


ГЛАВА 9А. РАСЧЕТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Проверка элементов деревянных конструкций производится на основании следующих норм:

- СП 64.13330.2017 «Деревянные конструкции»;
- СНиП II-25-80 «Деревянные конструкции»;
- ДБН В.2.6-161:2017 «Дерев'яні конструкції. Основні положення»;
- EN 1995-1-1:2009 Eurocode 5 «Проектирование деревянных конструкций».

9А.1 ЗАДАНИЕ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

9А.1.1 Задание сечений/жесткостей

Чтобы вызвать **Редактор сечений/жесткостей**, воспользуйтесь командой **Редакторы** ⇒ **Редактор сечений/жесткостей** либо кнопкой  на панели инструментов. В главном окне программы раскроется вкладка **Сечения** (подробнее см. п. 2.13).

Для доступа к списку деревянных сечений нужно в редакторе сечений/жесткостей щелкнуть на кнопке **Деревянные**. В ПК ЛИРА 10.12 доступны такие деревянные сечения:

- цельный прямоугольный брус;
- цельный круглый брус;
- составной двутавр;
- коробка.

В правой части редактора расположено окно параметров сечения, в котором в доступных полях ввода можно задавать и корректировать требуемые геометрические параметры для цельных сечений (рис. 9А.1) и жесткостные характеристики для составных сечений (рис. 9А.2).

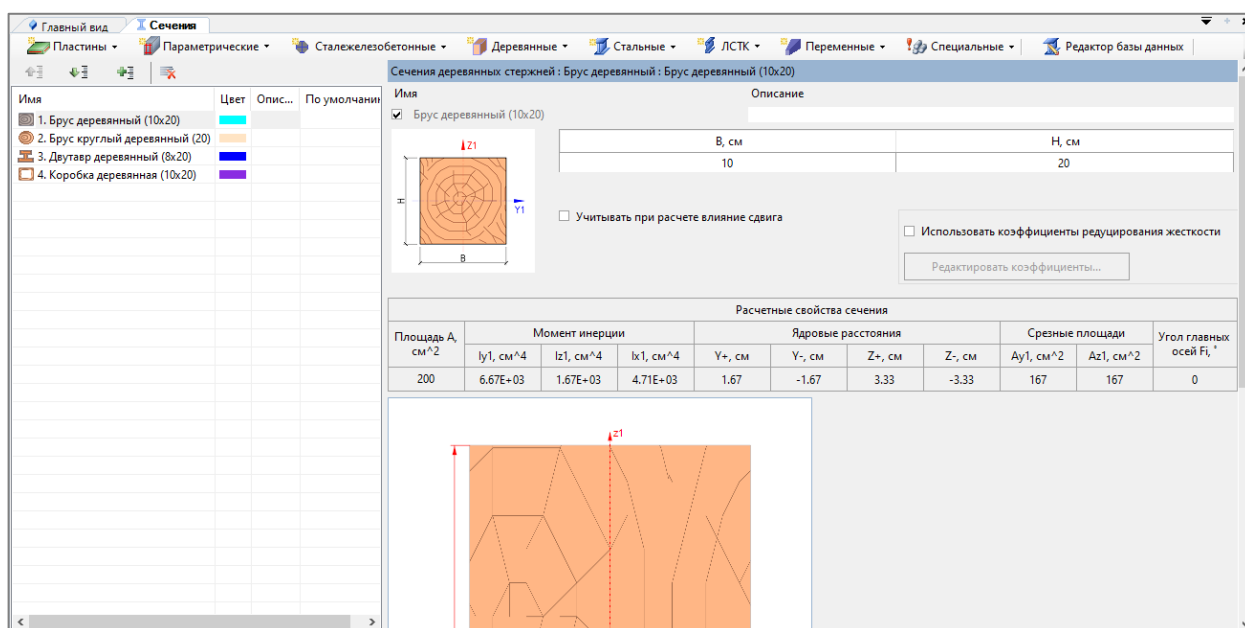


Рис. 9А.1. Вкладка **Сечения** (Брус деревянный)

В окне параметров сечения приведены таблицы с геометрическими и расчетными характеристиками сечения (заполняются программно и не подлежат корректировке). После ввода требуемых параметров динамически отрисовывается эскиз сечения с указанием базовых размеров и отображением направления локальных осей.

Для цельного бруса прямоугольного/круглого сечения необходимо задать только геометрические параметры и установить флажки при необходимости (рис. 9А.1).

Установка/сброс флажка **Учитывать при расчете влияние сдвига** позволяет управлять учетом влияния сдвига при расчете.

Установка флажка **Использовать коэффициенты редуцирования жесткости** позволяет использовать в расчетах коэффициенты редуцирования жесткости, задав их в окне, которое появится после нажатия на кнопку **Редактировать коэффициенты**.

Для создания нового составного деревянного двутаврового/коробчатого сечения необходимо:

1. Выбрать нужный тип сечения **Двутавр/Коробка** из раскрывающегося списка **Деревянные**.
2. Задать необходимые геометрические параметры.
3. Указать требуемый **Материал полок** — из раскрывающихся списков выбрать нормативный документ (**Нормы**) и **Класс** древесины (рис. 9А.3).
4. Указать **Материал стенки** — из раскрывающихся списков выбрать нормативный документ (**Нормы**) и **Класс** древесины (рис. 9А.4).
5. При необходимости установить флажки.
6. Скорректировать поля **Имя** и **Описание**, по желанию, поместив туда необходимую информацию.

После внесения пользователем указанных данных выводится схематический эскиз и таблицы с геометрическими и жесткостными характеристиками выбранного сечения.

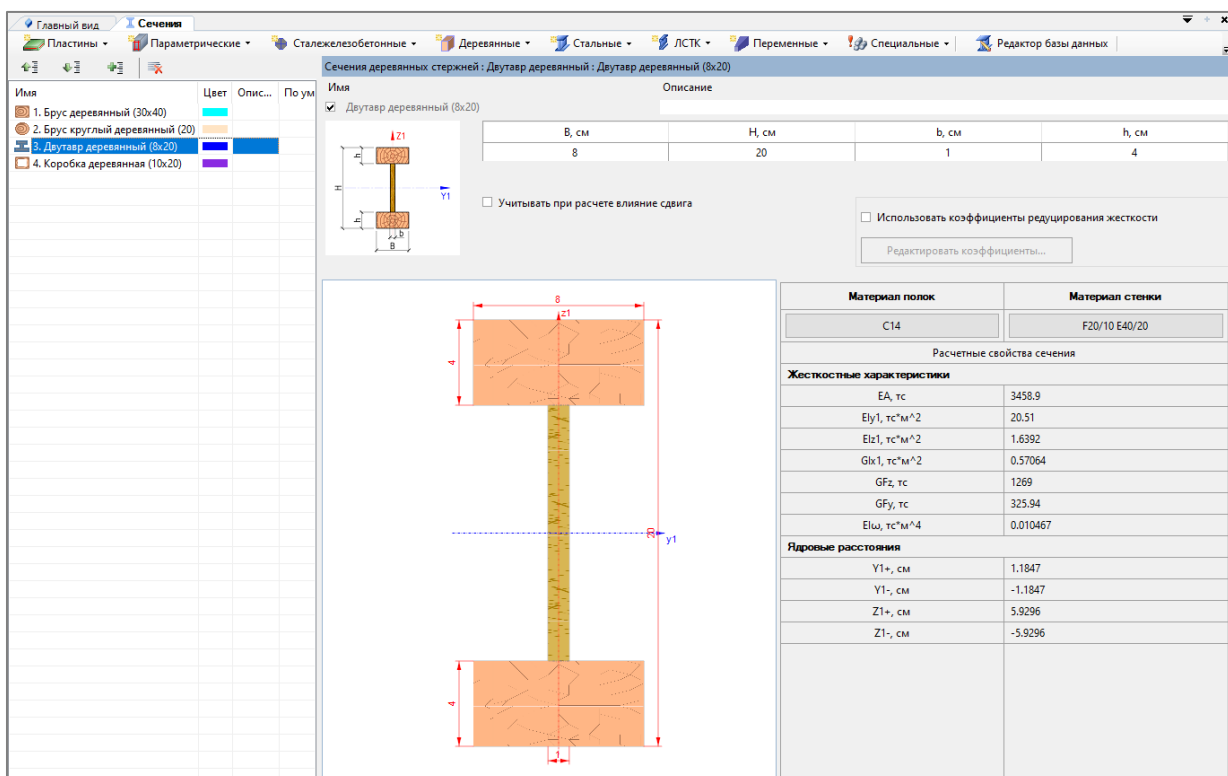


Рис. 9А.2. Вкладка **Сечения** (Двутавр деревянный)

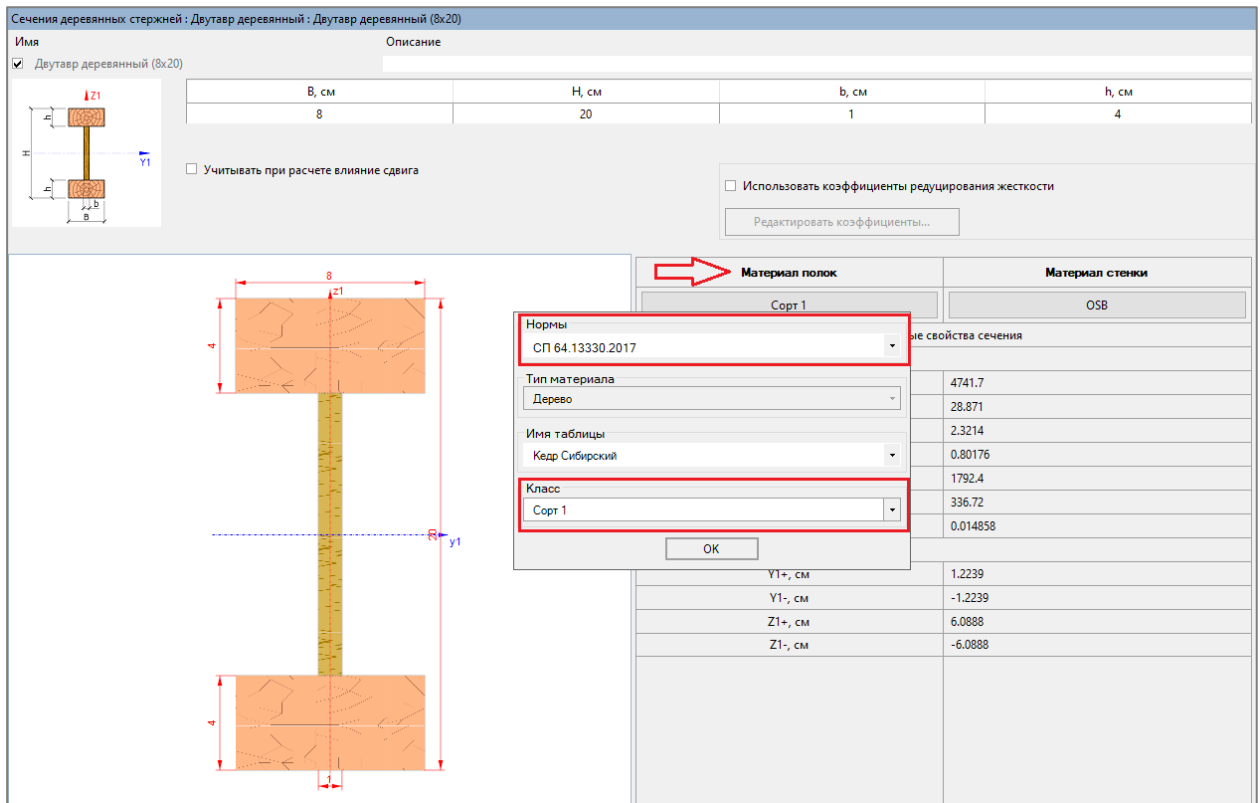


Рис. 9А.3. Окно параметров **Материал полок**

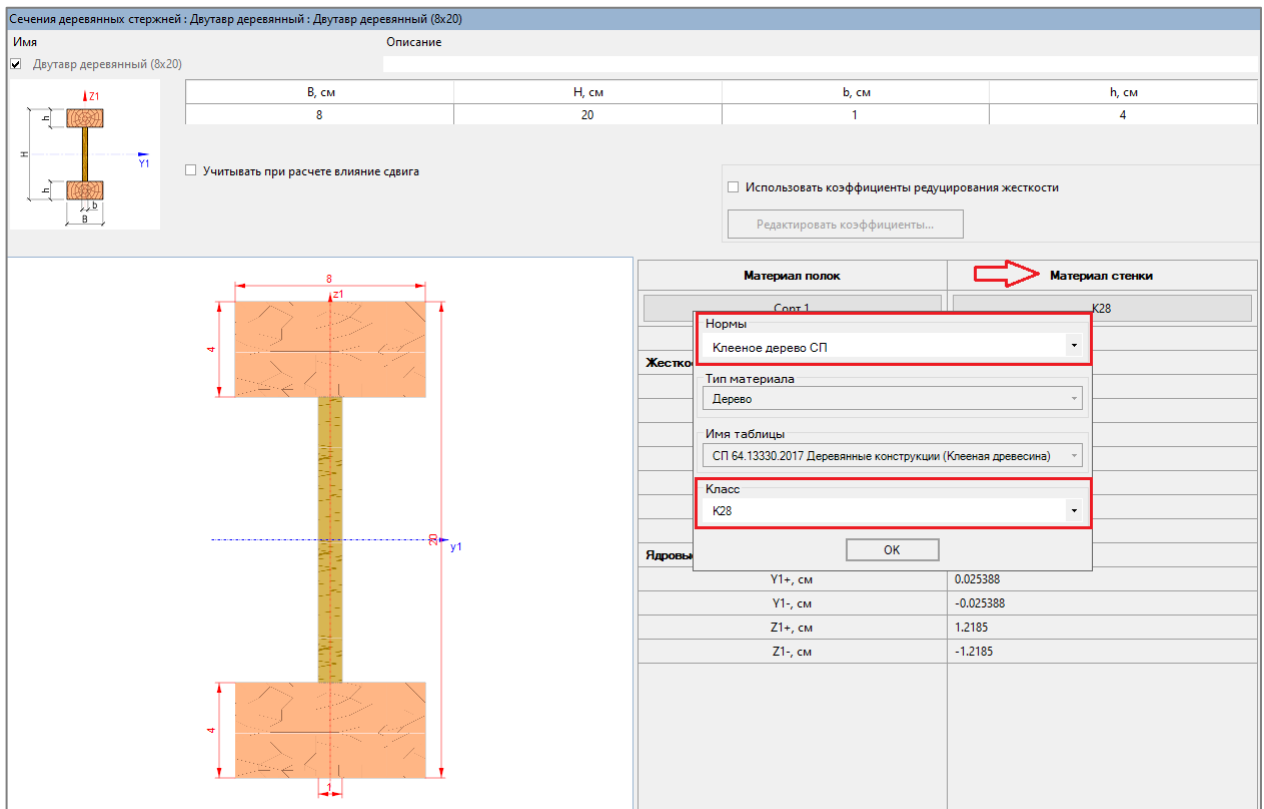



Рис. 9А.4. Окно параметров **Материал стенки**

9А.1.2 Задание материалов

Для доступа к редактору материалов воспользуйтесь командой **Редакторы** ⇨ **Редактор материалов** (кнопка  на панели инструментов). В главном окне программы раскроется вкладка **Материалы** (подробнее см. п. 2.14).

Для задания деревянного материала необходимо во вкладке редактора материалов щелкнуть на кнопке **Материал из базы данных**. В раскрывшемся списке нужно выбрать элемент **Дерево из базы данных**, а затем один из видов пиломатериалов, соответствующий требуемому нормативному документу (рис. 9А.5).

В правой части редактора в окне параметров материала отобразятся стандартные параметры жесткостных характеристик (рис. 9А.6).

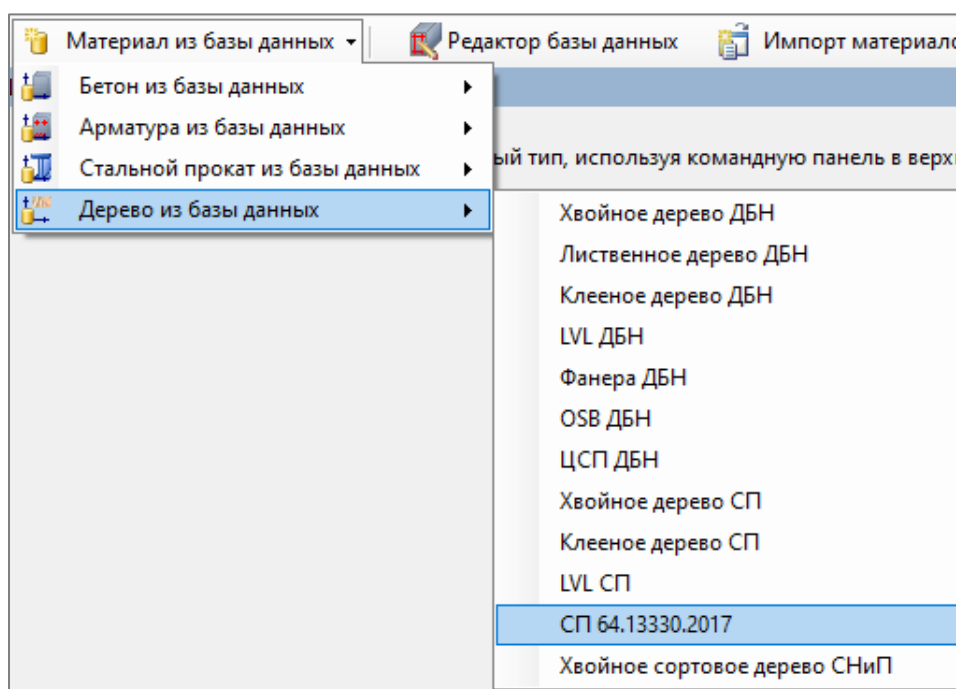



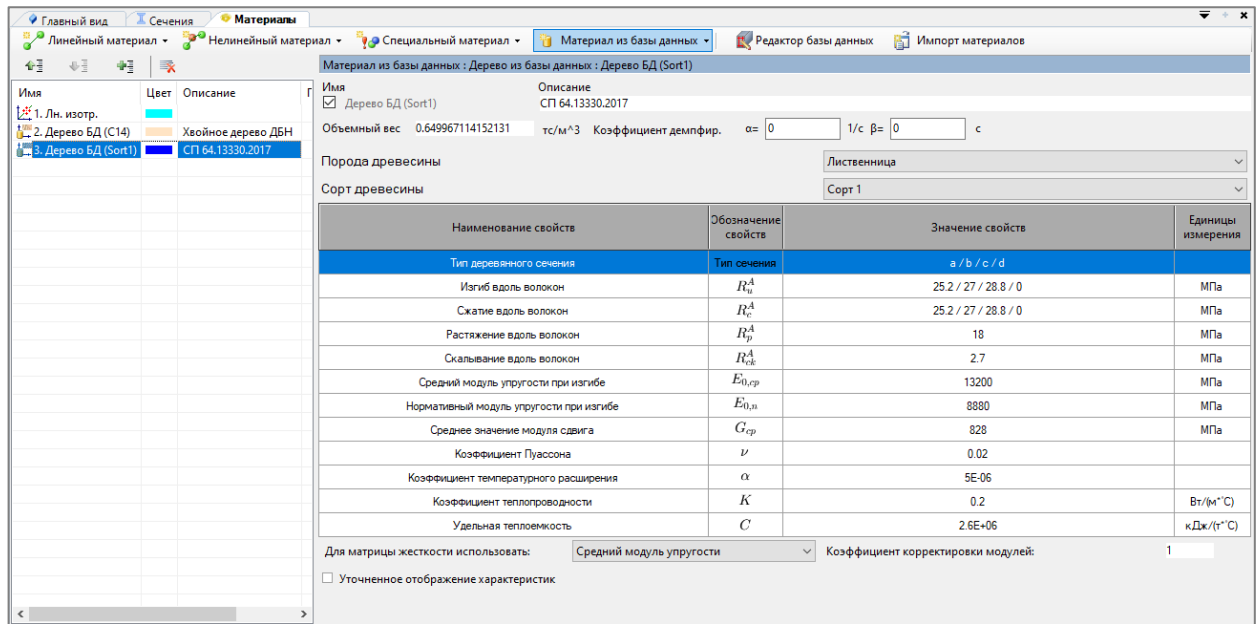
Рис. 9А.5. Список **Дерево из базы данных**


 При выборе необходимого материала все его физико-механические характеристики определяются по **Классам прочности** в соответствии с нормативным документом. И только физико-механические характеристики материала по СП 64.13330.2017 определяются по **Сорту и Породе древесины** в соответствии с табл. 3 и табл. 5 СП 64.13330.2017.

В окне параметров материала необходимо указать:

- **Объемный вес** материала;
- **Класс прочности**, выбрав значение из раскрывающегося списка;
- **Породу древесины** (для СП 64.13330.2017), выбрав элемент из раскрывающегося списка;
- **Сорт древесины** (для СП 64.13330.2017), выбрав элемент из раскрывающегося списка;
- **Коэффициенты демпфирования**, при необходимости.


Также можно изменить используемый **Модуль упругости** для матрицы жесткости.

Рис. 9А.6. Вкладка **Материалы** (СП 64.13330.2017)

 В табл. 3 (п.1) СП 64.13330.2017 приведены 4 условия геометрических характеристик элементов, в соответствии с которыми в окне параметров материала указаны 4 типа параметров материала $a / b / c / d$. При расчете программа автоматически учитывает геометрические параметры сечения, которому назначен данный тип материала и в соответствии с этим определяет необходимые параметры расчетных сопротивлений материала.



Исключение: в табл. 3 (п.1, а) при высоте сечения более 50 см поправочный коэффициент t_b учтен автоматически и доступен для просмотра в протоколе расчета.

9А.1.3 Задание параметров конструирования

Чтобы вызвать редактор параметров конструирования, воспользуйтесь командой **Редакторы** ⇨ **Редактор конструирования** либо кнопкой  на панели инструментов. В главном окне программы раскроется вкладка **Конструирование** (подробнее см. п. 2.16).

Для работы с деревянными конструкциями нужно в редакторе конструирования щелкнуть на кнопке **Деревянные конструкции**, а затем выбрать нужную топологию сечений (рис. 9А.7).

В ЛИРА 10.12 доступны два типа сечений:

- **Стержень сплошной**  . К нему относятся:
 - прямоугольный деревянный брус;
 - круглый деревянный брус.
- **Стержень составной**  . К нему относятся:
 - двутавр деревянный;
 - коробка деревянная.

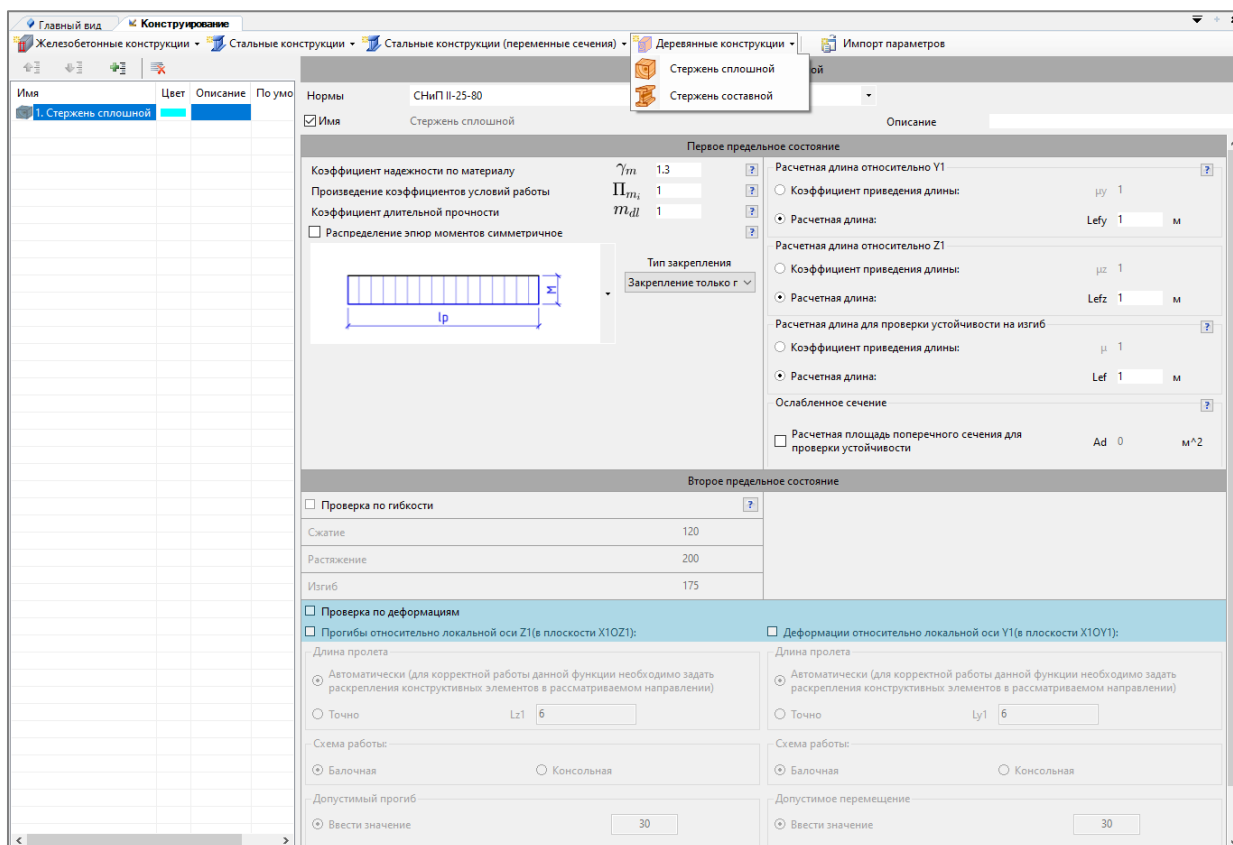




Рис. 9А.7. Вкладка **Конструирование (Стержень сплошной)**

Первый параметр, который нужно задать при конструировании, это **Нормы**. Для сплошных деревянных сечений (прямоугольного и круглого) в программе выполняется расчет и конструирование элементов в соответствии со следующими нормами:


- СНиП II-25-80;
- СП 64.13330.2017;
- ДБН В.2.6-161:2017;
- Еврокод 5.

 При щелчке на кнопке со знаком вопроса  возле соответствующей опции раскрывается таблица с нормативными параметрами, на которые можно ориентироваться при вводе значений.

Сплошное деревянное сечение по СП 64.13330.2017 и СНиП II-25-80

К общим исходным данным, которые нужно задать в параметрах конструирования, относятся (рис. 9А.8):

- **Коэффициент надежности по материалу** — задается при определении материала древесины по **Классам прочности** в соответствии с СП 64.13330.2017, п. 6.2, табл. 6.

 В случае, если в редакторе материалов выбрано **СП 64.13330.2017**, где физико-механические характеристики определяются по **Сорту и Породе древесины**, коэффициент надежности равен **1** (СП п.6.1).

Стержень сплошной

Нормы: СП 64.13330.2017

Имя: Стержень сплошной

Описание: _____

Первое предельное состояние

Коэффициент надежности по материалу γ_m 1.2
 Произведение коэффициентов условий работы $\prod m_i$ 1
 Коэффициент длительной прочности m_{dl} 1

Распределение эпюр моментов симметричное

Тип закрепления:
 Закрепление только по концам участка

Расчетная длина относительно Y1: μ_y 0.5
 Расчетная длина: L_{efy} 1 м

Расчетная длина относительно Z1: μ_z 0.5
 Расчетная длина: L_{efz} 1 м

Расчетная длина для проверки устойчивости на изгиб: μ 0.5
 Расчетная длина: L_{ef} 1 м

Ослабленное сечение: A_d 0 м²

Расчетная площадь поперечного сечения для проверки устойчивости

Второе предельное состояние

Проверка по гибкости

Сжатие: 120

Растяжение: 150

Изгиб: 175

Проверка по деформациям

Прогобы относительно локальной оси Z1 (в плоскости X1OZ1):

Длина пролета:
 Автоматически (для корректной работы данной функции необходимо задать распределения конструктивных элементов в рассматриваемом направлении)
 Точно: $Lz1$ 6

Деформации относительно локальной оси Y1 (в плоскости X1OY1):
 Длина пролета:
 Автоматически (для корректной работы данной функции необходимо задать распределения конструктивных элементов в рассматриваемом направлении)
 Точно: $Ly1$ 6

Схема работы:
 Балочная Консольная

Допустимый прогиб:
 Ввести значение: 0.03
 В долях пролета: $Lz1 / 250$

Автоматически по п.2а табл.Е1
 Высота: $\leq 6m$ $> 6m$

Допустимое перемещение:
 Ввести значение: 0.03
 В долях пролета: $Ly1 / 250$

Автоматически по п.2а табл.Е1
 Высота: $\leq 6m$ $> 6m$

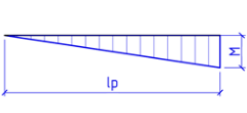


Рис. 9А.8. Стержень сплошной (СП 64.13330.2017)

• **Произведение коэффициентов условий работы** — задается в соответствии с п. 6.9 СП 64.13330.2017.

• **Коэффициент длительной прочности** — соответствует режиму длительности загрузки.

• **Выбор формы эпюры и типа закрепления** осуществляется щелчком мыши на эпюре или типе закрепления. Раскрывается список с возможными вариантами форм или типов закрепления. Определяется в соответствии с п. 7.14 СП, п. 4.14 СНИП для принятия коэффициента k_f (зависит от формы эпюры изгибающих моментов в соответствии с табл. Е.1 приложения Е СП 64.13330.2017 и табл. 2 приложения 4 СНИП II-25-80).

• **Распределение эпюр моментов симметричное** — учет симметрии формы эпюры моментов осуществляется в соответствии с п. 7.17 СП, п. 4.16 СНИП для определения коэффициента ξ . При активном флажке программа не учитывает поправочный коэффициент k_n , определяемый по формуле (39) СП и (31) СНИП.

• **Расчетные длины** элементов деревянных конструкций задаются относительно локальных осей Y1 и Z1. В зависимости от выбранного переключателя (**Коэффициент приведения длины** или **Расчетная длина**) нужно задать коэффициент к геометрической длине конструктивного элемента или значение расчетной длины в метрах. Если рассматриваемый элемент не входит в состав конструктивного элемента, коэффициент приведения длины принимается к геометрической длине самого конечного элемента. При


задании расчетной длины нужно руководствоваться п. 7.23 СП или 4.21 СНиП (в зависимости от выбранного нормативного документа).

- **Ослабленное сечение** — при активизации флажка в данной области можно задать расчетную площадь сечения с учетом ослабления.

- **Проверка по гибкости** — для активизации нужно установить соответствующий флажок и задать нужное значение предельной гибкости на **Сжатие**, **Растяжение** или **Изгиб** (табл. 16 СП или табл. 14 СНиП).

- **Проверка по деформациям** — задаются параметры для проверки предельно-допустимых прогибов относительно локальных осей Y1 и Z1. Для активизации проверки по деформациям нужно установить одноименный флажок. Далее путем установки флажков (**Прогибы относительно локальной оси Z1** и **Деформации относительно локальной оси Y1**) можно выбрать, относительно каких осей нужно выполнить проверку. После этого нужно задать **Длину пролета**, выбрав переключатель **Автоматически** (длина пролета равняется расстоянию между раскреплениями в пределах конструктивного элемента, которому присваиваются данные параметры конструирования, или его геометрической длине, если не заданы раскрепления) или **Точно** (задается длина пролета в метрах). В случае точного задания длины пролета путем выбора переключателя указывается схема работы конструкции: **Балочная** или **Консольная**. Далее нужно выбрать один из трех вариантов задания максимально допустимого прогиба:

- **Ввести значение** — значение задается в миллиметрах;
- **В долях пролета** — указывается знаменатель, т.е. во сколько раз максимальный прогиб должен быть меньше длины пролета конструкции;
- **Автоматически по п. 2а табл.19 СНиП (по п. 2а табл. Е1 СП)** — с помощью выбора переключателя $\leq 6m$ или $> 6m$ задается предел высоты конструкции, с помощью которого программа автоматически определяет максимальный прогиб в соответствии с выбранными нормами.

 *На определение прогибов в конструктивном элементе влияют заданные ему раскрепления, которые позволяют определить прогиб рассматриваемого конструктивного элемента без учета перемещения его опор.*

Сплошное деревянное сечение по ДБН В.2.6-161:2017 и Eurocode 5

К общим исходным данным, которые нужно задать в параметрах конструирования, относятся (рис. 9А.9):

- **Коэффициент надежности по материалу** — задается при определении материала древесины по **Классам прочности** (табл. 6.1 ДБН или табл. 2.3 Eurocode).

- **Коэффициент преобразования** — учитывает продолжительность действия нагрузки и температурно-влажностные условия эксплуатации (табл. А.1 ДБН или табл. 2.3 Eurocode).

Расчетные длины и Проверка по деформациям задаются аналогично с описанными выше исходными данными для СП, в соответствии с выбранным нормативным документом.

Стержень сплошной

Нормы: ДБН В.2.6-161:2017

Имя: Стержень сплошной

Описание: _____

Первое предельное состояние

Кoeffициент надежности по материалу γ_m 1.3

Кoeffициент преобразования, который учитывает продолжительность действия нагрузки и температурно-влажностные условия эксплуатации k_{mod} 0.5

Расчетная длина относительно Y1

Кoeffициент приведения длины: μ_y 1

Расчетная длина: L_{efy} 1 м

Расчетная длина относительно Z1

Кoeffициент приведения длины: μ_z 1

Расчетная длина: L_{efz} 1 м

Расчетная длина для проверки устойчивости на изгиб

Кoeffициент приведения длины: μ 1

Расчетная длина: L_{ef} 1 м

Ослабленное сечение

Расчетная площадь поперечного сечения для проверки устойчивости A_d 0 м²

Второе предельное состояние

Проверка по деформациям

Прогибы относительно локальной оси Z1 (в плоскости X1OZ1):

Длина пролета

Автоматически (для корректной работы данной функции необходимо задать раскрепления конструктивных элементов в рассматриваемом направлении)

Точно $Lz1$ 6

Схема работы:

Балочная Консольная

Допустимый прогиб

Ввести значение 0.03

В долях пролета $Lz1 / 200$

Автоматически по п.2а табл.1

Высота помещения $\leq 6m$ $> 6m$

Деформации относительно локальной оси Y1 (в плоскости X1OY1):

Длина пролета

Автоматически (для корректной работы данной функции необходимо задать раскрепления конструктивных элементов в рассматриваемом направлении)

Точно $Ly1$ 6

Схема работы:

Балочная Консольная

Допустимое перемещение

Ввести значение 0.03

В долях пролета $Ly1 / 200$

Автоматически по п.2а табл.1

Высота помещения $\leq 6m$ $> 6m$

Рис. 9А.9. Стержень сплошной (ДБН В.2.6-161:2017)

Составное деревянное сечение по ДБН В.2.6-161:2017 и Eurocode 5

К общим исходным данным, которые нужно задать в параметрах конструирования, относятся (рис. 9А.10):

- **Кoeffициент надежности по материалу** — задается при определении материала древесины по **Классам прочности** (табл. 6.1 ДБН или табл. 2.3 Eurocode).
- **Кoeffициент преобразования** — учитывает продолжительность действия нагрузки и температурно-влажностные условия эксплуатации (табл. А.1 ДБН или табл. 3.1 Eurocode).
- **Кoeffициент для оценки деформаций ползучести** — для деревянных материалов и их соединений при постоянной длительности действия нагрузки (табл. А.2 ДБН или табл. 3.2 Eurocode).
- **Кoeffициент для практически постоянного значения переменного действия Q** — определяется в соответствии с табл. А.1.1 норм ДСТУ-Н Б В.1.2-13 и EN 1990:2002.
- **Тип фиксации ламелей и Количество ламелей** — учитываются при расчете коoeffициента прочности системы для ламинированных листов настила из клееной древесины.

Расчетные длины и Проверка по деформациям задаются аналогично с описанными выше исходными данными для СП, в соответствии с выбранным нормативным документом.

Стержень составной

Нормы: ДБН В.2.6-161:2017

Имя: Стержень составной

Описание: _____

Первое предельное состояние

Кoeffициент надежности по материалу γ_m 1.3

Кoeffициент преобразования, который учитывает продолжительность действия нагрузки и температурно-влажностные условия эксплуатации (полки) $k_{mod.f}$ 0.5

Кoeffициент преобразования, который учитывает продолжительность действия нагрузки и температурно-влажностные условия эксплуатации (стенка) $k_{mod.w}$ 0.4

Кoeffициент для оценки деформаций ползучести с учетом соответствующего эксплуатационного класса для деревянных строительных материалов и их соединения при постоянной и квазипостоянной продолжительности действия нагрузки (полки) $k_{def.f}$ 0.6

Кoeffициент для оценки деформаций ползучести с учетом соответствующего эксплуатационного класса для деревянных строительных материалов и их соединения при постоянной и квазипостоянной продолжительности действия нагрузки (стенка) $k_{def.w}$ 3

Кoeffициент для практически постоянного значения переменного действия Q ψ_2 0.2

Расчетная длина относительно Y1

Кoeffициент приведения длины: μ_y 1

Расчетная длина: L_{efy} 1 м

Расчетная длина относительно Z1

Кoeffициент приведения длины: μ_z 1

Расчетная длина: L_{efz} 1 м

Расчетная длина для проверки устойчивости на изгиб

Кoeffициент приведения длины: μ 1

Расчетная длина: L_{ef} 1 м

Тип фиксации lamелей	Количество lamелей, шт.
Склеенные	4

Второе предельное состояние

Проверка по деформациям

Прогобы относительно локальной оси Z1(в плоскости X1OZ1):

Длина пролета

Автоматически (для корректной работы данной функции необходимо задать раскрепления конструктивных элементов в рассматриваемом направлении)

Точно L_{z1} 6

Схема работы:

Балочная Консольная

Допустимый прогиб

Ввести значение 0.03

В долях пролета $L_{z1} / 200$

Автоматически по п.2а табл.1

Высота помещения ≤ 6м > 6м

Деформации относительно локальной оси Y1(в плоскости X1OY1):

Длина пролета

Автоматически (для корректной работы данной функции необходимо задать раскрепления конструктивных элементов в рассматриваемом направлении)

Точно L_{y1} 6

Схема работы:

Балочная Консольная

Допустимое перемещение

Ввести значение 0.03

В долях пролета $L_{y1} / 200$


Автоматически по п.2а табл.1


Высота помещения ≤ 6м > 6м

Рис. 9А.10. Стержень составной (ДБН В.2.6-161:2017)

9А.2 АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ РАСЧЕТА


Для получения протокола расчета по деревянным конструкциям необходимо:

1. Запустить задачу на расчет (с помощью команды **Расчет** ⇨ **Выполнить расчет** либо кнопки  на панели инструментов).

2. Перейти в режим расчета конструкций (с помощью команды **Расчет** ⇨ **Расчет конструкций** либо кнопки  на панели инструментов).

3. На вкладке **Параметры структурного расчета** панели режима **Расчет конструкций** (рис. 9А.11) установить флажки возле необходимых параметров расчета.

4. Щелкнуть по кнопке **Отправить элементы на расчет**.

5. После успешного выполнения расчета перейти в режим результатов расчета по деревянным конструкциям (с помощью команды меню **Спец. результаты** ⇨ **Деревянные конструкции** либо кнопки  на панели инструментов).

После чего станет доступен протокол расчета (рис. 9А.12).

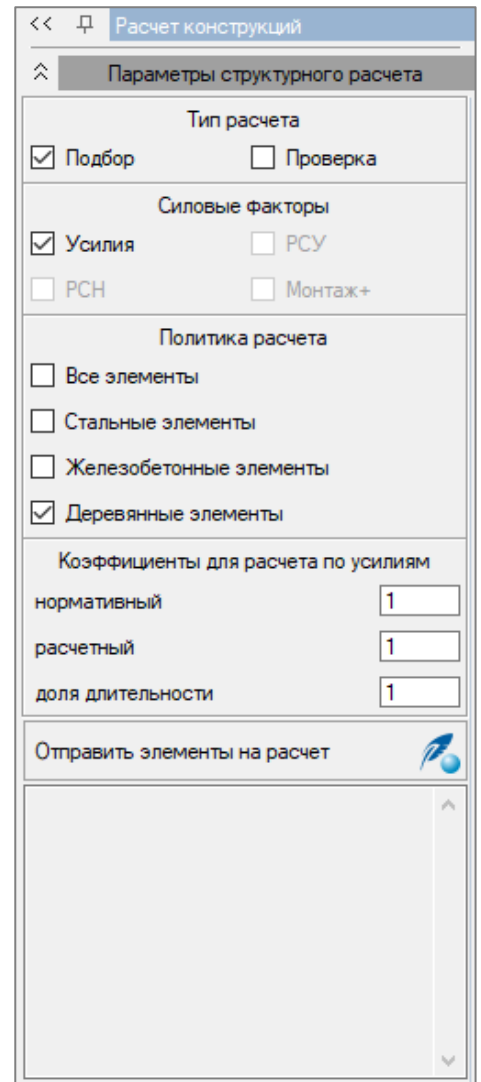


Рис. 9А.11. Режим Расчет конструкций

Номер	Сечение	Ошибки	Предупр.	I ПС (прочность)				I ПС (общая устойчивость)				Составное сечение				II ПС (гибкость)		II ПС (прогибы)	
				$\sigma_{\text{ср}}$ $\sigma_{\text{пл,д}}$ $\sigma_{\text{пл,с}}$	$\sigma_{\text{ср}}$ $\sigma_{\text{пл,д}}$ $\sigma_{\text{пл,с}}$	$T_{\text{д}}$	$T_{\text{ср}}$	$\sigma_{\text{ср}}$ $\sigma_{\text{пл,д}}$	$\sigma_{\text{ср}}$ $\sigma_{\text{пл,д}}$	$\sigma_{\text{ср}}$ $\sigma_{\text{пл,д}}$	$\sigma_{\text{ср}}$ $\sigma_{\text{пл,д}}$	$F_{\text{н,лб}}$ $F_{\text{н,сб}}$	$T_{\text{пл,сд}}$	λ_x	λ_y	δ_x	δ_y		
FE - 431z	Брус деревянный (0.1х)			3	66	43	37			1						9	4	35	0
FE - 431t	Брус деревянный (0.1х)			3	66	43	37			1						9	4	35	0
FE - 420z	Брус деревянный (0.1х)			3	66	43	37			1						9	4	35	0
FE - 420t	Брус деревянный (0.1х)			3	66	43	37			1						9	4	35	0
FE - 416z	Брус деревянный (0.1х)			2	58	39	45			1						9	4	28	0
FE - 416t	Брус деревянный (0.1х)			2	58	39	45			1						9	4	28	0
FE - 436z	Брус деревянный (0.1х)			2	58	39	45			1						9	4	28	0
FE - 436t	Брус деревянный (0.1х)			2	58	39	45			1						9	4	28	0
FE - 418z	Брус деревянный (0.1х)			2	44	45	17			0						9	4	94	0
FE - 418t	Брус деревянный (0.1х)			2	44	45	17			0						9	4	94	0
FE - 433z	Брус деревянный (0.1х)			2	44	45	17			0						9	4	94	0
FE - 433t	Брус деревянный (0.1х)			2	44	45	17			0						9	4	94	0
FE - 441z	Брус деревянный (0.1х)			2	43	41	12			0						9	4	96	0
FE - 441t	Брус деревянный (0.1х)			2	43	41	12			0						9	4	96	0
FE - 444z	Брус деревянный (0.1х)			2	43	41	12			0						9	4	96	0
FE - 444t	Брус деревянный (0.1х)			2	43	41	12			0						9	4	96	0
FE - 442z	Брус деревянный (0.1х)			2	41	8	16			0						8	4	291	0
FE - 440z	Брус деревянный (0.1х)			2	41	8	16			0						8	4	291	0

Рис. 9А.12. Протокол расчета