполнить ряд действий для корректного назначения заранее созданного загружения «Снеговая нагрузка + вес покрытия» на выделенные

элементы конструкции. Для этого в первую очередь следует обратиться к разделу «Библиотека нагрузок», представляющему собой систематизированную базу всех возможных типов воздействий, где выбираем категорию «Нагрузки на стержень», соответствующую характеру приложения сил к стержневым элементам верхнего пояса. Далее, учитывая равномерный характер распределения снегового покрова и веса кровельного покрытия по длине стержней, указываем конкретный тип воздействия – «Равномерно распределённая сила», что позволит задать постоянное по величине и направлению усилие, действующее по всей длине каждого выделенного элемента. После выбора данного типа нагрузки откроется дополнительное окно параметров, где необходимо будет указать конкретные числовые значения интенсивности нагрузки в соответствии с расчётными данными, её направление (вертикальное вниз для данного случая), а также убедиться в правильности привязки к ранее созданному загружению, что обеспечит корректный учёт всех воздействий при последующем анализе работы конструкции (рис. 1.70).



Рис. 1.70

В открывшемся диалоговом окне «Величина нагрузки» необходимо ввести итоговое значение расчетной нагрузки, учитывающее как интенсивность удельного давления, так и шаг несущих конструкций покрытия, что позволяет перейти от удельных нагрузок к линейным, действующим непосредственно на каждый элемент верхнего пояса. В рассматриваемом примере принимается расчетное значение снеговой нагрузки и веса покрытия, составляющее 2,35 кH/м<sup>2</sup> (что эквивалентно 0,235 тс/м<sup>2</sup>), которое необходимо умножить на шаг ферм, равный 6 метрам, для получения погонной нагрузки. Таким образом, итоговая величина распределенной нагрузки составит 0,235 тс/м<sup>2</sup> × 6 м = 1,41 тс/м, что и указывается в соответствующем поле ввода (рис. 1.70-1.71).



Рис. 1.70

	Нормативное	Коэффициент	Расчетное
Вид нагрузки	значение, q <sup>н</sup> ,	надежности,	значение, q <sup>p</sup> ,
	<b>к</b> Н/м <sup>2</sup>	$\gamma_f$	$\kappa H/M^2$
<u>II</u>	остоянная наг	<u>рузка</u>	
<ol> <li>ПВХ мембрана</li> </ol>	0,05	1,1	0,055
2. Собственная масса			
панели:			
- верхняя и нижняя	0,0892	1,1	0,0981
обшивки			
- каркас из продольных	0,134	1,1	0,1474
- утеплитель	0,0662	1,1	0,0728
3. Подвесной потолок	0,0785	1,1	0,0864
Итого:	0,418		0,460
<u>B</u>	ременная нагр	узка	
1. Снеговая	1,35	1,4	1,89
Bcero:	<u>1,768</u>		<u>2,35</u>

Рис. 1.71

После проделанных операций нажимаем кнопку «Назначить». Выделение конструктивного элемента (красным цветом) должно сняться и появиться загружение (рис. 1.72).



Рис. 1.72

В верхней «Панели выбора операций» выбираем  $\rightarrow$  «Вид и выбор»  $\rightarrow$  «Выбрать объекты»  $\rightarrow$  Выбираем всю ферму, выделяя <u>слева</u> направо (чтобы область выделения была лилового цвета) (рис. 1.73).



Рис. 1.73

В верхней «Панели выбора операций» выбираем → «Назначение» → «Нагрузки». Последний в операции раздел обозначается знаком «₩» (рис. 1.74).

Вид и выбор	Редакторы и к	онструиро	вание	Добавит	ть Пра	авка На	азначение
17	T			6	≫	000	<u>****</u>
ь сечение, матери ютруирование	иал, Изменить тип КЭ	Нагрузки	Связи	Шарниры	Жесткие вставки	Расчетны сечения	<ul> <li>Упругое основани</li> </ul>
		Назн	начить н	нагрузки			Ha
	~~ <u>~</u>			1.2			

Рис. 1.74

В открывшемся окне проделываем следующую операцию для назначения загружения «Собственный вес конструкции»: «Библиотека нагрузок» — «Интерактивные нагрузки» — «Равномерно распределённая сила» (рис. 1.75).



Рис. 1.75

В окне «Собственный вес: Собственный вес» оставляем всё без изменений и нажимаем кнопку «Назначить» (рис. 1.76).

☆ Добавление нагрузок								
🚛 Библиотека нагрузок 🔹								
Собственный вес : Собственный вес								
Имя 🗹 К=1; Собственный вес								
Описание								
Z Y X								
Коэффициент к собственному весу								
K= 1.1								
OX OY ⊙Z								
Назначить 🖃 እ								

Рис. 1.76

После проделанных операций нажимаем кнопку «Назначить». Выделение конструктивного элемента (красным цветом) должно сняться и появиться загружение (рис. 1.77).



Рис. 1.77

Заполнение раздела «Нагрузки» - завершено.

**Примечание:** после назначения всех видов загружений между ними можно переключаться, нажав в правом верхнем углу кнопку с названием действующего, на данный момент, загружения (рис.1.78).

111 2. Сосбственный вес конструкции			
		-	- + >
			^
Выберите загружение, чтобы сделать его :	текушим.		

Рис. 1.78

#### 1.11. Заполнение раздела «Расчёт»

В верхней «Панели выбора операций» выбираем → «Расчёт» → «Выполнить расчёт».

Последний в операции раздел обозначается знаком « 26».

В окне «Основные» ставим галочки под пунктами: «Переходить в результаты после успешного расчёта» и «При успешном расчёте выполнять расчёт конструкций» (рис. 1.79).



Рис. 1.79

В окне «Тип расчёта» ставим галочки в «Подбор» и «Проверка». В окне «Силовые факторы» ставим галочку в «РСН». В окне «Политика расчёта» ставим галочки в «Стальные элементы» и «Деревянные элементы» (рис. 1.80).

$\hat{}$	Конс	труирование						
	Тип	расчета						
	Подбор	🗹 Проверк	a					
	Силовь	е факторы						
	Усилия	РСУ						
	PCH	🗌 Монтаж+	•					
Политика расчета								
Все элементы								
	Стальные элемен	нты						
	Железобетонные	е элементы						
	Деревянные эле	менты						
	Коэффициенты дл	ія расчета по ус	мвили					
но	рмативный		1					
ра	счетный		1					
до	ля длительности		1					

Рис. 1.80

После проделанных операций нажимаем кнопку «Запустить расчёт». Если всё было сделано верно, то в «Панели выбора операций», появятся новые значки (рис. 1.81).

Рис. 1.81

В окне «Результаты», чтобы учесть действие сразу всех загружений, выполним операцию: «Результаты» → «Загружения/РСН». После нажатия данная кнопка должна стать жёлтого цвета (рис. 1.82).



Рис. 1.82

Для анализа усилий, возникающих в раме (N, M<sub>y</sub>, O<sub>z</sub>) и определения перемещений (F<sub>y</sub>, F<sub>z</sub>) проведём следующую операцию: «Результаты»  $\rightarrow$  «Стержни». Нажимая на кнопки с обозначениями усилий, на экран будут выводиться соответствующие эпюры (рис. 1.83, рис. 1.84, рис. 1.85).



Рис. 1.83



Рис. 1.84



Рис. 1.85

## 1.12. Заполнение раздела «Расчёт конструкций»

В верхней «Панели выбора операций» выбираем  $\rightarrow$  «Расчёт»  $\rightarrow$  «Расчёт конструкций».

Последний раздел в операции обозначается знаком «26».

В окне «Тип расчёта» ставим галочки в «Подбор» и «Проверка». В окне «Силовые факторы» ставим галочку в «РСН». В окне «Политика расчёта» ставим галочки в «Стальные элементы» и «Деревянные элементы» (рис. 1.86).

Тип расчета								
🗹 Подбор	🗹 Проверка							
Силовые факторы								
Усилия	РСУ							
PCH	Монтаж+							
Политика расчета								
Все элементы								
Стальные элементы								
🗌 Железобетон	ные элементы							
🗹 Деревянные	элементы							
Коэффициент	ы для расчета по усилиям							
нормативный	1							
расчетный	1							
доля длительнос	ти 1							
Отправить элем	енты на расчет 🛛 🔏							

Рис. 1.86

После проделанных операций нажимаем кнопку «Отправить элементы на расчёт».

В верхней «Панели выбора операций» выбираем  $\rightarrow$  «Спец. результаты»  $\rightarrow$  «Деревянные конструкции». Нажимаем кнопку « (рис. 1.87).

Вид и выбор	Редакторы и и	онструирование	Расчет	Результаты (	пец. результать	Анализ и до	кументирование							
<b>(13)</b>	*	*		$\gtrsim$	<u> </u>					Π	l †	***	囲	+ - × =
зовать результаты одные данные	Стальные конструкции	Железобетонные конструкции	Деревянные конструкции	Построение спектра реакци	Построение и АЧХ	Спектр несущей способности	Поверхности/ линии влияния	Результаты системы МОСТ	СЖБ балка	Расчет сечения	Теплопроводность	Фильтрация	Крены и перекосы	Пользовательские результаты

Рис. 1.87

В открывшемся окне проделываем следующую операцию для получения результатов расчёта: «Деревянные конструкции» — «Включить/Выключить всё». Всё остальное оставляем без изменения (рис. 1.88).

□ IC (ripoweore)           □ IC (ripoweore)           □ IC (ripus vorbieweore)           □ Corranece cerease           □ II IC (ripocratics)           □ II IC (riporade)	
Усилия РСУ	000
Усилия РСУ РСН Для конструктивного элемента отображать одно значение	0 0 0
Усилия РСУ РСН ] Для конструктивного элемента отображать одно значение Включить/Выклочить всё	0 0 0
Усилия РСУ РСН ) Для конструктивного элемента отображать одно эначение Включить/Выключить всё Показать	) () () () () () () () () () () () () ()
Усилия РСУ РСН 1 Для конструктивного алемента отображать диро значение Включтъ/Выключтъ воё Показать Выбрать элементы	) ) ) ) ) ) ) ) ) ) ) ) ) ) ) ) ) ) )
Усклыз РСУ РСН отображать одно значение Включить/Выключить воё Показать Выбрать элеменны С осилбосмия	) ) () () () () () () () () () () () ()

Рис. 1.88

В результате на экране появится шкала «Процента использования ДК», на которой мы будем видеть, насколько использован запас несущей способности наших элементов, какие элементы прошли проверку (рис. 1.89).



Рис. 1.89

Если элемент не прошёл проверку, то мы возвращаемся к заданию сечения (п. 1.7) и изменяем сечение на большее. Нажав на любое интересующее нас значение из итоговой таблицы «Расчёта конструкций», мы получаем подробный расчёт как мы получили данное значение (рис. 1.90-1.91).

					1	I TTC (np	очно	:ть)			I ПС (о	бщая	ycm	0Ŭ4L	ность)			Состаено	ре сечение				пс	(гиб)	кост	ь)	II NC (np	огибы)
Номер	Сечение	Οωυδκυ	Предупр	$\sigma_{1,0,0}$ $\sigma_{m,y,0}$ $\sigma_{m,z,0}$		σ <sub>c,0,0</sub> , σ <sub>m,y,0</sub> , σ <sub>m,z,d</sub>		T <sub>d</sub>		T <sub>tor,d</sub>	$\sigma_{\rm cos} \sigma_{\rm mp}$		σ <sub>ε,ο,ο</sub> , σ <sub>π,y,ο</sub> , σ <sub>π,z,d</sub>		$\sigma_{cos} \sigma_{mys}$	$\sigma_{\rm cfn,c,max,df}$	Otto, marce	$\sigma_{\rm s,fr,c,mex,d}$	$\sigma_{\rm interiment}$	Form Form	T <sub>Sh,meen,d</sub>		λ <sub>z</sub>		λ	y	δ,	δ,
FE - 1	Брус деревянный (20х2			27 🔍 🗟	26	DE	44		8 0	D	8	0	D	8								32		8	24	08		
FE - 2	Брус деревянный (20х2				62	DE	45		3 0		8	25		8								32		8	27	0 8		
FE - 3	Брус деревянный (10x1				32	DE	1		2 0	Þ	8	44	D	8								63		2 /	50	08		
FE - 5	Брус деревянный (10х1				38	DE	4		3 0		2	17		8								63		8	53	0 2		
FE - 6	Брус деревянный (20)2				31	PE	2		2 0	D	2	38	D	2								32		2 !	56	02		
FE - 7	Брус деревянный (15х1			44 0 2			2	D	3 0		2											25		2 :	35	0 2		
FE - 8	Брус деревянный (20х2				62	DE	47	D	3 0	D	2	24	D	2								32		8	25	0 2		
FE - 9	Брус деревянный (20х2				62	DE	47	D	3 0	D	2	24	Ø	2								32		2	25	0 2		

Рис. 1.90



Рис. 1.91

Расчёт поперечной деревянной рамы с фермой покрытия завершён.

Примечание: В процессе расчёта, могут возникнуть некоторые вопросы, ниже приведены подробные ответы на самые важные.

#### 1.13. Разбор частных ситуаций

## Ситуация № 1. Как сделать так, чтобы на эпюрах стали отображаться значения?

Порядок действий:

1. В верхней «Панели выбора операций» выбираем → «Вид и выбор» → «Атрибуты представления».

Последний в операции раздел обозначается знаком « 🤜 ».

2. В открывшемся окне проделываем следующую операцию для отображения значений усилий N, Q, M на эпюрах»: «Элементы: значения» → «Значение с мозаики, элементы» (рис. 1.92).



Рис. 1.92

3. После выше проделанных операций нажимаем кнопку «Назначить».

# Ситуация № 2. Как выгрузить расчёты из программы LIRA 10.12? Порядок действий:

1. Выше «Панели выбора операций» находится панель с перечнем быстрых команд, для увеличения скорости выполнения операций из представленного перечня выбираем → «Быстрое копирования изображения с экрана».

Последний в операции раздел обозначается знаком « 🔤» (рис. 1.93).



Рис. 1.93

2. Далее, переходя на интересующие нас вкладки, нажимаем эту кнопку и на экране должно появляться изображение, представленное ниже (рис. 1.94).



Рис. 1.94

3. Сделав снимки интересующей нас графической информации, перейдём к формированию текстовой. Для этого проделываем следующую операцию действий: в верхней «Панели выбора операций» выбираем → «Анализ и документирование».

Последний в операции раздел обозначается знаком « .». 4. В появившемся окне «Формирование таблиц», выбираем интересующие нас таблицы и нажимаем кнопку «Сформировать», обязательными являются: Таблица элементов, РСН в стержнях, усилия в стержневых элементах, проверка МК и КД.

5. После проделанных выше операций, находим на «Панели выбора операций» кнопку «Формировать расчёт» и нажимаем её.

Последний в операции раздел обозначается знаком « »». 6. Здесь мы добавляем ранее собранные данные, что мы хотим видеть в финальном отчёте (в правую часть окна), нажимаем кнопку «Сформировать отчёт» и выбираем конечный путь на вашем компьютере (рис. 1.95).



Рис. 1.95

7. Выгрузка информации о расчёте из программы LIRA 10.12 завершена.

## Практическая работа № 1 РАСЧЕТ ДЕРЕВЯННОЙ РАМЫ

Задание: рассчитать деревянную раму для здания пролетом L м., высотой H м. Учитывать расположение объекта, породу материала. Дополнительные параметры, включая класс ответственности здания, температурно-влажностный режим эксплуатации, выбирать самостоятельно в соответствии с требованиями действующих нормативов: СП 20.13330 (актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85) и СП 64.13330 (актуализированная редакция СНиП II-25-80).

**Цель практической работы:** исследование напряженно деформированного состояния деревянных рам.

Исходные данные определять на основе цифр присвоенного шифра преподавателем:

1. *Район строительства* и *порода древесины* для несущих конструкций выбирать по первой цифре шифра в соответствии с табл. 1;

2. *Схема и размеры рамы* определять по второй цифре шифра в соответствии с табл. 2;

3. *Геометрические параметры и схема здания* определить по третьей цифре шифра в соответствии с табл. 3 (рис. 1);

4. *Размеры сечений:* 10х20 мм. (стропила), 10х10 мм. (стойки), 5х10 мм. (распорка).

Тоблица 1

5. Коэффициенты приведения учесть по табл. 4.

		Габлица Г
Номера по шифру	Район строительства	Порода древесины
1	Чита	Кедр
2	Новосибирск	Лиственница
3	Владимир	Сосна
4	Вологда	Ель
5	Пермь	Пихта
6	Белгород	Ель
7	Орёл	Сосна

Таблица 2

Номер схемы	Схема и сечение	<i>l</i> , м	h/l
1		9-18	$\frac{1}{8} - \frac{1}{12}$
2		9-18	$\frac{1}{8} - \frac{1}{12}$
3	h	18-24	$\frac{1}{6}$
4		12-30	$\frac{1}{6} - \frac{1}{7}$
5	h	12-24	$\frac{1}{6}$
6	h	9-18	$\frac{1}{6}$
7	h	6-21	$\frac{1}{6} - \frac{1}{8}$

## Таблица 3

Цифра шифра	L, м	Н, м
1	9	3
2	10	4
3	11	4,5
4	8	3
5	7	5
6	13	7
7	12	6

Таблица 4

Вид загруже-	Тип загруже-	Коэффициенты приведения						
ния	ния	Нормативная	Расчетная	Доля длитель-				
		нагрузка	нагрузка	ности				
Собственный	Постоянный	1	1.1	й				
вес								
Постоянная	Постоянный	й	1.3	1				
нагрузка								
Снеговая	Кратковре-	1	1.4	0.5				
нагрузка	менное							





Рис. 1

## Пример решения:

Задание: необходимо рассчитать деревянную раму для здания длиной 16 м., отношение высоты к длине h/L=1/5,3. Порода древесины: сосна, высший сорт, Рассматриваемый объект расположен в Московской области (г. Москва). Расчетная схема представлена ниже (рис. 2).



Рис. 2

Порядок выполнения:

1. Для начала процесса создаем новый файл. Затем определяем, где будет сохранён файл. Задача, которую мы решаем, относится ко второму типу — это плоская рама (рис. 3).

apaverps of	News								
(har	Pacienty expense								
Concorer									
	Test conjunctional approximation								
C ()//weor	an deguie and fanta consta (CZ)								
× Gifreor	(Cfreeourpear(CZP)								
() () (Treos	© /Torocus nome and pochage (2,0,07)								
) strates	paninamus popularia di constanta ancara (A.V.Z)								
Clifpere	(2) Пространственная конструкция (X,Y,EJR)/PCIZ]								
C (7, Figure )	parchisesan co-czystan c ywrins anton-sawe cupoedi (V.V.2.01.07.02,00)								
B surve t	Mu ulanitu usesar wixanapira suorau.n								
Rogers 6	sam entersistemen antersa i MOHDOC -								
Engral I	sam sciencesersci cocisas - 201000000 +								
I same t	sam economicantes contras «160CT»								
Ingent	sam econocemus ocerna + PSP/DRR +								
Depagere	ии улуупо-теалитричиских хараскарских композителя полновите селинии спранов (систика «СРАНИЕ»)								
James	contra transmiguri provinsi nata (contrasa - 1011/0719/08/2017 h)								
Terror ser	An experiment of a service state of the service state of the service of the Servi								

Рис. 3

2. Чтобы создать линейный сегмент, начнем построение из центра координатной сетки. Задаем конечную точку смещения на (-8) по оси X и (-3) по оси Z, используя функцию стержня команды (добавить/архитектурные элементы) (рис. 4).



Рис. 4

3. Второй отрезок построим снизу вверх, так, чтобы он пересекался с первым, по координатам (0;0;4) (рис. 5):



Рис. 5

4. Выполним триангуляцию, полученных элементов (добавить/ архитектурные элементы/триангуляция) (рис. 6):



Рис. 6

5. Удалим лишние элементы в схеме (вид и выбор/удалить выделенное) (рис. 7).



Рис. 7

6. Скопируем симметрично элементы схемы относительно верхнего правого узла и плоскости YOZ. Для того, чтобы выбрать базовый узел нажмем по нему правой кнопкой мыши и выберем его в качестве вспомогательного узла (рис 8).



Рис. 8

7. Построим последний конечный элемент между двумя опорами (добавить/добавить КЭ/ по перечню узлов) (рис. 9).



Рис. 9

8. Выберем узлы и выставим шарнирное закрепление узлов. Закрепление по направлению связей X и Z (рис. 10).



Рис. 10

9. Выберем элементы и выставим для них шарнирное примыкание. Разрешаем поворот по UY, примыкание к выделенным узлам выделенных элементов (рис. 11).



Рис. 11

10. Выберем элементы стропильных ног и назначим раскрепление для прогонов в каждом узле (рис. 12).



Рис. 12

11. Создадим 3 типа сечения с указанными параметрами (редакторы и конструирования/ деревянные/ брус деревянный) (рис. 13). Размеры сечений берем из задания.



Рис. 13

12. Создадим материал по СП 64.13330.2017. Порода древесины: Сосна, Сорт 1 (Высший). Коэффициент корректировки модулей 0.66 (14).



Рис. 14

13. Создадим параметры конструирования с указанными значениями (рис. 15).

Providence	Iteres Teres		Supervise second - Distances on the	unt dimension							
1 1 1 1 1	No. Series	Distance of the local			processory and the second		-				
a . Capana conunci	-		iller .	-	-						
				Terror 1			-				
			Rest for some successive in successive	26.11	The second price minimum T		-				
			Parrowant coldsuptors count please	Han 1	II I ford Branner to many street	ar 1.7					
			Reddenates parenaed spearers	mg 10	(II) C Recenter game						
			Pacipage water ship table for packation		The same party results and T						
			ID 1.	The supervision	C forthframe spinster annu						
					* Pacietine growth	Let 1					
					Parama para persperiente entrali						
					C Roddingson (program grown)						
					× Parathat press	14 P					
					Desidence of the later						
					C Paraman congression and parama	the bigger and a second					
			Page applied in team								
			of Passapa to other to		18						
			Game	10.00							
			Reference								
			Red								
			W Parageo to address sums								
			of Paninka remains reasonations 21a tes-		C depression precipitions resourced and Vija reso	auto (7.27)					
			Jose gover								
			Sena sporte a farmariane (pe opported priora per morportana canatro conterported	f Bringer andregene right projections comparisons)							
			2000 sports * Antonio per oppositi pitera per mortgatima construccionente fant	fighterspectrate for the state of the state							
			Anne sporte & Annexessan prospectral price game annexessan base base base base base	Annual and an							
			Jame sports A foreground (per opported peller, gene ) from ) from ()	A proper and fragment starts programment and the second							
			Dense sporter * Antiversite in a sporter of affinite particular interpretation interaction of affinite particular interpretations interpre	A proper estimate agriculture and a properties of the second							
			Dense sporter     s forstarrenten ign opperational participation     songeneration opperation     trans     transmer     densemer     densemer     densemer			and and and an original sectors.					
			Des spore     Antonnom (proceptional) prime para     Antonnom (proceptional) prime para     Consequences (proceeding of the spore			and and and and an and an and an					

Рис. 15

14. Назначим параметры сечения, материала и конструирования соответствующим элементам (рис. 16).



Рис. 16

15. Зайдем в редактор загружений и выбираем нормы сочетания загружений (рис 17).



Рис. 17

16. Создадим 3 статических загружения (рис. 18).



Рис. 18

17. Для каждого загружения выбираем его вид и коэффициенты приведения, указанные в табл. 4 (рис. 19).

Конструирование Глас ↓ Добавить загружение • Σ	ный вид 🚺 Сечения 🥐 Материалы 🦯 🔅 Загружевыя 🗑 Добавить сочетание 🔹 📴 РСУ/РСН (Российская Федерация: СП 20.13330.2016) 👻	😭 Импорт загружений	
<ul> <li> </li> <li></li></ul>	Статика : Статическое загружение (СВ) Има СВ Описание Анализ устойчивости	Не выполнять	
	Вид загружения Козффициент приведения К нормативным нагрузкам К расчетным нагрузкам Доля длительности	Постоянное 1 1 основное 1.1 4	нты д 2

Рис. 19

18. Создадим пользовательское сочетание нагрузок с коэффициентами равными 1 для каждого загружения (рис 20).

	ика Материали <sup>1</sup> Сакружание не <u>1</u> (70/рСН (Российская Ферерация: СП 20.13330.2016) • ос сочетание к сочетание изовательское сочетание	загружений		¥ · x
- ₩ Щ 1.06 - ₩ Щ 2.Пост - ₩ Баблонотека сочетания - ₩ Баблонотека сочетания - ₩ Пользовательское сочетания - ₩ П^1.Пользовательское сочетания	Онискине Анализ устойчивости Показать толька затрукачия с непулятыми казффициентами	Оценка каналиной по Не выполнять	тери устайнивости Колинество форм потери устойнивости	(F
	#         Има затруктика.           1         Щ.1.CB           2         Щ.2. Пост           3         Щ.3. Сонг			Коэффициент 1 1 1

Рис. 20

19. Перейдем на вкладку «Главный вид» и для загружения «СВ» (активное загружение отображается в правом верхнем окне) назначим интерактивную нагрузку/собственный вес (назначение/нагрузки) (рис. 21).



Рис. 21

20. Для загружения «Пост» и «Снег» выбираем равномерно распределенную силу (назначение/нагрузки/нагрузки на стержень) и назначим нагрузку для элементов стропильных ног. Значение нагрузок: постоянные нагрузки 0,03 тс/м, нагрузка от снега 0,15 тс/м (принимаем по г. Москва) (рис. 22).



Рис. 22

21. Проверяем, что связи, шарниры, свойства элементов и нагрузки назначены верно. Отображение элементов с учетом назначенных сечений можно активировать с помощью соответствующего атрибута (рис 23).



Рис. 23

22. Выполним упаковку схемы (правка/ Упаковать/Расшить) (рис. 24).



Рис. 24

23. Зайдем в расчет и укажем галочкой, что при успешном расчете можно выполнять расчет конструкций (рис. 25).

- Management and and	счета	🖉 Гла	вный вид	Конструирование	Сечения	• Материалы	Заглужен
выйти из режима		3. Сне		tone processie	et terma	in a contract	
		Paspe	Y=0				
🔏 Запустить расчет							
2 Oor	овные						
Тип расчета	Полный	-					
Оптимизация	Выбирать автом	•					
Метод решения СЛАУ	Выбирать автом	-					
	епеней свободы в К	- 3					/
Использовать 6 сте							
Использовать 6 сте							
Использовать 6 сте оболочки Использовать коне дополнительными у	чные элементы с злами						
Использовать 6 сте оболочки Использовать коне дополнительными у Переходить в резул	чные элементы с злами ьтаты после	_					

Рис. 25

24. Перейдем на вкладку конструирование и укажем галочками необходимые параметры для расчета. После запустим расчет (рис.26).



Рис. 26

25. После успешного расчета можно оценить напряжено-деформированное состояние можно на вкладке «результаты». (рис. 27).



Рис. 27

26. Расчет готов. Для составления графической части отчета используем функцию «Быстрое копирование изображение с экрана <sup>(S)</sup>». После нажатия на кнопку, на экране высветится окно с путем на фотоизображение эпюр (рис. 28).



Рис. 28

# Тема 2. РАСЧЁТ КЛЕЕФАНЕЙНОЙ ПАНЕЛИ

## 2.1. Создание расчётной схемы с шестью степенями свободы

Для моделирования динамического поведения конструкции необходимо разработать расчётную схему, учитывающую три степени свободы. Это позволит анализировать перемещения системы в трёх независимых направлениях (например, линейные перемещения по осям X, Y и Z или комбинация линейных и угловых перемещений). Перед началом работы необходимо запустить программный комплекс LIRA 10.12, предназначенный для расчёта и проектирования строительных конструкций.

1. Запускаем программу ПК LIRA 10.12. (рис. 2.1).

Рис. 2.1

2. В открывшемся диалоговом окне «Параметры проекта» найдите поле «Имя» (или «Название проекта»), в котором по умолчанию может быть указано стандартное название (например, «Безымянный» или «Имя»). Измените название проекта на «Расчёт деревянной рамы» для точного отражения сути выполняемого расчёта (рис. 2.2).

Параметры пр	оекта
Имя	Клеефанерная панель
Описание	

Рис. 2.2

3. В разделе «Тип создаваемой задачи» (или аналогичном, в зависимости от версии интерфейса) раскройте выпадающий список доступных схем. Выбираем из перечня «Тип создаваемой задачи» → «Пространственная конструкция (X, Y, Z, UX, UY, UZ) (рис. 2.3).

Тип создаваемой задачи
(1) Плоская ферма или балка-стенка (Х,Z)
(2) Плоская рама (Х,Z,UY)
(3) Плоская плита или ростверк (Z,UX,UY)
(4) Пространственная ферма или объемный массив (Х,Y,Z)
(5) Пространственная конструкция (Х,Y,Z,UX,UY,UZ)
(7) Пространственная конструкция с учетом депланации стержней (Х,Y,Z,UX,UY,UZ,W)

Рис. 2.3

Итог того, что должно получиться, соблюдая вышеизложенные операции (рис.2.4):



Рис. 2.4

4. Остальное всё пропускаем и нажимаем кнопку «Создать».

5. Первый этап выполнен.

## 2.2. Геометрическая постройка объекта

#### Настройка параметров сети построения

Перед созданием геометрической модели необходимо правильно настроить рабочую среду, включая параметры координатной сети.

В левом нижнем углу интерфейса программы найдите и нажмите кнопку «Сеть построения 🥕 » (или аналогичную по смыслу, например, «Настройки сетки»). После нажатия откроется диалоговое окно с параметрами сетки.

В открывшемся окне найдите раздел «Ориентация осей» или «Плоскость построения».

Из доступных вариантов выберите:

1. Тип отображения: «XOZ» (это соответствует выбранной ранее плоской схеме рамы).

2. Остальные параметры (шаг сетки, привязка и др.) можно оставить по умолчанию, если они соответствуют требованиям проекта (рис. 2.5).

Квадратная	Полярная	Прямоугольная		Центр	
Шаг Количество	1 10 0		Xo Yo Zo	0 0 0	M M M
O <u>→</u> xoy ⊙	) <b>∫_xoz</b> C	) <b>i yoz</b> () /# xyz	z	еренести в н координа	ачало IT
<b>/- - -</b>	vç. ₹_ †		<b>;</b>	* 🍯 💾	<b>B</b>

Рис. 2.5

Первичная настройка «Сети построения» завершена.

#### Ввод исходных данных

Для начала необходимо создать чертёж клеефанерной панели в специализированном программном обеспечении, таком как AutoCAD, NanoCAD или других САПР-программах, предназначенных для точного проектирования конструкций. Исходными данными для моделирования служат габаритные и конструктивные параметры, указанные в техническом задании, а также теплотехнические требования для конкретного региона строительства. В нашем случае проектирование ведётся для города Красноярска, где расчётная толщина утеплителя, определённая на основании климатических особенностей и нормативов по тепловой защите зданий, составляет около 150 мм – эту величину мы принимаем за высоту несущих рёбер панели.

При разработке чертежа особое внимание уделяем точности геометрических параметров всех элементов конструкции. Ширина ребра после механической обработки (обстружки) принимается равной 44 мм – это значение обеспечивает необходимую несущую способность при оптимальном расходе материала. Общая ширина панели задаётся равной 1,5 метра, что соответствует требованиям проекта и условиям удобства транспортировки и монтажа. В процессе черчения важно корректно отобразить все конструктивные узлы: соединения рёбер с фанерными обшивками, торцевые элементы, а также предусмотреть технологические особенности изготовления.

На завершающем этапе моделирования проверяем соответствие созданного чертежа исходным данным и нормативным требованиям. Особое внимание уделяем правильности отображения сечения панели, где должны быть чётко видны: верхняя и нижняя фанерные обшивки, рёбра жёсткости с заданными размерами 150×44 мм, а также расположение утеплителя между рёбрами (рис. 2.6).



Рис. 2.6

Для определения шага несущих вертикальных элементов конструкции необходимо предварительно провести вертикальные геометрические оси, проходящие строго по центрам каждого ребра жёсткости, что позволит точно зафиксировать их взаимное расположение и вычислить расстояние между соседними элементами (рис. 2.7).



Рис. 2.7

Мы провели первичную подготовку для начала конструирования в программном комплексе LIRA 10.12
#### Начало конструирования в LIRA 10.12.

В верхней «Панели выбора операций» выбираем → «Добавить» → «Арх. элементы».

Последний в операции раздел обозначается знаком « 🍱 ».

В открывшемся диалоговом окне «Задание» необходимо выбрать тип создаваемого элемента конструкции – «Пластина», после чего следует указать её местоположение в рабочей области программы, для чего курсор наводится на произвольную точку в системе координат, где предполагается размещение объекта. Для точного позиционирования пластины в пространстве используется функционал клавиши «Tab», позволяющий последовательно переключаться между полями ввода координат (X, Y, Z), что обеспечивает поочередное задание каждой пространственной координаты с требуемой точностью (рис. 2.8).



Рис. 2.8

Вводим последовательно 4 конечные точки с координатами, представленными ниже.

Точка №1. В этой точке мы меняем координату Z на высоту нашего ребра, остальное оставляем без изменений (рис. 2.9).



Рис. 2.9

Точка №2. В этой точке мы меняем координату Y на наг наших конструкций покрытия (ферм, арак и т.д.), остальное оставляем без изменений (рис. 2.10).



Рис. 2.10

Точка №3. В этой точке мы меняем координату Ү: на ширину нашей конструкции, остальное оставляем без изменений (рис. 2.11).



Рис. 2.11

Точка №4. В этой точке мы ничего не изменяем и просто наводимся на низ нашего ребра (рис. 2.12).



Рис. 2.12

По окончанию конструирования ребра нажмём кнопку «Добавить» (рис. 2.13).

Задание						
💿 🧼 Пластина						
🔿 📺 Стена						
О						
О						
🔿 🧻 Колонна						
О Свая						
Высота этажа 3 м						
Разрешить динамический ввод						
Добавить =>>						

Рис. 2.13

Примечание: для осуществления самопроверки и подтверждения корректности выполненных действий рекомендуется использовать встроенные инструменты навигации программы. Для этого необходимо кликнуть правой кнопкой мыши на любом свободном участке рабочего пространства, после чего в появившемся контекстном меню выбрать пункт «Исходный вид» – это действие вернёт модель к стандартному ракурсу, установленному по умолчанию. Полученное изображение должно визуально соответствовать приведённому в методических указаниях или техническом задании эталонному рисунку, включая расположение пластин, рёбер, их геометрические параметры и взаимную ориентацию. Такой подход позволяет оперативно выявить возможные ошибки моделирования на раннем этапе, будь то неверно заданные координаты, неправильные размеры элементов или их ошибочное позиционирование в пространстве, что особенно важно при работе со сложными конструктивными системами, где точность каждого компонента критически влияет на итоговый результат проектирования (рис. 2.14).



Рис. 2.14

После успешного создания первого ребра конструкции необходимо выполнить важный этап моделирования – назначение узловых точек, которые в дальнейшем послужат опорными элементами для задания граничных условий и приложения нагрузок. Для этого в верхней части интерфейса программы находим «Панель выбора операций», где последовательно раскрываем разделы: сначала выбираем категорию «Добавить», а затем конкретную команду «Добавить узлы», что активирует соответствующий инструмент работы с узлами. Данная процедура позволяет вручную или автоматически создать узловые точки в ключевых местах конструкции – в местах соединения элементов, по краям рёбер и в других стратегически важных позициях, что существенно упростит последующую работу с моделью при назначении опорных условий, приложении сосредоточенных сил или моментов, а также при анализе напряжённо-деформированного состояния конструкции в этих характерных точках. Последний в операции раздел обозначается знаком « <sup>3</sup>/<sub>4</sub>».

После того, как мы нажали на последнее окно в операции, наводимся на нижний угол нашего ребра и нажимаем на него, так мы создадим узел (рис. 2.15).



Рис. 2.15

Для формирования узла в верхней части конструкции необходимо выполнить операцию копирования существующего нижнего узла с последующим смещением. В верхней «Панели выбора операций» последовательно выбираем разделы: «Правка» — «Копировать фрагмент», что активирует инструмент дублирования элементов с заданными параметрами трансляции. В появившемся диалоговом окне указываем вертикальное смещение, соответствующее высоте ребра: в поле «d<sub>Z</sub>» вводим значение 150 мм (или 0.15 м), после чего подтверждаем действие кнопкой «Копировать». Это создаст идентичный узел строго над исходным, сохранив его координаты по осям X и Y, но подняв на расчётную высоту конструкции.

Для тиражирования узлов вдоль панели повторяем команду копирования, но теперь в поле « $d_{Y}$ » указываем горизонтальный шаг несущих конструкций — 6 метров. Такое пошаговое копирование обеспечит точное расположение узлов в местах стыковки рёбер с другими элементами системы, что критически важно для корректного моделирования работы покрытия под нагрузкой. После завершения операций все созданные узлы (обозначенные зелёными точками) должны образовать регулярную сетку, соответствующую проектным размерам панели и шагу её опирания. Это позволит в дальнейшем безошибочно назначить связи, нагрузки и граничные условия для расчёта (рис. 2.16).



Рис. 2.16

В верхней «Панели выбора операций» выбираем → «Правка» → «Копировать фрагмент».

Последний в операции раздел обозначается знаком « 🥗».

В диалоговом окне «Использовать смещения  $d_X$ ,  $d_Y$ ,  $d_Z$ » необходимо аккуратно задать параметры пространственного смещения для тиражирования конструктивных элементов, предварительно активировав соответствующее поле « $d_X$ , м», куда вводится расчётное значение шага рёбер, определённое ранее в пункте 2.3.2 на основании геометрических построений и теплотехнических требований. Перед выполнением этой операции крайне важно выделить исходный элемент — для этого используется команда «Выбрать объект», позволяющая точно указать ребро, которое будет служить базой для копирования. После корректного выбора объекта и ввода значения шага (например, 0.6 м для равномерно распределённых рёбер) система создаст идентичные элементы с заданным интервалом, что обеспечит соблюдение проектной геометрии конструкции и правильное распределение нагрузок между всеми несущими элементами панели (рис. 2.17).





В итоге у нас должно получиться четыре ребра, расположенные с шагом ранее сконструированной клеефанерной панели (рис. 2.18).



Рис. 2.18

Переходим к ключевому этапу моделирования – созданию многослойных фанерных обшивок, которые обеспечивают пространственную жёсткость всей конструкции. Для верхней обшивки задаём параметры семислойной фанерной панели толщиной 8 мм, что соответствует требованиям по несущей способности для восприятия снеговых и эксплуатационных нагрузок. Используя отработанную методику, последовательно создаём пластину, привязывая её к узлам только по углам конструкции — это имитирует реальные условия крепления обшивки через монтажные накладки. Особое внимание уделяем точному позиционированию верхней пластины относительно рёбер жёсткости, контролируя отсутствие зазоров и перекосов в трёхмерном пространстве.

Аналогичным образом создаём нижнюю пятислойную обшивку толщиной 6 мм, используя ту же последовательность операций, но с корректировкой толщины элемента. Важно соблюдать принцип "от общего к частному": сначала завершаем полностью верхний контур, затем переходим к нижнему. После завершения моделирования проводим визуальную сверку с эталонным изображением – полученная цифровая модель должна демонстрировать чёткую слоистую структуру: верхнюю толстую обшивку, равномерно распределённые рёбра жёсткости высотой 150 мм, и нижнюю более тонкую фанерную плиту. Все элементы должны быть геометрически согласованы без наложений и разрывов, что гарантирует корректность последующих прочностных расчётов (рис. 2.19).



Рис. 2.19

### 2.3. Заполнение граничных условий конструкции

#### Создание «Шарнирно неподвижной опоры» у левой части панели

В верхней части интерфейса программы расположена «Панель выбора операций», где необходимо последовательно активировать инструменты для работы с элементами модели: сначала раскрываем вкладку «Вид и выбор», затем выбираем опцию «Выбрать объекты», что переводит программу в режим селекции узлов конструкции. Для выделения крайних узлов по нижнему поясу панели следует провести курсором с зажатой левой кнопкой мыши слева направо, формируя прямоугольную область выделения таким образом, чтобы в неё попали только целевые узлы – визуальным подтверждением корректного выбора послужит изменение их цвета на характерный лиловый оттенок. Этот метод гарантирует точное выделение именно тех узловых точек, которые в дальнейшем будут использоваться для назначения опорных условий или приложения нагрузок, что особенно важно при моделировании граничных условий работы конструкции. При этом необходимо убедиться, что в область выделения не попали посторонние элементы (рёбра жёсткости или участки обшивки), чтобы избежать ошибок на последующих этапах расчёта (рис. 2.20).



Рис. 2.20

После активации левой кнопки мыши для подтверждения выбора элементов, временная область выделения, обозначенная лиловым цветом, автоматически деактивируется, что свидетельствует о завершении процесса селекции. При этом программный комплекс сохраняет выбор только тех узловых соединений, которые непосредственно участвуют в опирании панели на несущие конструкции покрытия, визуально выделяя их устойчивым красным цветом — это обеспечивает четкую идентификацию критически важных точек конструкции для последующего назначения граничных условий (рис. 2.21).



Рис. 2.21

После выполнения предыдущих операций по выделению необходимых узлов переходим к важному этапу назначения связей, которые определяют характер взаимодействия элементов конструкции между собой и с опорными точками. В верхней части интерфейса программы находим «Панель выбора операций», где последовательно раскрываем разделы: сначала выбираем категорию «Назначить», затем пункт «Связи» — это активирует диалоговое окно параметров связей. В открывшемся окне настроек необходимо установить ограничения степеней свободы: нажимаем кнопку «Запретить все», что автоматически блокирует все возможные перемещения и повороты, а затем вручную разрешаем только поворот вокруг оси X, оставляя соответствующую галочку активной (рис. 2.22).

< 🕁 Связи	
Направление связи ✓ перемещение вдоль X ✓ перемещение вдоль Y ✓ перемещение вдоль Z	Все
Поворот относительно X ✓ поворот относительно Y ✓ поворот относительно Z	
🗌 депланация W	
🗌 температура Т	
🗆 фильтрация F	
Назначенные закрепления	
<	>
Индикация назначения	
Закрепить	
О Освободить	
	Применить

Рис. 2.22

После этого нажимаем кнопку «Применить». Внизу колонн должно появиться обозначение жёсткого закрепления узла « 2.23).



Рис. 2.23

Проделываем те же операции, только для правой опоры, создавая «шарнирно-подвижную опору» (рис. 2.24).

Направление связи ✓ перемещение вдоль X □ перемещение вдоль Y ✓ перемещение вдоль Z	Bce
Поворот относительно X ✓ поворот относительно Y ✓ поворот относительно Z	
🗌 депланация W	
🗌 температура Т	
🗆 фильтрация F	
Назначенные закрепления	
<	>
Индикация назначения	
Закрепить	
О Освободить	
	Применить

Рис. 2.24

Назначение граничных условий конструкции завершено.

## 2.4. Упаковка элементов конструкций

Для оптимизации работы с моделью и объединения разрозненных элементов в единые конструктивные блоки выполняем операцию упаковки. В верхней части интерфейса программы находим «Панель выбора операций», где последовательно раскрываем разделы: сначала выбираем категорию «Правка», затем пункт «Упаковать/Расшить» – это активирует соответствующий инструмент для управления структурой модели.

После перехода в нужный раздел нажимаем кнопку «Упаковать/Расшить», что позволяет преобразовать выделенные элементы (рёбра, обшивки, узлы) в логически связанные группы. Эта операция существенно упрощает дальнейшее редактирование конструкции – теперь можно перемещать, копировать или назначать свойства целым сборным элементам вместо работы с отдельными частями. Упаковка особенно полезна при сложной геометрии, когда необходимо обеспечить целостность взаимосвязей между компонентами панели при масштабировании или адаптации модели под новые условия. Результатом становится более структурированная и удобная для анализа сборка, готовая к следующим этапам проектирования.

## 2.5. Заполнение раздела «Редактор материалов»

В верхней «Панели выбора операций» выбираем  $\rightarrow$  «Редактор и конструирование»  $\rightarrow$  «Редактор материалов». Последний в операции раздел обозначается знаком «  $\Im$ ».

Теперь у нас в верхней панели появилась дополнительная вкладка «Материалы», и мы можем переключаться между ней и «Главным видом» (рис. 2.25).



Рис. 2.25

В окне «Материалы» выполним операцию: «Линейный материал» → «Ортотропный материал». Нам откроется окно, в котором мы сможем настроить выбор материала древесины в окнах «Объёмный вес», «Модуль упругости», «Модуль сдвига», «Коэффициент Пуассона» и «Коэффициент температурного расширения». В нашем примере принимаем:

1. для рёбер (рис. 2.26):

Имя	Оп	исание				
🗌 Лн. ортотр.	Pët	бра				
Объемный вес	0.65 тс,	/м^3 Коэффициент д	емпфир. α= 0	1/c β= 0	c	
	Модул	ь упругости,тс/м^2			Модуль сдвига,тс/	м^2
E1 1.122E+06	E2 45898		E3 1.122E+06	G12 61197	G13 61197	G23 61197
	Коэффициент Пуассона					
Nu12 0.018	Nu21 0.45		Nu13 0.018	Nu23 0.45	Nu31 0.018	Nu32 0.018
			Коэффициент тем	пературного расширения,	1/C	
α12 <sub>1E-05</sub>	α12 1E-05 α13 1E-05 α13 1E-05					
При задании ортотропного материала должны выполняться следующие условия: E1 * Nu12 = E2 * Nu21, E1 * Nu13 = E3 * Nu31 и E2 * Nu23 = E3 * Nu32. При назначении этого материала оболочечным элементам будут использоваться следующие параметры: E1, E2, Nu12, Nu21, G12. При назначении этого материала элементам балки-стенки будут использоваться следующие параметры: E1, E2, Nu12, Nu21, G12. При назначении этого материала элементам балки-стенки будут использоваться следующие параметры: E1, E2, Nu12, Nu21, G12. При назначении этого материала элементам балки-стенки плоской деформации будут использоваться следующие параметры: E1, E2, Nu12, Nu21, G12. При назначении этого материала элементам толсгой плиты или оболочки будут использоваться следующие параметры: E1, E2, Nu12, Nu21, G12.						

Рис. 2.26

# 2. Для фанеры (рис. 2.27):



Рис. 2.27

## 2.6. Заполнение раздела «Редактор сечений/жесткостей»

В верхней «Панели выбора операций» выбираем  $\rightarrow$  «Редактор и конструирование»  $\rightarrow$  «Редактор сечений/жесткостей». Последний в операции раздел обозначается знаком «  $\mathfrak{P}$ ».

Теперь у нас в верхней панели появилась дополнительная вкладка «Сечения», и мы можем переключаться между ней и «Главным видом» (рис. 2.28).

Главный вид	Конструирование	• Материалы		
🚬 Пластины 👻	👕 Параметрические 🔻	🐌 Сталежелезобетонные 🕶	🎁 Деревянные 🔹	📆 Стальные 👻

Рис. 2.28

В окне «Сечения» выполним операцию: «Пластины» → «Пластина» (рис. 2.29).

		🔷 Гла	вный вид	Конструирог	вание 🛛 🎞	Сечения	🤨 Матери	алы
		ارك	1ластины <del>-</del>	🎁 Параметр	ические 🔻	🍓 Ста.	лежелезобето	нные
			Пластина					
Γ	И	₿	Многослой	і́ная пластина				
		-	_					

Рис. 2.29

В окне «Описание» прописываем вид элемента, к которому в дальнейшем будет применён данный вид сечения. В нашем примере это «Ребро», его размеры Н (ширина) она будет равна 4,4 см.

Редактирование раздела «Редактор сечений/жесткостей» - завершено.

# 2.7. Заполнение раздела «Назначение сечения, материала и конструирования»

В верхней части интерфейса программы расположена «Панель выбора операций», где необходимо последовательно активировать инструменты для работы с элементами модели: сначала раскрываем вкладку «Вид и выбор», затем выбираем опцию «Выбрать объекты», что переводит программу в режим селекции. Для выделения конкретных элементов конструкции следует провести курсором с зажатой левой кнопкой мыши справа налево, формируя область выделения, которая будет обозначена зелёным цветом - такой способ позволяет захватить только те объекты, которые полностью попадают в зону действия инструмента. В нашем примере назначим сечения, материал и конструирование для рёбер (рис. 2.30).



Рис. 2.30

В верхней «Панели выбора операций» выбираем  $\rightarrow$  «Назначение»  $\rightarrow$  «Назначить сечение, материал, конструирование». Последний в операции раздел обозначается знаком «  $\mathfrak{V}$ ».

В открывшемся окне проделываем следующую операцию: «Параметры назначения» → «Использовать сечение и материал» (рис.2.31).



Рис. 2.31

В окне «Доступные сечения» выбираем «Пластина (4,4). «Ребро»» (рис. 2.32).

Дост	упные сечения	
IJ	1. Пластина (4.4). 'Ребро'	Ŧ
	1. Пластина (4.4). 'Ребро'	
IJ	2. Пластина (0.8). Верхняя общивка	i'
	3. Пластина (0.6). 'Нижняя обшивка'	

Рис. 2.33

В окне «Доступные материалы» выбираем «Лн. ортотр.» (рис. 2.34).

	2 I	
赵	1. Лн. ортотр.	+
54	1. Лн. ортотр.	

Рис. 2.34

После проделанных операций нажимаем кнопку «Назначить». Выделение конструктивного элемента (красным цветом) должно сняться (рис. 2.35).

Параметры назначения
<ul> <li>Использовать всё</li> <li>Использовать сечение и материал</li> <li>Использовать сечение</li> <li>Использовать материал</li> <li>Использовать конструирование</li> </ul>
Доступные сечения
<ul> <li>Пластина (4.4). 'Ребро'</li> <li>Доступные материалы</li> </ul>
🛃 1. Лн. ортотр. 👻
Доступное конструирование
Политика назначения
При несоответствии назначаемого элементу сечения уже назначенному материалу оставлять материал При несоответствии назначаемого элементу сечения уже назначенному материалу оставлять сечение
Политика для переменных сечений
При назначении учитывать изменение координат • X Y Z Инвертно
Индикация непригодных для назначения элементов
Назначить ∉≫

Рис. 2.35

Далее производим назначение сечения, материала, конструирования для каждого конструкционного элемента. Для выделения нужных элементов воспользуемся памяткой, изложенной в табл. 3:



Заполнение раздела «Назначение сечения, материала и конструирования» завершено.

#### 2.8. Заполнение раздела «Редактор загружений»

В верхней «Панели выбора операций» выбираем  $\rightarrow$  «Редактор и конструирование»  $\rightarrow$  «Редактор загружений». Последний в операции раздел обозначается знаком «<sup>[1]</sup>».

В процессе работы с программным комплексом после выполнения определенных операций активировалась новая функциональная возможность - в верхней панели управления интерфейса появилась дополнительная вкладка «Загружения», которая органично встроилась в существующую структуру меню между другими разделами. Теперь пользователь получил возможность удобного переключения между основным «Главным видом», содержащим геометрическую модель конструкции, и специализированным разделом «Загружения», предназначенным для управления всеми видами нагрузок и воздействий (рис. 2.36).

💡 Главный вид	Конструирование	🤨 Материалы	Сечения	агружения		
(🛟 Добавить загру	жение т <sup>Σ(₩)</sup> Добавит	ь сочетание 🔻	📮 РСУ/РСН ( Ро	оссийская Федераци	ия: СП 20.13330.2016 ) 🔸	🛐 Импорт загружений

Рис. 2.36

В окне «Загружения» выполним операцию: «Добавить загружение» → «Статическое загружение» (рис. 2.37).



Рис. 2.37

При работе с диалоговым окном «Имя» необходимо внимательно и максимально информативно указывать наименования создаваемых загружений, чтобы в дальнейшем избежать путаницы при анализе результатов расчёта. В рамках текущего проекта мы последовательно создаём три отдельных вида нагрузок: первое обозначаем как «Снеговая нагрузка» (учитывающее нормативное значение снегового покрова для конкретного региона строительства), второе - «Собственный вес конструкции» (включающий массу всех несущих элементов - рёбер, обшивок и соединительных элементов), и третье - «Вес утеплителя» (учитывающий массу теплоизоляционного слоя, который является постоянной нагрузкой) (рис. 2.38).



Рис. 2.38

При работе с нормативными требованиями в разделе «РСУ/РСН (не использовать)» необходимо осуществить выбор соответствующего свода правил, регламентирующего расчётные параметры и методики проектирования. В данном случае следует выбираем строку: «Российская Федерация: СП 20.13330.2016» (рис. 2.39).

[ <sup>1</sup> ↓] Добавить загружение ▼ <sup>Σ(↓)</sup> Добавить сочетание ▼	[ РСУ/РСН ( Не использовать ) 👻 🛅 Импорт загруж	ений
43 43 43 <b>3</b>	📀 Не использовать ре заг	ружен
🖃 🌐 Библиотека загружений	СССР: СНиП 2.01.07-85*	
	Украина: ДБН В.1.2-2:2006	
🛄 Библиотека сочетаний	Российская Федерация: СП 20.13330.2011	
	Российская Федерация: СП 20.13330.2016	
	Европейский союз: EN 1990:2002         ости	

Рис. 2.39

В окне «Вид загружения» выбираем «Постоянное» (рис. 2.40).

Вид загружения		Постоянное	•
		Постоянное	
		Длительное	
	1	Кратковременное Крановое вертикальное	
		Особое	
	1.1	Мгновенное	
		Неактивное	
	4		

Рис. 2.40

При работе с параметрами нагрузок в окне «Коэффициент приведения» необходимо определить, в каких величинах будут задаваться наши загружения – «Расчётных» или «Нормативных», что принципиально влияет на методику дальнейших вычислений. Расчётные нагрузки учитывают коэффициенты надёжности по нагрузке, обеспечивая необходимый запас прочности конструкции, тогда как нормативные нагрузки отражают характерные эксплуатационные значения без дополнительных повышающих коэффициентов (рис 2.41).

Коэффициент приведения	
К нормативным нагрузкам	1
К расчетным нагрузкам	1
Доля длительности	1

Рис. 2.41

В окне «Добавить сочетание» выбираем «Пользовательское сочетание» (рис. 2.42).



Рис. 2.42

В появившемся окне «Редактор пользовательского сочетания» с правой стороны изменяем значения «Поправочного коэффициента» с «0» на «1». Остальное оставляем без изменения (рис 2.43).

0.011 0						
РСН: Пользо	вательское сочетание					
Имя	Пользовательское сочетание					
Описание						
		Оценка начальн	ой потери у	устойчивости		
	Анализ устойчивости	Не выполнять	•	Количество форм потери устойчивости	1	*
Посезать только загружения с некулевыми козффициентами						
#	Имя загружения					Коэффициент
1 川	1. Собственный вес					1
2 🛄	2. Cher					1

Рис. 2.43

Заполнение раздела «Редактор загружений» - завершено.

## 2.9. Заполнение раздела «Триангулирование»

В верхней части интерфейса программы находим «Панель выбора операций», где последовательно раскрываем разделы: «Вид и выбор» → «Выбрать все объекты», что активирует функцию полного выделения всех компонентов нашей клеефанерной панели. Визуальным подтверждением успешного выполнения операции служит изменение цвета всей конструкции на красный – это свидетельствует о том, что все элементы (рёбра жёсткости, верхняя и нижняя обшивки, узловые соединения) были корректно выбраны и готовы к дальнейшим преобразованиям.

После завершения выделения переходим к следующему этапу: в той же «Панели выбора операций» выбираем последовательно «Добавить» — «Архитектурные элементы», что открывает диалоговое окно с параметрами моделирования. В данном окне переходим в раздел «Параметры триангуляции», где устанавливаем значение шага равное 0.1, что обеспечит оптимальную детализацию конечно-элементной сетки для последующих расчётов. После подтверждения операции выделение красным цветом автоматически снимается — это указывает на успешное завершение процесса и готовность модели к генерации расчётной сетки. Указанный шаг триангуляции (10 см) был выбран исходя из требований точности расчётов при оптимальном количестве конечных элементов, что позволит получить достоверные результаты без избыточной нагрузки на вычислительные ресурсы (рис 2.44).



Рис. 2.44

Повторяя последовательность действий, мы вновь активируем инструменты выделения и параметризации в верхней «Панели выбора

операций», но на завершающем этапе вместо настройки характеристик переходим непосредственно к разделу «Триангуляция», где, оставляя все предложенные программой параметры по умолчанию без изменений (что особенно важно для обеспечения единообразия расчётной модели и сопоставимости результатов), подтверждаем операцию нажатием кнопки «Триангулировать», которая инициирует автоматический процесс разбиения всей геометрической модели на конечные элементы с сохранением всех ранее заданных свойств материалов, граничных условий и нагрузок, что визуально проявляется в появлении характерной сетки на всех компонентах конструкции, свидетельствующей о готовности системы к проведению прочностного анализа с учётом всех заданных эксплуатационных факторов и конструктивных особенностей объекта (рис. 2.45).



Рис.2.45

Заполнение раздела «Триангулирование» - завершено. В конце у вас должно получиться деление на конечные элементы не только по горизонтали, но и по вертикали (рис. 2.46).



Рис. 2.46

## 2.10. Заполнение раздела «Нагрузки»

В верхней «Панели выбора операций» выбираем  $\rightarrow$  «Вид и выбор»  $\rightarrow$  «Выбрать объекты»  $\rightarrow$  Выбираем вес верхний пояс, выделяя <u>слева направо</u> (что бы область выделения была лилового цвета) (рис. 2.47).



Рис. 2.47

В верхней «Панели выбора операций» выбираем → «Назначение» → «Нагрузки». Последний в операции раздел обозначается знаком «⋘» (рис. 2.48).



Рис. 2.48

В открывшемся окне, проделываем следующую операцию для назначения загружения «Снеговая нагрузка»: «Библиотека нагрузок» → «Нагрузки на платину» → «Равномерно распределённая сила» (рис. 2.49).



Рис. 2.49

В окне «Величина нагрузки» вводим величину нашей <u>расчётной</u> нагрузки. В нашем примере расчётное значение будет равно 1,89  $\kappa H/M^2 = 0,192 \text{ тс}/M^2$  (рис. 2.50).

🗛 Библиотека нагрузок 🔹			
Равномерно распределённая сила :			
Имя P=0тс/м^2; Равномерно распред			
Описание			
Pz X			
Система координат			
О Глобальная О Х			
О Локальная О У			
O Выравнивания 🛈 Z			
О Проекционная			
Величина нагрузки			
Р= 0,192 🗰 тс/м^2			
Эксцентриситеты			
dZ= 0 м			
Назначить ⇒ 🔊			

Рис. 2.50

После проделанных операций нажимаем кнопку «Назначить». Выделение конструктивного элемента (красным цветом) должно сняться и появиться загружение (рис. 2.51).



Рис. 2.51

В верхней «Панели выбора операций» выбираем  $\rightarrow$  «Вид и выбор»  $\rightarrow$  «Выбрать объекты»  $\rightarrow$  Выбираем всё конструкцию, выделяя

<u>слева направо</u> (что бы область выделения была лилового цвета) (рис. 2.52).



Рис. 2.52

В верхней «Панели выбора операций» выбираем → «Назначение» → «Нагрузки». Последний в операции раздел обозначается знаком « ﷺ» (рис. 2.53).



Рис. 2.53

В открывшемся окне проделываем следующую операцию для назначения загружения «Собственный вес конструкции»: «Библиотека нагрузок» — «Интерактивные нагрузки» — «Равномерно распределённая сила» (рис. 2.54).



Рис. 2.54

В окне «Собственный вес: Собственный вес» оставляем всё без изменений и нажимаем кнопку «Назначить» (рис. 2.55).



Рис. 2.55

После проделанных операций нажимаем кнопку «Назначить». Выделение конструктивного элемента (красным цветом) должно сняться и появиться загружение (рис. 2.56).



Рис. 2.56

В верхней «Панели выбора операций» выбираем  $\rightarrow$  «Вид и выбор»  $\rightarrow$  «Выбрать объекты»  $\rightarrow$  Выбираем всё ферму, выделяя <u>слева на</u> <u>право</u> (что бы выделение было лилового цвета) (рис. 2.57).



Рис. 2.57

В верхней «Панели выбора операций» выбираем → «Назначение» → «Нагрузки». Последний в операции раздел обозначается знаком «⋘» (рис. 2.58).

Вид и выбор	Редакторы и к	онструиро	вание	Добави	ть Пра	авка На	значение
T)	T			6,	≽	600	<u> </u>
ь сечение, матер иструирование	иал, Изменить тип КЭ	Нагрузки	Связи	Шарниры	Жесткие вставки	Расчетные сечения	<ul> <li>Упругое основани</li> </ul>
		Наз	начить н	нагрузки			Ha

Рис. 2.58

В открывшемся окне проделываем следующую операцию для назначения загружения «Вес утеплителя»: «Библиотека нагрузок» → «Нагрузки на пластину» → «Равномерно распределённая сила» (рис. 2.59).



Рис. 2.59

В окне «Величина нагрузки» вводим величину нашей <u>расчётной</u> нагрузки. В нашем примере расчётное значение будет равно 0,11  $\kappa H/M^2 = 0,011 Tc/M^2$  (рис. 2.60).

<< 中	Нагрузки				
*	Добавлен	ие нагрузок			
E.	Библиотека наг	рузок 🔻			
Равном	иерно распределё	нная сила :			
Имя	Р=0тс/м^2;	Равномерно распред			
Описа	ание				
ţ	Z Y X				
	Система ко	ординат			
💿 Гло	бальная	ОX			
ОЛо	кальная	OY			
ОВы	равнивания	⊙ Z			
	оекционная				
	Величина н	агрузки			
P=	0.011 📰	тс/м^2			
	Эксцентриситеты				
dZ=	0	м			
Назначить 🖘					

Рис. 2.60

После проделанных операций нажимаем кнопку «Назначить». Выделение конструктивного элемента (красным цветом) должно сняться и появиться загружение (рис. 2.61).



Рис. 2.61

Заполнение раздела «Нагрузки» - завершено.

**Примечание:** после назначения всех видов загружений между ними можно переключаться, нажав в правом верхнем углу кнопку с названием действующего, на данный момент, загружения (рис. 2.62).

Щ 1. Собственный вес	<u>+</u> -	-	٥
—Щ 1. Собственный вес —Щ 2. Снег			
Выберите загружение, чтобы сделать его	текущим.		

Рис. 2.62

## 2.11. Заполнение раздела «Расчёт»

В верхней «Панели выбора операций» выбираем → «Расчёт» → «Выполнить расчёт».

Последний в операции раздел обозначается знаком « 🍊 ».

В окне «Основные» ставим галочки под пунктами: «Переходить в результаты после успешного расчёта» и «При успешном расчёте выполнять расчёт конструкций» (рис. 2.63).



Рис. 2.63

В окне «Тип расчёта» ставим галочки в «Подбор» и «Проверка». В окне «Силовые факторы» ставим галочку в «РСН». В окне «Политика расчёта» ставим галочки в «Стальные элементы» и «Деревянные элементы» (рис. 2.64).

A Kor	нструирование				
Ти	Тип расчета				
🗹 Подбор	🗹 Проверка				
Сило	вые факторы				
Усилия	РСУ				
🗹 РСН	🗌 Монтаж+				
Поли	тика расчета				
Все элементы					
🗸 Стальные элем	енты				
🗌 Железобетонн	ые элементы				
🗹 Деревянные эл	пементы				
Коэффициенты для расчета по усилиям					
нормативный 1					
расчетный	1				
доля длительност	и 1				

Рис. 2.64

После проделанных операции нажимаем кнопку «Запустить расчёт». Если всё верно было сделано, то в «Панели выбора операций», появятся новые значки (рис. 2.65).



Рис. 2.65

В окне «Результаты», чтобы учесть действие сразу всех загружений выполним операцию: «Результаты» → «Загружения/РСН». После нажатия данная кнопка должна стать жёлтого цвета (рис. 2.66).



Рис. 2.66

Для анализа усилий, возникающих в нашей конструкции (N, M<sub>y</sub>,  $Q_z$ ) и определения перемещений (F<sub>y</sub>, F<sub>z</sub>), проведём следующую операцию: «Результаты»  $\rightarrow$  «Пластины». Нажимая на кнопки с обозначениями усилий на экран, будут выводиться соответствующие эпюры (рис. 2.67).



Рис. 2.67

# 2.12. Заполнение раздела «Проверка»

После проделанных выше расчётов проведём проверку по прочности, первым действием мы определяем расчётное сопротивление всех элементов нашей конструкции по СП 64.13330.2017.

## Расчётные характеристики материалов:

<u>Верхняя общивка:</u>  $R_{\phi p} = 21 \text{ МПа}; R_{\phi c} = 18 \text{ МПа}; R_{\phi \mu} = 10 \text{ МПа}; R_{\phi c\kappa} = 1,2 \text{ МПа}.$ <u>Нижняя общивка:</u>  $R_{\phi p} = 21 \text{ МПа}; R_{\phi c} = 19,5 \text{ МПа}; R_{\phi \mu} = 4,5 \text{ МПа}; R_{\phi c\kappa} = 1,2 \text{ МПа}.$ <u>Рёбра:</u>  $R_{\mu}^{p} = 21 \text{ МПа};$  $R_{c\kappa}^{p} = 2,7 \text{ МПа};$ 

Далее, подставив в левую часть формулы (вместо  $\sigma$ ), наше расчётное значение  $N_x$  проверяем нашу конструкцию по нормальным напряжениям. Подставив в левую часть формулы (вместо  $\tau$ ) наше расчётное значение  $T_{xy}$ , проверяем нашу конструкцию по касательным напряжениям.

Произведём проверки:

# Проверяем прочность нижней обшивки:

 $\sigma =$  (наше рассчётное значение Nx) МПа  $< \varphi R_{\rm dp} = 21 * 0.6 = 12.6$  МПа

# Прочность верхней обшивки на местный изгиб проверяем по формуле:

 $\sigma$  = (наше рассчётное значение Nx) МПа <  $R_{\phi\mu} * m_{\mu} = 10 * 1,2 = 7,8$  Мпа

# Проверяем прочность рёбер:

## 1. По нормальным напряжениям:

 $\sigma$  = (наше рассчётное значение Nx) МПа  $\leq R_{\mu} = 21$  МПа;

### 2. По касательным напряжениям:

 $\tau =$  (наше рассчётное значение Тху) МПа <  $R_{c\kappa} = 2,7$  МПа;

В случае успешного прохождения всех проверок, конструкция рассчитана верно. Если же результаты проверок неудовлетворительные, необходимо увеличить толщину элемента.

# Тема 3. РАСЧЁТ ДВУХКОНСОЛЬНОЙ БАЛКИ

# 3.1. Создание расчётной схемы с шестью степенями свободы

Для моделирования динамического поведения конструкции необходимо разработать расчётную схему, учитывающую три степени свободы. Это позволит анализировать перемещения системы в трёх независимых направлениях (например, линейные перемещения по осям X, Y и Z или комбинация линейных и угловых перемещений). Перед началом работы необходимо запустить программный комплекс LIRA 10.12, предназначенный для расчёта и проектирования строительных конструкций.

1. Запускаем программу ПК LIRA 10.12 (рис. 3.1).



Рис. 3.1

2. В открывшемся диалоговом окне «Параметры проекта» найдите поле «Имя» (или «Название проекта»), в котором по умолчанию может быть указано стандартное название (например, «Безымянный» или «Имя»). Измените название проекта на «Двухконсольная балка» для точного отражения сути выполняемого расчёта (рис. 3.2).

Имя	Двухконсольная балка
Описание	

Рис. 3.2

3. В разделе «Тип создаваемой задачи» (или аналогичном, в зависимости от версии интерфейса) раскройте выпадающий список доступных схем. Выбираем из перечня «Тип создаваемой задачи» → «Пространственная конструкция (X, Y, Z, UX, UY, UZ) (рис. 3.3).

	Тип создаваемой задачи
$\odot$	(1) Плоская ферма или балка-стенка (Х,Ζ)
$\odot$	(2) Плоская рама (Х,Ζ,ՍҮ)
$\odot$	(3) Плоская плита или ростверк (Z,UX,UY)
$\odot$	(4) Пространственная ферма или объемный массив (X,Y,Z)
۲	(5) Пространственная конструкция (X,Y,Z,UX,UY,UZ)
0	(7) Пространственная конструкция с учетом депланации стержней (X,Y,Z,UX,UY,UZ,W)

Рис. 3.3

Итог того, что должно получиться, соблюдая вышеизложенные операции (рис. 3.4):

	Параметры проекта				
Имя	Двухконсольная балка				
Эписание					
	Тип гоздавания				
) (1) Плоо	ая ферма или балка-стенка (X.Z)				
) (2) Плоо	an pawa (XZ.UY)				
) (3) Плоо	ая паита или ростверк (Z.UX,UY)				
) (4) Прос	ранственная ферма или объемный массия (XYZ)				
<ul> <li>(5) Прос</li> </ul>	pakraeheak kokrapykukk (X,Y,Z,UX,UY,UZ)				
) (7) Прос	ранственная конструкция с учитом делианации стержней (X:Y.Z.UX.UV,U.Z.W)				
В задаче	удут присутствовать немнейные элементы («НЕЛИНЕЙНОСТь»)				
В задаче	удет использоваться система « МОНТАЖ »				
В задаче	удет использоваться система « ДИНАМИКА + »				
В задаче	yger использоваться система « MOCT »				
В задаче	jyget unnonsodeatsce uncrease « PUSHOVER »				
Определя	ние характеристик композитного поперечного сечения стержин (система « CEVIEHИE »)				
Задача р	cvera rewneparyphoro no.ns (okrtewa « TENJORPOBOДHOCTЬ »)				
Задача м	раемированиия фильтрациия в насыщенном влагоф грунте (октема = ФИЛЬТРАЦИЯ »)				
Путь	C\Users\Public\Documents\Lia SoftLIRA10.2024/FEMProject				
Созда	lo l				

Рис. 3.4

4. Остальное всё пропускаем и нажимаем кнопку «Создать».

5. Первый этап выполнен.

## 3.2. Геометрическая постройка объекта

Перед созданием геометрической модели необходимо правильно настроить рабочую среду, включая параметры координатной сети.

В левом нижнем углу интерфейса программы найдите и нажмите кнопку «Сеть построения 🥕» (или аналогичную по смыслу, например, «Настройки сетки»). После нажатия откроется диалоговое окно с параметрами сетки.

В открывшемся окне найдите раздел «Ориентация осей» или «Плоскость построения».

Из доступных вариантов выберите:

1. Тип отображения: «XOZ» (это соответствует выбранной ранее плоской схеме рамы).

2. Остальные параметры (шаг сетки, привязка и др.) можно оставить по умолчанию, если они соответствуют требованиям проекта (рис 3.5).



Рис. 3.5

Первичная настройка «Сети построения» завершена.

В верхней «Панели выбора операций» выбираем → «Добавить» → «Арх. элементы».

Последний в операции раздел обозначается знаком «<sup>22</sup>».

В открывшемся диалоговом окне «Задание» необходимо выбрать тип создаваемого элемента конструкции – «Пластина», после чего следует указать её местоположение в рабочей области программы, для чего курсор наводится на произвольную точку в системе координат, где предполагается размещение объекта. Для точного позиционирования пластины в пространстве используется функционал клавиши «Tab», позволяющий последовательно переключаться между полями ввода координат (X, Y, Z), что обеспечивает поочередное задание каждой пространственной координаты с требуемой точностью (рис. 3.6).



Рис. 3.6

Вводим последовательно 4 граничные точки крайним значениям геометрических параметров конструкции. После введения необходимых координат для закрепления точки на конкретной координате нажимаем «Enter» на клавиатуре.

Точка №1. Выставляем точку в начало координат (рис. 3.7).



Рис. 3.7

Точка №2. В этой точке мы меняем координату Z на высоту нашей балки, остальное оставляем без изменений (рис. 3.8).



Рис. 3.8

Точка №3. В этой точке мы меняем значение по координате X на длину нашей конструкции, значение по Z оставляем без изменений (рис 3.9).



Рис. 3.9

Точка №4. В этой точке мы меняем координату Ү на 0, не изменяя при этом значение по длине балки (рис. 3.10).



Рис. 3.10

По окончанию конструирования ребра нажмём кнопку «Добавить» (рис. 3.11).

*	Задание			
•	Пластина			
0 📋	Стена			
0	Проем / вырез			
0	Стержень			
0	Колонна			
• <del>• • •</del>	Свая			
Высота этажа	3	м		
Разрешить динамический ввод				
Добавить =>>				

Рис. 3.11

**Примечание:** для осуществления самопроверки и подтверждения корректности выполненных действий рекомендуется использовать встроенные инструменты навигации программы. Для этого необхо-
димо кликнуть правой кнопкой мыши на любом свободном участке рабочего пространства, после чего в появившемся контекстном меню выбрать пункт «Исходный вид» – это действие вернёт модель к стандартному ракурсу, установленному по умолчанию. Полученное изображение должно визуально соответствовать приведённому в методических указаниях или техническом задании эталонному рисунку, включая расположение пластин, рёбер, их геометрические параметры и взаимную ориентацию. Такой подход позволяет оперативно выявить возможные ошибки моделирования на раннем этапе, будь то неверно заданные координаты, неправильные размеры элементов или их ошибочное позиционирование в пространстве, что особенно важно при работе со сложными конструктивными системами, где точность каждого компонента критически влияет на итоговый результат проектирования (рис. 3.12).



Рис. 3.12

После успешного создания первого ребра конструкции необходимо выполнить важный этап моделирования – назначение узловых точек, которые в дальнейшем послужат опорными элементами для задания граничных условий и приложения нагрузок. Для этого в верхней части интерфейса программы находим «Панель выбора операций», где последовательно раскрываем разделы: сначала выбираем категорию «Добавить», а затем конкретную команду «Добавить узлы», что активирует соответствующий инструмент работы с узлами. Данная процедура позволяет вручную или автоматически создать узловые точки в ключевых местах конструкции – в местах соединения элементов, по краям рёбер и в других стратегически важных позициях, что существенно упростит последующую работу с моделью при назначении опорных условий, приложении сосредоточенных сил или моментов, а также при анализе напряжённо-деформированного состояния конструкции в этих характерных точках. Последний в операции раздел обозначается знаком «<sup>\*\*</sup>» (рис 3.13).

< <	Þ	Добави	ть узлы			
\$		38	адавая кос	рдин	аты	
	×	(м)	Y (м)		Ζ (м	)
	0.875		0	1	0	
Þ	4.375		0		D	
~	Добав	ленные	узлы удаля	ять и:	з списка	a
>	Добав Исполи относи	ленные 5308ать 1тельны	узлы удаля координа ю	ять и: ты ка	з списка	a
•	Добав Исполі относі	ленные ъзовать ительны	узлы удаля координа е	ять и: ты ка	з списк к Добави	а ТЬ +>>
×	Добав Исполі относі	ленные ъзовать ительны Испол	узлы удаля координа е пьзовать н	ять и: ты кан	з списка к Добави вление	a Tb +>>
×	Добав Исполн относы	ленные ъзовать ительны Испол	узлы удаля координа не пьзовать н По окруж	ять и: ты кан напран	з списка к Добави вление	a Tb ⇒≫

Рис. 3.13

После того, как мы нажали на последнее окно в операции, наводимся на нижний угол нашего ребра и нажимаем на него, так мы создадим узел.

После активации кнопки «Добавить» в интерфейсе программного комплекса, на визуализированной модели конструкции появятся две контрольные точки маркировочного цвета (обычно синего или оранжевого оттенка), которые обозначают предполагаемые зоны будущего крепления панели к несущим элементам каркаса (рис. 3.14).



Рис. 3.14

#### 3.3. Заполнение граничных условий конструкции

### Создание «шарнирно неподвижной опоры» у левой части двухконсольной балки.

В верхней части интерфейса программы расположена «Панель выбора операций», где необходимо последовательно активировать инструменты для работы с элементами модели: сначала раскрываем вкладку «Вид и выбор», затем выбираем опцию «Выбрать объекты», что переводит программу в режим селекции узлов конструкции. Для выделения крайних узлов по нижнему поясу панели следует провести курсором с зажатой левой кнопкой мыши слева направо, формируя прямоугольную область выделения таким образом, чтобы в неё попали только целевые узлы – визуальным подтверждением корректного выбора послужит изменение их цвета на характерный лиловый оттенок. Этот метод гарантирует точное выделение именно тех узловых точек, которые в дальнейшем будут использоваться для назначения опорных условий или приложения нагрузок, что особенно важно при моделировании граничных условий работы конструкции. При этом необходимо убедиться, что в область выделения не попали посторонние элементы (рёбра жёсткости или участки обшивки), чтобы избежать ошибок на последующих этапах расчёта (рис. 3.15).



Рис. 3.15

После выполнения предыдущих операций по выделению необходимых узлов переходим к важному этапу назначения связей, которые определяют характер взаимодействия элементов конструкции между собой и с опорными точками. В верхней части интерфейса программы находим «Панель выбора операций», где последовательно раскрываем разделы: сначала выбираем категорию «Назначить», затем пункт «Связи» — это активирует диалоговое окно параметров связей. В от-крывшемся окне настроек необходимо установить ограничения степеней свободы: нажимаем кнопку «Запретить все», что автоматически блокирует все возможные перемещения и повороты, а затем вручную разрешаем только поворот вокруг оси X, оставляя соответствующую галочку активной (рис. 3.16).

University of the second s	
паправление связи	Bce
<ul> <li>перемещение вдоль X</li> <li>перемещение вдоль X</li> </ul>	
перемещение вдоль Z	
поворот относительно Х	
поворот относительно Y	
поворот относительно Z	
🗌 депланация W	
🗌 температура Т	
🗆 фильтрация F	
Назначенные закрепления	
<i>,</i>	
٢	>
< 3 Индикация назначения	>
< 2. Индикация назначения <ol> <li>Закрепить</li> </ol>	>
Индикация назначенияЗакрепитьОсвободить	>

Рис. 3.16

После этого нажимаем кнопку «Применить». Внизу балки должно появиться обозначение жёсткого закрепления узла « (рис. 3.17).



Рис. 3.17

Проделываем те же операции, только для правой опоры, создавая «шарнирно-подвижную опору» (рис. 3.18).

Направление связи	
перемещение влоль Х	Bce
Перемещение вдоль Х	
перемещение вдоль Z	
✓ поворот относительно Z	
депланация W	
🗌 температура Т	
🗌 фильтрация F	
Назначенные закрепления	
<	>
Индикация назначения	
Закрепить	
О Освободить	
	Применить

Рис. 3.18

Назначение граничных условий конструкции завершено.

### 3.4. Упаковка элементов конструкций

Для оптимизации работы с моделью и объединения разрозненных элементов в единые конструктивные блоки выполняем операцию упаковки. В верхней части интерфейса программы находим «Панель выбора операций», где последовательно раскрываем разделы: сначала выбираем категорию «Правка», затем пункт «Упаковать/Расшить» – это активирует соответствующий инструмент для управления структурой модели.

После перехода в нужный раздел нажимаем кнопку «Упаковать/Расшить», что позволяет преобразовать выделенные элементы (рёбра, обшивки, узлы) в логически связанные группы. Эта операция существенно упрощает дальнейшее редактирование конструкции – теперь можно перемещать, копировать или назначать свойства целым сборным элементам вместо работы с отдельными частями. Упаковка особенно полезна при сложной геометрии, когда необходимо обеспечить целостность взаимосвязей между компонентами панели при масштабировании или адаптации модели под новые условия. Результатом становится более структурированная и удобная для анализа сборка, готовая к следующим этапам проектирования.

#### 3.5. Заполнение раздела «Редактор материалов»

В верхней «Панели выбора операций» выбираем  $\rightarrow$  «Редактор и конструирование»  $\rightarrow$  «Редактор материалов». Последний в операции раздел обозначается знаком «  $\clubsuit$ ».

Теперь у нас в верхней панели появилась дополнительная вкладка «Материалы», и мы можем переключаться между ней и «Главным видом» (рис. 3.19).



Рис. 3.19

В окне «Материалы» выполним операцию: «Линейный материал» → «Ортотропный материал». Нам откроется окно, в котором мы сможем настроить выбор материала древесины в окнах «Объёмный вес», «Модуль упругости», «Модуль сдвига», «Коэффициент Пуассона» и «Коэффициент температурного расширения». В нашем примере принимаем:

Для балки (рис. 3.20):

Объемный вес	0.65 тс/м^3 Коэффициент,	демпфир. α= 0	/c β= 0 c				
Модуль упругости,тс/м^2 Модуль сдвига,тс/м^2							
E1 1.122E+06	E2 45898	E3 1.122E+06	G12 61197	G13 61197	G23 61197		
		Коэффицие	нт Пуассона				
Nu12 0.018	Nu21 0.45	Nu13 0.018	Nu23 0.45	Nu31 0.018	Nu32 0.018		
		Коэффициент температ	урного расширения, 1/С				
α12 <sub>1E-05</sub>		α21 1E-05		α13 <sub>1E-05</sub>			
α12         1E-05         α13         1E-05           При задании ортотропного материала должны выполняться следующие условия: E1 * Nu12 = E2 * Nu21, E1 * Nu13 = E3 * Nu31 и E2 * Nu23 = E3 * Nu32.         При назначении этого материала оболочечным элементам будут использоваться следующие параметры: E1, E2, Nu12, Nu21, G12.           При назначении этого материала элементам балки-стенки плоской деформации будут использоваться следующие параметры: E1, E2, Nu12, Nu21, G12.         При назначении этого материала элементам балки-стенки плоской деформации будут использоваться следующие параметры: E1, E2, Nu12, Nu21, G12.           При назначении этого материала элементам балки-стенки плоской деформации будут использоваться следующие параметры: E1, E2, Nu12, Nu21, G12.         Nu21, G12.							

Рис. 3.20

Заполнение раздела «Редактор материалов» - завершено.

#### 3.6. Заполнение раздела «Редактор сечений/жесткостей»

В верхней «Панели выбора операций» выбираем  $\rightarrow$  «Редактор и конструирование»  $\rightarrow$  «Редактор сечений/жесткостей». Последний в операции раздел обозначается знаком « )».

Теперь у нас в верхней панели появилась дополнительная вкладка «Сечения», и мы можем переключаться между ней и «Главным видом» (рис. 3.21).



Рис. 3.21

В окне «Сечения» выполним операцию: «Пластины» → «Пластина» (рис. 3.22).



Рис. 3.22

В окне «Описание» прописываем вид элемента, к которому в дальнейшем будет применён данный вид сечения. В нашем примере это «Балка», её размеры Н (ширина) она будет равна 8 см (рис. 3.23).



Рис. 3.23

Редактирование раздела «Редактор сечений/жесткостей» - завершено.

## 3.7. Заполнение раздела «Назначение сечения, материала и конструирования»

В верхней части интерфейса программы расположена «Панель выбора операций», где необходимо последовательно активировать инструменты для работы с элементами модели: сначала раскрываем вкладку «Вид и выбор», затем выбираем опцию «Выбрать объекты», что переводит программу в режим селекции. Для выделения конкретных элементов конструкции следует провести курсором с зажатой левой кнопкой мыши справа налево, формируя область выделения, которая будет обозначена зелёным цветом - такой способ позволяет захватить только те объекты, которые полностью попадают в зону действия инструмента. В нашем примере назначим сечения, материал и конструирование для балки.

В верхней «Панели выбора операций» выбираем  $\rightarrow$  «Назначение»  $\rightarrow$  «Назначить сечение, материал, конструирование». Последний в операции раздел обозначается знаком «  $\mathfrak{W}$ ».

В открывшемся окне проделываем следующую операцию: «Параметры назначения» → «Использовать сечение и материал» (рис. 3.24).



Рис. 3.24

В окне «Доступные сечения» выбираем «Пластина (8 см). «Балка» (рис. 3.24).

До	ступные сечения	
	1. Брус (8х25)	-
0)	1. Брус (8х25) 2. Брус деревянный (8х25)	
	3. Пластина (8)	
	4. Пластина (20)	

Рис. 3.24

В окне «Доступные материалы» выбираем «Лн. ортотр.» (рис. 3.25).

• •		
赵	1. Лн. ортотр.	•
<u>کط</u>	1. Лн. ортотр.	
		_

Рис. 3.25

После проделанных операций нажимаем кнопку «Назначить». Выделение конструктивного элемента (красным цветом) должно сняться (рис. 3.26).

Тара	метр	ры назн	ачения			
<u>о</u> и	CRO	1-20831	L BCÖ			
о и	спо	њзоват	ь сечен	иеим	атериа	n
о и	спо	њаоват	ь сечен	ие	aropilo	
ой	спол	тьзоват	ь матер	иал		
ОИ	спол	тьзоват	ь конст	руиров	зание	
Дост	упн	ые сече	ния			
= 3	Пл	астина (8	3)			
ост	упнь	е мате	риалы			
: 2	. Лн.	ортотр.				•
loor			nunon			
JUCI	yrinu	IC KUNCI	руирова	пис		
						Ŷ
Поли	тик					
Пр эл ма	ои не еме атер	а назна есоотве нту сеч иалу ос	чения етствии ения уж тавлять	назна е назн мате	чаемог аченно риал	о эму
¶П эл ма Пр эл ма	ои не еме атер ои не еме атер	а назна есоотве нту сеч иалу ос есоотве нту сеч иалу ос	чения етствии ения уж тавлять етствии ения уж тавлять	назна е назн мате назна е назн о сечен	чаемог аченно риал чаемог аченно ние	о эму о
Пр эл ма Пр эл ма	ои не еме этер этер	а назна есоотве нту сеч иалу ос есоотве нту сеч иалу ос а для пе	чения ения уж тавлять ения уж ения уж тавлять эременн	назна е назн мате назна е назн сечен ых сеч	чаемог аченно риал чаемог аченно ние	о эму о
ал эл ма Пµ Эл ма Ма	ри на тер тер тика	а назна есоотве нту сеч иалу ос есоотве нту сеч иалу ос а для пе вазначе	чения етствии ения уж тавлять ения уж тавлять аременн нии учи	назна е назн мате назна е назн сечен ых сеч	чаемог аченно риал чаемог аченно ние кений	о эму о эму
пр эл Ма Эл ма Пр Эл Ма	ри на тер ои на тер тика ри на эмен	а назна есоотве нту сеч иалу ос есоотве нту сеч иалу ос а для пе вазначе еение к	чения втствии ения уж тавлять атствии ения уж тавлять временн нии учи рордина	назна е назн мате назна е назн е назна сечен ых сеч	чаемог аченно риал чаемог аченно ние нений	о эму о эму
Пр эл Ма Эл Ма Поли	ри на еме этер ри на еме этер тика	а назна есоотве нту сеч иалу ос есоотве нту сеч иалу ос а для пе назначе нение к у	чения втствии ения уж тавлять втствии ения уж тавлять временн нии учит сордина ордина	назна е назна мате назна е назна е назна сечен ых сеч гыват	чаемог аченно риал чаемог аченно ние кений	о эму о эму
Пр эл ма О эл ма Поли	ри не еме этер ри не этер тика тика с инве	а назна есоотве нту сеч иалу ос есоотве нту сеч иалу ос а для пе а для пе а для пе а для пе	чения етствии тавлять етствии ения уж тавлять ения уж тавлять временн нии учит сордина	назна е назн мате назна е назн сечен ых сеч гыватн т	чаемог аченнс риал чаемог аченнс ние нений	о эму о
Пр эл ма Пр эл ма Ма ( ) Ин, на:	рине еме атер рине атер тика урин аме К Инве	а назна ессотве нту сеч иалу ос ессотве нту сеч иалу ос а для пи азначе нение ко о ү артно ация не ения эл	чения втствии ения уж тавлять етствии ения уж тавлять временн нии учит оордина оордина ордина	назна е назна мате назна е назна е назна е назна вых сечен ых сечен тывате т т в в	чаемог аченно риал чаемог чаемог ние нений	о эму эму
	ри не еме этер ри не еме этер тика тика с инве	а назна есоотве нту сеч иалу ос есоотве нту сеч иалу ос а для па назначе нение ко о Y сртно ация нен еения эл	чения этствии ения уж тавлять этствии ения уж аременн нии учи оордина ордина ордина	назна назна мате назна е назна е назна сечен ых сечен тывать т в на назна е назна сечен назна сечен назна сечен назна сечен назна сечен назна сечен назна сечен назна сечен назна сечен назна сечен назна сечен назна сечен назна сечен назна сечен назна сечен на назна сечен на на сечен на на сечен на на сечен на на сечен на на сечен на на сечен на сечен на сечен на на сечен на на на сечен на на на на на на на сечен на на	чаемог аченно риал чаемог аченно ние нений	о му ому тъ :>>

Рис. 3.26

Заполнение раздела «Назначение сечения, материала и конструирования» завершено.

### 3.8. Заполнение раздела «Редактор загружений»

В верхней «Панели выбора операций» выбираем  $\rightarrow$  «Редактор и конструирование»  $\rightarrow$  «Редактор загружений». Последний в операции раздел обозначается знаком «  $\bowtie$ ».

В процессе работы с программным комплексом после выполнения определенных операций активировалась новая функциональная возможность - в верхней панели управления интерфейса появилась дополнительная вкладка «Загружения», которая органично встроилась в существующую структуру меню между другими разделами. Теперь пользователь получил возможность удобного переключения между основным «Главным видом», содержащим геометрическую модель конструкции, и специализированным разделом «Загружения», предназначенным для управления всеми видами нагрузок и воздействий (рис. 3.27).



Рис. 3.27

В окне «Загружения» выполним операцию: «Добавить загружение» → «Статическое загружение» (рис. 3.28).

Рис. 3.28

При работе с диалоговым окном «Имя» необходимо внимательно и максимально информативно указывать наименования создаваемых загружений, чтобы в дальнейшем избежать путаницы при анализе результатов расчёта. В рамках текущего проекта мы задаёмся одной про-извольной нагрузкой 17кН/м.

При работе с нормативными требованиями в разделе «РСУ/РСН (не использовать)» необходимо осуществить выбор соответствующего свода правил, регламентирующего расчётные параметры и методики

проектирования. В данном случае следует выбираем строку: «Российская Федерация: СП 20.13330.2016» (рис. 3.29).

[ РСУ/РСН ( Не использовать ) 👻 👔 Импор	рт загружений
Не использовать	ре загружен
СССР: СНиП 2.01.07-85*	
Украина: ДБН В.1.2-2:2006	
💼 Российская Федерация: СП 20.13330.2011	
📕 Российская Федерация: СП 20.13330.2016	
🔟 Европейский союз: EN 1990:2002	ости
	РСУ/РСН (Не использовать)              Ш         Импор            Не использовать              Ш              Ш              Ш              Импор            Украина: ДБН В.1.2-2:2006              Российская Федерация: СП 20.13330.2011               Российская Федерация: СП 20.13330.2016            Вросейский союз: ЕN 1990:2002

Рис. 3.29

### В окне «Вид загружения» выбираем «Постоянное» (рис. 3.30).

ид загружения		Постоянное	•
		Постоянное	
		Длительное	
	4	Кратковременное	ľ
		Крановое вертикальное	ŀ
		Особое	
	1.1	Мгновенное	
		Неактивное	
	4		

Рис. 3.30

При работе с параметрами нагрузок в окне «Коэффициент приведения» необходимо определить, в каких величинах будут задаваться наши загружения – «Расчётных» или «Нормативных», что принципиально влияет на методику дальнейших вычислений. Расчётные нагрузки учитывают коэффициенты надёжности по нагрузке, обеспечивая необходимый запас прочности конструкции, тогда как нормативные нагрузки отражают характерные эксплуатационные значения без дополнительных повышающих коэффициентов (рис. 3.31).

Коэффициент приведения	
К нормативным нагрузкам	1
К расчетным нагрузкам	1
Доля длительности	1

Рис. 3.32

В окне «Добавить сочетание» выбираем «Пользовательское сочетание» (рис. 3.33).



Рис. 3.33

В появившемся окне «Редактор пользовательского сочетания» с правой стороны изменяем значения «Поправочного коэффициента» с «0» на «1». Остальное оставляем без изменения (рис. 3.34).

Славный вид Сечения Конструирование	Загружения											Ŧ	+ >
ГЗДобавить загружение • В Добавить сочетание • PC	3/PCH ( Poca	ийская Федерация: СП 20.13330.2011) 🔹 🖾 Импорт загр	/жений										
ti	Статика : Ста	зтическое загружение ( Нагрузка )											
на Библиотека загружений	Имя	Нагрузка											
Виблиотека сочетаний	Описание												
				Оценя	а начальной п	отери устойчивости							
		Анализ устойчивости	Не выполня	ть	•	Kon	чество фор	м потери устой-	ивости	1			¢
					Сочетания н	ыгружений							
		Вид загружения		Неактивное	•	Знакопеременн	ость					По умолчанию	
	Коэффици	ент приведения		Коэффициенты	для РСУ								
	Кнормат	гивным нагрузкам	1	1 основное	2 основное	Сейсмическое	Особое	5 сочетание	6 сочетание	7 сочетание	8 сочетание	9 сочетание	
				0	0	0	0	0	0	0	0	0	C
	К расчет	ным нагрузкам	1										
	Доля дли	тельности	1	_									
	-												_

Рис. 3.34

Заполнение раздела «Редактор загружений» - завершено.

## 3.9. Заполнение раздела «Триангулирование»

В верхней части интерфейса программы находим «Панель выбора операций», где последовательно раскрываем разделы: «Вид и выбор» — «Выбрать все объекты», что активирует функцию полного выделения всех компонентов нашей клеефанерной панели. Визуальным подтверждением успешного выполнения операции служит изменение цвета всей конструкции на красный – это свидетельствует о том, что все элементы (рёбра жёсткости, верхняя и нижняя обшивки, узловые соединения) были корректно выбраны и готовы к дальнейшим преобразованиям. После завершения выделения переходим к следующему этапу: в той же «Панели выбора операций» выбираем последовательно «Добавить» — «Архитектурные элементы», что открывает диалоговое окно с параметрами моделирования. В данном окне переходим в раздел «Параметры триангуляции», где устанавливаем значение шага равное 0.1, что обеспечит оптимальную детализацию конечно-элементной сетки для последующих расчётов. После подтверждения операции выделение красным цветом автоматически снимается — это указывает на успешное завершение процесса и готовность модели к генерации расчётной сетки. Указанный шаг триангуляции (10 см) был выбран исходя из требований точности расчётов при оптимальном количестве конечных элементов, что позволит получить достоверные результаты без избыточной нагрузки на вычислительные ресурсы (рис. 3.35).



Рис. 3.35

На завершающем этапе вместо настройки характеристик переходим непосредственно к разделу «Триангуляция», где, оставляя все предложенные программой параметры по умолчанию без изменений (что особенно важно для обеспечения единообразия расчётной модели и сопоставимости результатов), подтверждаем операцию нажатием кнопки «Триангулировать», которая инициирует автоматический процесс разбиения всей геометрической модели на конечные элементы с сохранением всех ранее заданных свойств материалов, граничных условий и нагрузок, что визуально проявляется в появлении характерной сетки на всех компонентах конструкции, свидетельствующей о готовности системы к проведению прочностного анализа с учётом всех заданных эксплуатационных факторов и конструктивных особенностей объекта (рис. 3.36).

< Триангуляция	
При триангуляции учитывать	
🗹 Другие архитектурные элементы	
🗹 Сеть конечных элементов	
<ul> <li>Упаковать итоговую сеть</li> </ul>	
Триангулировать	
Перед триангуляцией выполнить автосохранение	

Рис. 3.36

Заполнение раздела «Триангулирование» - завершено.

## 3.10. Заполнение раздела «Нагрузки»

В верхней «Панели выбора операций» выбираем  $\rightarrow$  «Вид и выбор»  $\rightarrow$  «Выбрать объекты»  $\rightarrow$  Выбираем балку, выделяя <u>слева</u> <u>направо</u> (что бы область выделения была лилового цвета) (рис. 3.37).



Рис. 3.37

В верхней «Панели выбора операций» выбираем  $\rightarrow$  «Назначение»  $\rightarrow$  «Нагрузки». Последний в операции раздел обозначается знаком « $\clubsuit$ » (рис. 3.38).



Рис. 3.38

В открывшемся окне, проделываем следующую операцию для назначения загружения «Нагрузка»: «Библиотека нагрузок» → «Нагрузки на расчётную схему» → «Произвольная нагрузка на линию» (рис. 3.39).



Рис. 3.39

В диалоговом окне «Величина нагрузки» необходимо ввести рассчитанное значение распределённой нагрузки, которое в нашем случае составляет 17 кН/м (что эквивалентно 1,73 тс/м при переводе в технические единицы измерения), при этом важно соблюдать точность ввода числовых параметров до второго знака после запятой, чтобы обеспечить корректность последующих расчётов. Ниже основного поля ввода расположены дополнительные параметры, определяющие зону действия нагрузки: в соответствующих полях «Начало» и «Конец» требуется указать координаты по длине элемента (в метрах), между которыми будет приложено заданное усилие, что позволяет моделировать локальные нагрузочные воздействия на конкретных участках конструкции без необходимости разбиения стержневых элементов на отдельные фрагменты – например, для учёта неравномерного распределения снегового покрова или местных технологических нагрузок. Ввод координатных значений должен осуществляться с учётом общей геометрии элемента и точного расположения узловых точек, чтобы исключить возможные ошибки в расчётной схеме и обеспечить соответствие реальным условиям работы конструкции (рис 3.40).

â	1	Добавление нагрузок						
🔩 Бі	иблиотек	а нагрузок 🔹						
Произвольная нагрузка на линию :								
Имя Опи	🔽 Г сание	Троизвольная нагруз	ка і					
	Сист	ема координат						
<ul> <li>⊙ Глобальная</li> <li>○ Х</li> <li>○ Рроекционная</li> <li>○ У</li> <li>⊙ Z</li> </ul>								
		• 2						
	При	икладывать к						
	При	икладывать к иетры нагрузки						
⊙ F	При Паран Регулярна	икладывать к иетры нагрузки ая P= 0	т					
⊙ F ⊖ H	При Паран Регулярна Іерегуля	икладывать к метры нагрузки ая P= <u>0</u> рная	T					
⊙ F ○ F 1	При Паран Регулярна Іерегуля	икладывать к метры нагрузки ая Р= <u>0</u> рная	тс					
⊙ F ⊖ H 1	При Парал Регулярна Нерегуля Х	ос 2 икладывать к метры нагрузки ая P= 0 рная Y Z	T					

Рис. 3.40

После проделанных операций нажимаем кнопку «Назначить». Выделение конструктивного элемента (красным цветом) должно сняться и появиться загружение (рис. 3.41).



Рис. 3.41

Заполнение раздела «Нагрузки» - завершено.

#### 3.11. Заполнение раздела «Расчёт»

В верхней «Панели выбора операций» выбираем → «Расчёт» → «Выполнить расчёт».

Последний в операции раздел обозначается знаком « 🍊 ».

В окне «Основные» ставим галочки под пунктами: «Переходить в результаты после успешного расчёта» и «При успешном расчёте выполнять расчёт конструкций» (рис. 3.41).



Рис. 3.41

В окне «Тип расчёта» ставим галочки в «Подбор» и «Проверка». В окне «Силовые факторы» ставим галочку в «РСН». В окне «Политика расчёта» ставим галочки в «Стальные элементы» и «Деревянные элементы» (рис. 3.42).



Рис. 3.42

После проделанных операции нажимаем кнопку «Запустить расчёт». Если всё верно было сделано, то в «Панели выбора операций», появятся новые значки (рис. 3.43).



Рис. 3.43

В окне «Результаты», чтобы учесть действие сразу всех загружений выполним операцию: «Результаты» → «Загружения/РСН». После нажатия данная кнопка должна стать жёлтого цвета (рис. 3.44).



Рис. 3.44

Для анализа усилий, возникающих в нашей конструкции и определения перемещений, проведём следующую операцию: «Результаты» → «Пластины». Нажимая на кнопки с обозначениями усилий на экран, будут выводиться соответствующие эпюры (рис 3.45-3.48).



Рис. 3.45

Главный в	ид ^ Ма	териалы														₹ +
Усилие Ny	(тс/м^2)															
-150.99 1 Статическ min=-154.5 (5: Разрез Y=0	-132.12 oe загруже 31); max=4.	-113.24 ние 984 (403)	-94.369	-75.495	-56.621	-37.747	-18.874	0	0.54355	1.0871	1.6307	2.1742	2.7178	3.2613	3,8049	4.3484
							12			B						

Рис. 3.46



Рис. 3.47



Рис. 3.48

## Практическая работа № 2 РАСЧЕТ ДВУХКОНСОЛЬНОЙ БАЛКИ

Задание: рассчитать двухконсольную балку для здания пролетом L м., высотой H м. Учитывать расположение объекта, породу материала. Дополнительные параметры, включая класс ответственности здания, температурно-влажностный режим эксплуатации, выбирать самостоятельно в соответствии с требованиями действующих нормативов: СП 20.13330 (актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85) и СП 64.13330 (актуализированная редакция СНиП II-25-80).

**Цель практической работы:** исследование напряженно деформированного состояния двухконсольной балки.

Исходные данные определять на основе цифр присвоенного шифра преподавателем:

1. *Район строительства* и *порода древесины* для несущих конструкций выбирать по первой цифре шифра в соответствии с табл. 1;

2. *Размеры и схему двухконсольной балки* определять по второй цифре шифра в соответствии с табл. 2 (рис. 1);

3. *Размеры сечений* определить по третьей цифре шифра в соответствии с табл. 3.

4. Участки приложения и размер силы определить по четвертой цифре шифра в соответствии с табл. 4.

5. Коэффициенты приведения учесть по табл. 5.



Рис. 1

# Таблица 1

Номера по шифру	Район строительства	Порода древесины
1	Чита	Кедр
2	Новосибирск	Лиственница
3	Владимир	Сосна
4	Вологда	Ель
5	Пермь	Пихта
6	Белгород	Ель
7	Орёл	Сосна

# Таблица 2

Цифра шифра	L, м	Н, м
1	9	3
2	10	4
3	11	4,5
4	8	3
5	7	5
6	13	7
7	12	6

# Таблица 3

Цифра шифра	L м.	Сечение: Н мм. х. В мм.
1	5	20x10
2	7	25x8
3	6	24x12
4	8	30x15
5	9	15x7
6	10	16x8
7	5	26x13

# Таблица 4

Цифра шифра	Участки приложения	Величина нагрузки q		
	силы	(кН/м)		
1	1-2	18		
2	2-3	19		
3	2	20		
4	1,3	30		
5	1-3	25		
6	1-2	24		
7	1,3	23		

Таблица 4

Вид загруже-	Тип загруже-	Коэффициенты приведения					
ния	ния	Нормативная Расчетная		Доля длитель-			
		нагрузка	нагрузка	ности			
Собственный	Постоянный	1	1.1	й			
вес							
Постоянная	Постоянный	й	1.3	1			
нагрузка							
Снеговая	Кратковре-	1	1.4	0.5			
нагрузка	менное						

### Контрольные вопросы

1. Какие типы нагрузок можно назначать в LIRA 10.12 (постоянные, временные, динамические и т.д.)?

2. Как в программе задаются граничные условия и опоры конструкции?

3. Как объединять и комбинировать нагрузки для расчёта?

4. Как в LIRA 10.12 осуществляется проверка прочности и устойчивости элементов конструкции?

5. Какие нормативы и стандарты поддерживает программа для проверки конструкций?

6. Как происходит оптимизация конструкции на основе результатов расчёта?

7. Какие основные этапы создания модели конструкции в LIRA 10.12?

8. Как задаются геометрия и элементы конструкции в программе?

9. Что такое конечные элементы (МКЭ) и как они используются в LIRA?

10. Какие типы конечных элементов поддерживает LIRA 10.12?

11. Как задать материалы и свойства элементов конструкции?

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Практикум содержит задания, выполнение которых поможет студентам освоить начальные навыки проектирования в среде LIRA 10.12, позволит овладеть инструментами для расчета конструкций зданий и сооружений.

Самостоятельная работа способствует приобретению студентами необходимых навыков в решении поставленных задач по указанным темам.

Знание базовых команд и инструментов, а также навыки работы с комплексом LIRA 10.12 позволят применить их при решении специальных задач в дальнейшей учебной и практической деятельности.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ковальчук О. А. Введение в программный комплекс ЛИРА 10.4. – М. : НИУ МГСУ, 2015.

2. Русанова Е. М. Методы решения задач прочности с помощью вычислительной техники : учеб. пособие. – М. : МАМИ, 2014.

3. Варданян Г. С. Сопротивление материалов с основами теории упругости и пластичности : учебник. – М. : АСВ, 1995.

### РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ЭЛЕКТРОННЫЕ РЕСУРСЫ

1. Официальный сайт компании Lira-soft в России. – URL: <u>https://lira-soft.com/</u> (дата обращения: 12.05.2025).

2. Сайт компании Lira-soft с видео-уроками по расчету металлических, железобетонных и деревянных конструкций. – URL: <u>https://lira-soft.com/wiki/video /</u> (дата обращения: 12.05.2025). Учебное электронное издание

#### КАНДРАШКИНА Юлия Сергеевна АНАНЬЕВ Михаил Сергеевич

### АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СТРОИТЕЛЬСТВА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ В СРЕДЕ LIRA 10.12

Учебно-практическое пособие

Издается в авторской редакции

*Системные требования:* Intel от 1,3 ГГц; Windows XP/7/8/10; Adobe Reader; дисковод DVD-ROM.

Тираж 9 экз.

Издательство Владимирского государственного университета имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых. 600000, Владимир, ул. Горького, 87.