



# **APM Wood**

**Проектирование и расчет ферменных  
деревянных конструкций с соединениями  
на металлических зубчатых пластинах  
в среде APM Graph**

Руководство пользователя

## **APM Wood**

Проектирование и расчет ферменных деревянных конструкций с соединениями на металлических зубчатых пластинах в среде APM Graph

---

### **Версия 10.1**

Руководство пользователя

Научно-технический центр «АПМ»

141070, Россия, Московская область, г. Королёв, Октябрьский бульвар, д. 14, оф. 6

тел./факс: +7 (498) 600-25-11, (495) 514-84-19.

Наш адрес в Интернете: <http://www.apm.ru>, e-mail: [com@apm.ru](mailto:com@apm.ru)

Авторские права © 2007-2011 Научно-технический центр «АПМ» (ООО НТЦ «АПМ»). Все права защищены. Все программные продукты НТЦ «АПМ» являются зарегистрированными торговыми марками центра. Названия и марки, упомянутые в данном руководстве, являются зарегистрированными торговыми марками их законных владельцев.

Отпечатано в России

## Содержание

---

<b>Введение</b> .....	<b>4</b>
О программе .....	4
Критерии расчета .....	4
Краткий путеводитель по руководству .....	5
Требования к аппаратному и программному обеспечению .....	5
<b>Глава 1. Справочник команд</b> .....	<b>6</b>
<b>Глава 2. Прочностной расчет деревянных конструкций</b> .....	<b>8</b>
2.1. Порядок выполнения расчета .....	8
2.2. Создание геометрической модели конструкции .....	8
<i>Типовые конструкции</i> .....	8
<i>Построение произвольной модели</i> .....	10
<i>Настройки чертежно-графического редактора</i> .....	10
<i>Отрисовка и редактирование балок</i> .....	12
<i>Свойства бруса</i> .....	12
2.3. Задание параметров материала .....	13
2.4. Задание нагрузки .....	14
<i>Загружения. Учет собственного веса конструкции</i> .....	14
<i>Нагрузки</i> .....	15
<i>Динамические загрузки</i> .....	16
<i>Комбинация загрузок</i> .....	17
2.5. Выполнение расчета .....	18
2.6. Результаты расчета .....	18
2.7. Сохранение модели и результатов расчета .....	19
<b>Глава 3. Расчет и проектирование соединений</b> .....	<b>20</b>
Порядок выполнения расчета .....	20
3.1. Редактирование соединений .....	20
3.2. Автоматизированный расчет МЗП и его особенности .....	21
<i>Пластины узлов верхнего и нижнего пояса, а также левого или правого бруса</i> ....	21
<i>Выполнение расчета</i> .....	22
3.3. Ручная установка пластин и проверочный расчет МЗП .....	23
<i>Отрисовка МЗП в узлах соединения</i> .....	23
<i>Выполнение расчета</i> .....	23
3.4 Ручная установка нагелей .....	23
3.5. Просмотр, сохранение результатов расчета и вывод на печать .....	24

## Введение

---

### О программе

Комплекс проектирования ферменных деревянных конструкций с расчетом соединений на металлических зубчатых пластинах является одной из комплектаций CAD/CAE Системы автоматизированного расчета и проектирования конструкций для промышленного и гражданского строительства APM Civil Engineering, разработанной в Научно-техническом центре «АПМ».

Деревянные конструкции представляются в виде ферменных или рамных моделей. Применение параметрической библиотеки позволяет существенно ускорить построение моделей деревянных конструкций наиболее часто используемых конфигураций. Система включает также библиотеку стандартных сечений брусьев и базу данных по размерам и несущим способностям МЗП, выпускаемых ЗАО «ТЕХКОМПЛЕКТ». Специальные функции построения и редактирования балок позволяют быстро усечь, срastить, удлинить брусья для быстрого создания произвольных сложных конструкций.

После задания нагрузок выполняется прочностной расчет модели. Одним из наиболее эффективных способов соединения деревянных стержней (брусьев) в каркасных деревянных конструкциях является соединение на металлических зубчатых пластинах (далее – МЗП). В системе реализовано два типа расчета соединений МЗП: проектировочный и проверочный.

При проектировочном расчете подбор параметров и расположение зубчатых пластин относительно узла осуществляется автоматически. При проверочном расчете пользователь устанавливает металлические зубчатые пластины в узлах соединения и выбирает их параметры из библиотеки в ручном режиме. После выполнения расчета система выдаст предупреждение о возможности использования заданных пользователем пластин. Такой расчет целесообразно проводить, когда требуется проверить пригодность для соединения уже имеющихся МЗП.

При расчете учитываются растягивающе-изгибные и сжимающе-изгибные напряжения, а также устойчивость сжатых брусьев. Расчеты выполняются согласно нормативным документам:

*Стандарт организации. СТО 3654501-002-2006. Деревянные клееные и цельнодеревянные конструкции. Методы проектирования и расчета. ЦНИИСК, Москва, 2006 г.*

В результате расчета можно получить автоматическую генерацию подетальных чертежей элементов модели и параметров соединения в узлах металлическими зубчатыми пластинами. Технологически все это необходимо для корректного распила каждого из сотен либо тысяч деревянных брусьев, входящих в состав строительного объекта; составлении спецификации на МЗП и документации по сборке деревянной конструкции.

Комплекс APM Wood работает в качестве приложения к чертежно-графическому редактору APM Graph. Все необходимые расчеты на действующие усилия, прочность и устойчивость выполняются расчетным ядром конечно-элементного анализа Системы APM Civil Engineering – модулем APM Structure3D.

### Критерии расчета

После вычисления действующих усилий все элементы конструкции проходят проверку в соответствии с СТО 3654501-002-2006 (Раздел 4. Расчет элементов деревянных конструкций).

Расчетные сопротивления древесины на сжатие и растяжение задаются в параметрах материала в полях «Предел прочности» и «Предел прочности (растяжение)» соответственно. При этом расчетное сопротивление изгибу предполагается равным сопротивлению сжатия.

### *Система расчета и проектирования деревянных конструкций*

Центрально-растянутые и центрально-сжатые элементы проверяются на прочность от продольного усилия (п.п. 4.1, 4.2а). Сжатые элементы проверяются также на устойчивость (п.п. 4.2 б).

Изгибаемые элементы проверяются на прочность по нормальным сечениям (п.п. 4.9).

Расчет на прочность элементов под действием осевой силы с изгибом выполняется согласно п.п. 4.16 для растянутых и п.п. 4.17 для сжатых элементов.

Проверка соединений в узлах конструкции на металлических зубчатых пластинах, а также подбор МЗП выполняются по условиям прочности соединения по площади перекрытия (п.п. 6.35), прочности МЗП при растяжении (п.п. 6.36), прочности МЗП при срезе (п.п. 6.37) и прочности при совместном действии на пластину усилий среза и растяжения (п.п. 6.38).

Элементы и МЗП, для которых условия прочности или устойчивости (для элементов) не выполняются, после расчета выделяются цветом.

#### **Краткий путеводитель по руководству**

**Введение** (настоящий раздел) содержит краткое описание назначения системы проектирования и расчета деревянных конструкций, критериев и видов расчетов, основных результатов, а также требований к аппаратно-программному обеспечению.

**Глава 1. Справочник команд** включает краткое описание всех команд пиктографического меню системы.

**Глава 2. Прочностной расчет деревянных конструкций** содержит полное руководство по построению модели деревянной конструкции специализированными средствами APM Graph; задание нагрузок, характеристик материала; выполнение прочностного расчета.

**Глава 3. Расчет и проектирование соединений** содержит подробное описание по редактированию соединений конструкции для получения распиловки элементов. В главе рассматривается проектный и проверочный расчет соединений элементов конструкции металлическими зубчатыми пластинами.

#### **Требования к аппаратному и программному обеспечению**

Система расчета и проектирования деревянных конструкций предназначена для персональных компьютеров с частотой процессора 2,5 ГГц или выше, с минимальным объемом оперативной памяти (RAM) 1 Гб. Система работает в операционных средах MS Windows XP, Vista, 7. Для работы системы необходимо наличие системы APM Structure3D.

## Глава 1. Справочник команд

Для работы с системой расчета и проектирования деревянных конструкций служат команды главного меню **Деревянные конструкции** и специализированной панели инструментов (рис. 1.1). Краткое описание кнопок и команд панели инструментов сведены в таблицу 1.1. Методика создания модели деревянной конструкции и порядок выполнения прочностного расчета подробно рассмотрены в разделе 2. Расчет и проектирование соединений изложено в разделе 3.



Рис. 1.1. Панель инструментов **Деревянные конструкции**

Примечание [Andrey1]: 10

Таблица 1.1. – Справочник команд

Команда меню Деревянные конструкции	Описание команды
Параметры конструкции...	Ввод названия рамы и количество рам для суммарного расхода материалов
Брус	Рисование нового произвольного бруса
Пластина	Ручной режим простановки МЗП в узлах
Нагель	Режим простановки нагельного соединения в узлах
Сила в узле	Задание сосредоточенной силы в узле
Распределенная сила	Задание силы, равномерно распределенной по длине стержня
Усечь брус	Усечение одного бруса ПО краю другого
Удлинить брус	Удлинение одного бруса ДО края другого
Срастить брус	Сращивание двух брусьев по биссектрисе угла пресечения
Разбить брус	Разбивает выделенный брус по краям 1 пересекающего бруса или 2 линиям пересекающих брусьев.
Свойства бруса	Режим редактирования свойств бруса
Изменить свойства узла	Разрешить/запретить автоматизированную простановку пластин в узле (узлах)
Закрепление балки	Установка закрепления в любой точке балки
Расчет...	Запуск расчета
Результаты...	Просмотр результатов расчета
Загрузки...	Вызов диалогового окна загрузки
Комбинации загрузений...	Вызов диалогового окна комбинации загрузений
Динамические загрузки	Вызов диалогового окна задания динамических загрузений (сейсмика).
Шаблоны конструкции...	Выбор типовой конструкции
Материалы...	Вызов диалогового окна задания материала
Подбирать пластины	Вкл./выкл. автоматизированный подбор пластин
Показать проволочную модель	Вкл./выкл. отображения номеров стержней
Симметричный подбор пластин	Вкл./выкл. симметричный подбор пластин

*Система расчета и проектирования деревянных конструкций*

Единицы измерения...	Вызов диалогового окна настройки единиц измерения сосредоточенных и распределенных сил
Путь к базе МЗП...	Путь к файлу (*.mdb) базы данных МЗП. По умолчанию это C:\Program Files\APM Civil Engineering.... \mzp_default.mdb. В файл могут быть внесены данные МЗП любого производителя.

## Глава 2. Прочностной расчет деревянных конструкций

### 2.1. Порядок выполнения расчета

Целью прочностного расчета является подбор сечений балок деревянной конструкции. Для выполнения прочностного расчета деревянной конструкции необходимо выполнить следующие действия:


1. Создать геометрическую модель конструкции (создание поясов и стержней, задание сечений);
2. Задать параметры материала;
3. Задать нагрузки (загружения, учет собственного веса, сила в узле, распределенная сила, комбинация загружений);
4. Выполнить прочностной расчет;
5. Просмотреть результаты и откорректировать модель конструкции;
6. Сохранить модель и результаты расчета.

### 2.2. Создание геометрической модели конструкции

Создание модели новой деревянной конструкции осуществляется командой главного меню **Файл | Создать деревянную конструкцию**.

Создание геометрической модели осуществляется с помощью библиотеки типовых конструкций или, при создании пользовательской модели, посредством отрисовки модели инструментальными средствами системы. Если пользовательская конструкция незначительно отличается от типовой, то наиболее быстрым построение будет при использовании типовой конструкции с последующим ее редактированием. Рассмотрим подробнее типовые конструкции и инструментари для создания и редактирования входящих в них элементов.

#### Типовые конструкции

Применение параметрической библиотеки позволяет существенно упростить построение моделей деревянных конструкций наиболее часто используемых конфигураций. Для вызова диалогового окна выбора параметрической модели (рис. 2.1) служит команда  **Шаблоны конструкций**. В появившемся диалоговом окне необходимо выбрать одну из типовых схем для уточнения параметров. Пример параметров для одной из схем приведен на рисунке 2.2. Все диалоговые окна для ввода параметров конструкций снабжены поясняющими схемами.

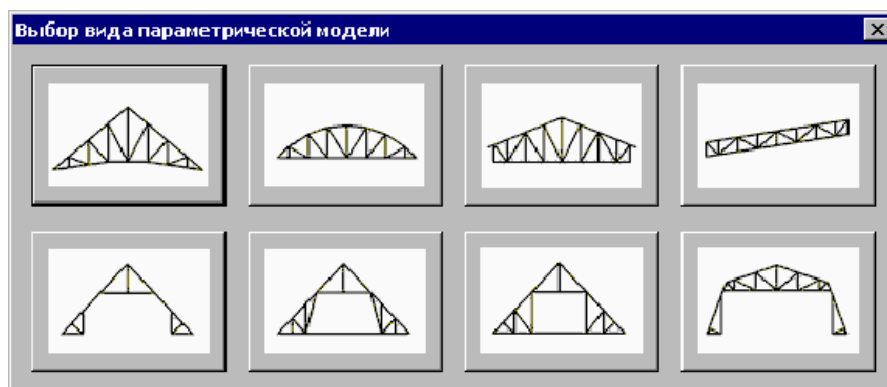


Рис. 2.1. Диалоговое окно выбора параметрической модели

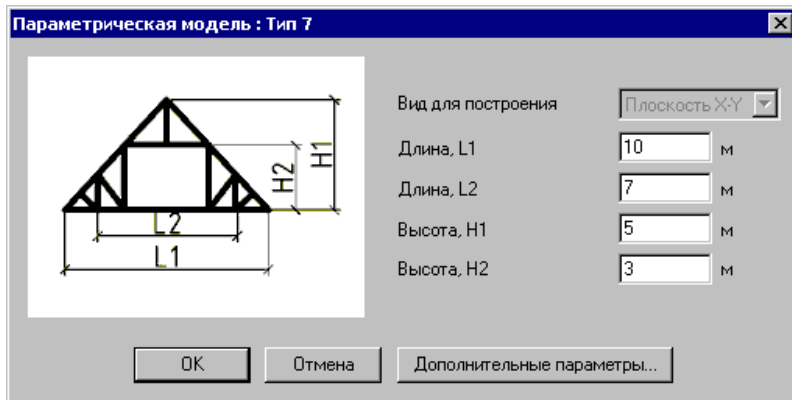


Рис. 2.2. Диалоговое окно задания параметров модели

Кнопка **Дополнительные параметры** вызывает диалоговое окно (рис. 2.3) для задания длины свеса (слева и справа длина свеса одинаковая) и выбора сечения. Сечения для каждого типа элементов конструкции (нижних балок, верхних балок раскосов и стоек) выбирается из выпадающего списка встроенной библиотеки стандартных сечений брусев. Для пользовательского сечения возможно также задание размеров бруса.

Простановка размеров на расчетной схеме конструкции возможна средствами АРМ Graph (команды меню **Рисовать | Размеры**). Привязка осуществляется к контрольным точкам (рис. 2.4).

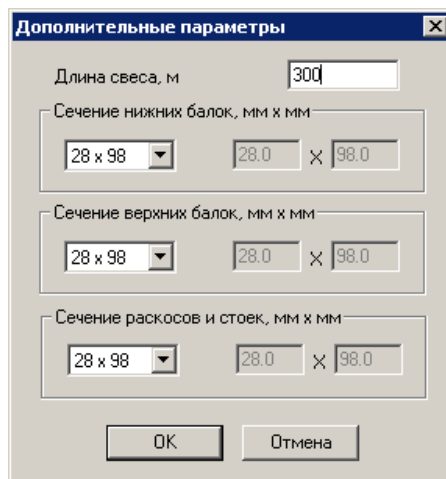


Рис. 2.3. Дополнительные параметры типовых схем

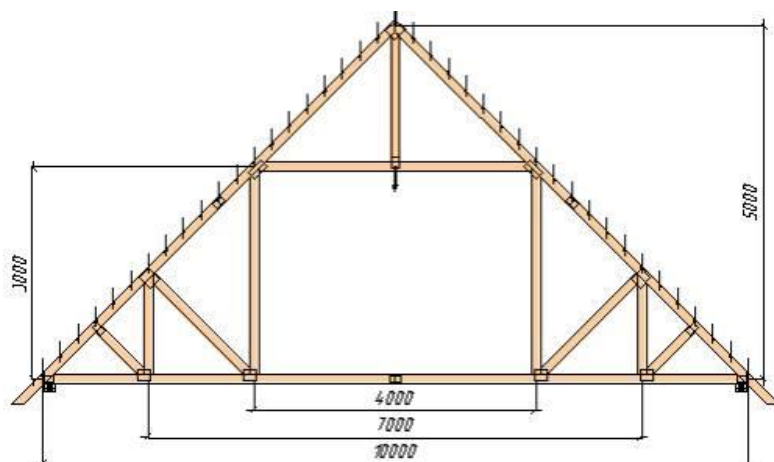


Рис. 2.4. Пример конструкции, созданной с помощью параметрической модели

### Построение произвольной модели

Проектирование произвольной модели осуществляется в два этапа: создание рамной стержневой конструкции (раздел 2) и задание контуров сопряжения стержней в узлах конструкции (усечение, обрезка, сращивание, удлинение) для обеспечения соединения и получения распиловки элементов (раздел 3).

Инструментарий для работы с деревянными конструкциями является органичным дополнением к средствам APM Graph, что позволяет использовать широкие функциональные возможности чертежно-графического редактора: привязки, диалог ручного ввода, команды выделения и удаления. Подробнее описание изложено в руководстве пользователя к APM Graph.

При проектировании деревянной конструкции следует руководствоваться положениями разделов 1-3 «Рекомендаций по проектированию и изготовлению дощатых конструкций с соединениями на металлических зубчатых пластинах», утвержденных директором ЦНИИСК им. Кучеренко 23 ноября 1982г.

### Настройки чертежно-графического редактора

Для предварительной настройки параметров сетки, шага курсора и привязки служит команда **Инструменты | Свойства**.

Вкладка **Параметры привязки и сетки** (рис. 2.5) позволяет настроить сетку и курсорную привязку.

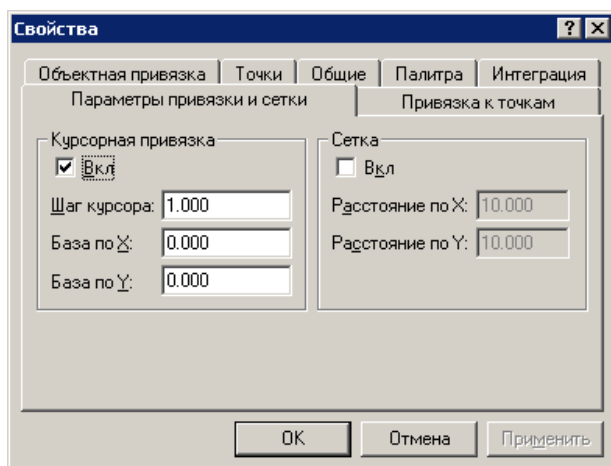


Рис. 2.5. Вкладка **Параметры привязки и сетки** диалогового окна **Свойства**

Вкладка **Привязка к точкам** позволяет настроить сетку и курсорную привязку, а также включить/выключить привязку к контрольным точкам (по умолчанию привязка включена).

Вкладка **Объектная привязка** (рис. 2.6) позволяет настроить работу с объектными привязками.

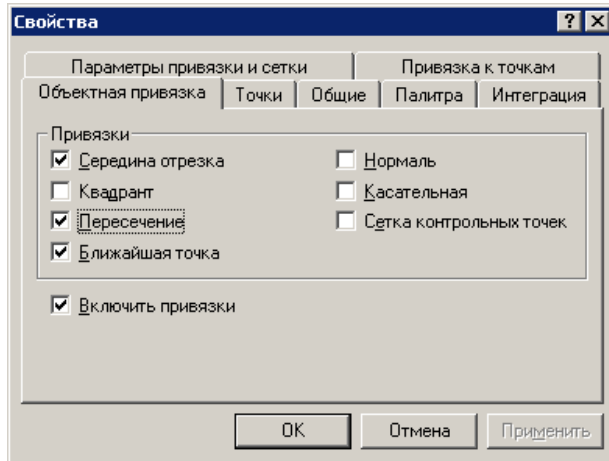


Рис. 2.6. Вкладка **Объектная привязка** диалогового окна **Свойства**  
Ускоренный выбор привязок: Панель Инструменты:



- Привязка курсора к ближайшей контрольной точке
- Середина отрезка;
- Квадрант;
- Пересечение;
- Ближайшая точка;
- Нормаль;
- Касательная;
- Сетка контрольных точек;
- Показать все контрольные точки

#### Настройки редактора деревянных конструкций

Непосредственно к настройкам редактора деревянных конструкций относятся команды меню **Деревянные конструкции: Параметры конструкции и Единицы измерения**.

Команда меню **Деревянные конструкции | Параметры конструкции** позволяет задать *название рамы* и *количество рам* (рис. 2.7). Эти данные будут использованы при выводе отчета на печать и при определении расхода пиломатериала на все конструкцию.

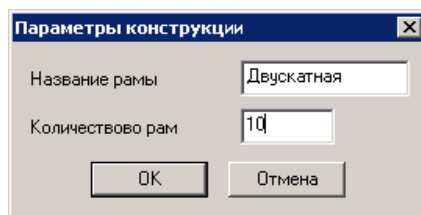


Рис. 2.7. Диалоговое окно **Параметры конструкции**

Команда меню **Деревянные конструкции | Единицы измерения** позволяет выбрать наиболее удобные единицы для последующего задания сосредоточенных и распределенных сил (рис. 2.8).

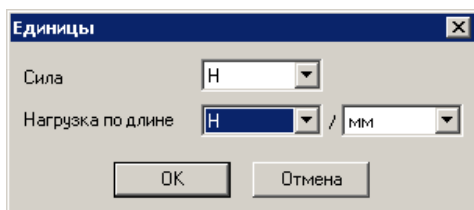


Рис. 2.8. Диалоговое окно **Единицы**

### Отрисовка и редактирование балок

Отрисовка осуществляется с помощью команды **Брус**. Далее необходимо установить первую точку стержня. Потом – вторую точку. С помощью диалога ручного ввода Вы можете указать как точные координаты обеих точек, так и длину и угол наклона линии или смещения по осям x и y (рис. 2.9).

Диалоговое окно ручного ввода параметров выводится на экран автоматически после нажатия цифровой клавиши. Для рисования в орто-режиме держите нажатой клавишу **Shift**.

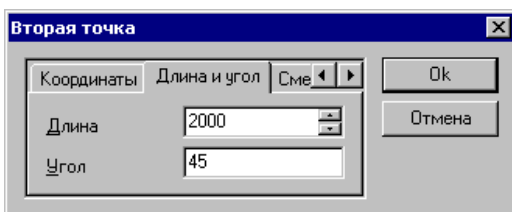


Рис. 2.9. Диалог ручного ввода параметров

Редактирование балки осуществляется с помощью команды **Модификация | Редактирование**. Изменить положение начальной или конечной точек балки можно с помощью мыши по принципу drag&drop (хватать и тащить) или используя диалог ручного ввода.

**! Замечание.** При построении конструкции необходимо обеспечить соединение балок в контрольных точках для выполнения расчета. Контрольные точки рекомендуется включить с помощью кнопки панели **Инструменты**.

**! Замечание.** Длинные балки (> 6 м) автоматически равномерно разбиваются так, чтобы длина каждой не превышала 6 метров. Пример: от 6 до 12 м разбиваются пополам, от 12 до 18 м – на 3 части и т.д.

### Свойства бруса

Для задания параметров балки служит команда **Свойства бруса**, которая вызывает соответствующее диалоговое окно (рис. 2.10). Рассмотрим параметры балки подробнее.

**Сечение** – выбор из выпадающего списка библиотеки прямоугольного сечения [мм × мм]. При построении стержней по умолчанию используется сечение с минимальными размерами. Размер сечения учитывается при визуализации расчетной схемы. Широкая сторона бруса располагается в плоскости построения для восприятия нагрузки в плоскости наибольшего момента инерции сечения. При выборе пользовательского сечения есть возможность ввести значения ширины и высоты бруса в нижнем поле.

**Расположение** – положение стержня относительно оси, проходящей через контрольные точки соединения (рис. 2.11).

**Материал** – кнопка **Выбрать** вызывает

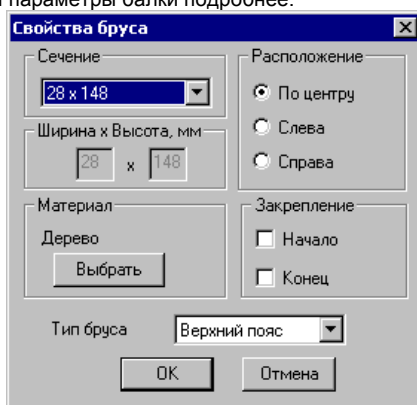



Рис. 2.10. Диалоговое окно редактирования свойств балки

## Система расчета и проектирования деревянных конструкций

диалоговое окно (рис. 2.12) выбора материала из списка.

**Закрепление** – установка закрепления в контрольных точках стержня. Начало и конец – соответственно первая и вторая точка при построении стержня. В случае задания не в той точке закрепление нужно просто задать заново. Для задания опоры в произвольной точке бруса служит команда  **Закрепление балок**.

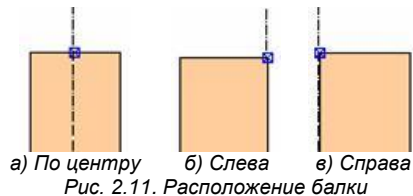



Рис. 2.11. Расположение балки

**Тип бруса** – наложение дополнительного условия при автоматической расстановке пластин (рис. 3.7). Верхний пояс – пластина не может выступать выше верхней грани такого бруса; нижний пояс – не может выступать соответственно ниже; левый, правый – не может выступать соответственно левее и правее; не определен – дополнительное условие не накладывается.

Для типовых конструкций типы балок уже заданы. Настройку типа балки целесообразно проводить перед расчетом соединения.

### 2.3. Задание параметров материала

Команда  **Материалы** позволяет работать со списком материалов для данной конструкции и назначать элементам различные типы материалов. После вызова команды на экране появляется диалоговое окно (рис. 2.13).

Расчетные сопротивления древесины на сжатие и растяжение задаются из Таблицы 3 и 4 СТО 36554501-002-2006 в «Параметрах материала» диалогового окна «Материал» в полях «Предел прочности» и «Предел прочности на растяжение» соответственно.

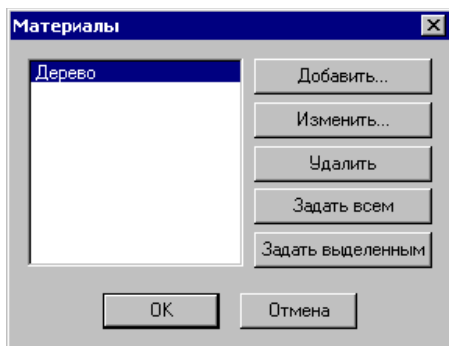


Рис. 2.13. Диалоговое окно **Материалы**

**Добавить...** – кнопка создаёт новый материал. После нажатия выводится на экран диалоговое окно (рис. 2.13), в котором пользователь может задать название материала и все его параметры.

**Изменить...** – кнопка позволяет изменить механические свойства уже созданного материала. После нажатия на экран выводится диалоговое окно (рис. 2.13).

**Задать выделенным** – кнопка приписывает материал только выделенным элементам (балки можно выделить а помощью команда

 **Выделить объекты**).

**Задать всем** – кнопка приписывает па-

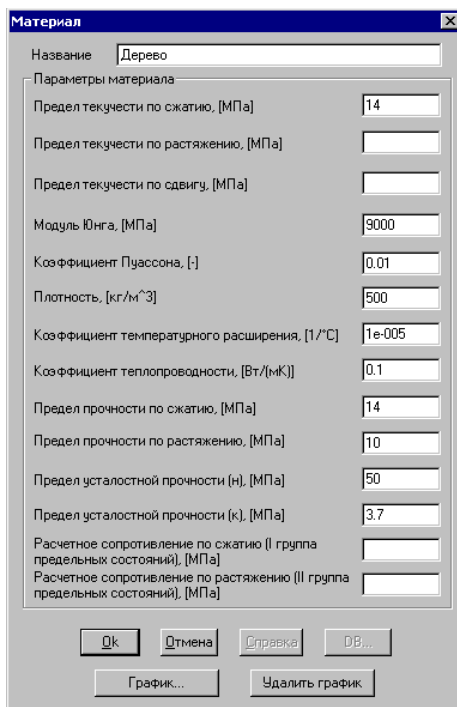


Рис. 2.14. Диалоговое окно **Материал**

## Система расчета и проектирования деревянных конструкций

раметры материала всем элементам конструкции.

**ДВ...** – кнопка вызывает окно для выбора материала из базы данных.

Для выбора характеристик материала из Базы данных (рис. 2.15) необходимо в выпадающих списках выбрать прежде всего **Типы материалов – Дерево** (находится внизу списка) и **Подгруппы – Строительное 1 сорт или 2 сорт**, а затем уже строку с нужной древесиной.

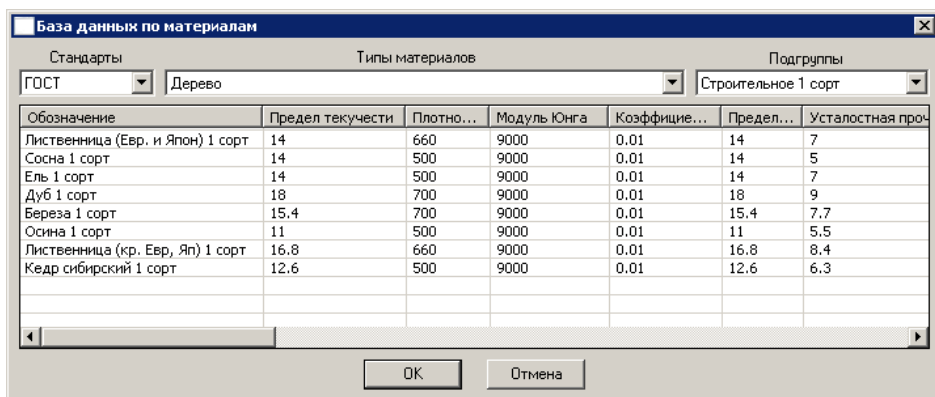


Рис. 2.15. Диалоговое окно выбора характеристик материала из Базы данных

## 2.4. Задание нагрузок

### Загружения. Учет собственного веса конструкции

Загружение может включать в себя комбинацию нагрузок любого вида и характеризуется именем и двумя состояниями: включено/выключено и активно/неактивно. Далее поведение конструкции можно рассчитать от действия одного любого загружения или от комбинации загружений. Если загружение выключено, то нагрузки из него не будут отображаться на экране. Если загружение активно, то при задании новой нагрузки по умолчанию будет предложено поместить ее именно в активное загружение. Команда вызывает диалоговое окно **Загружения** (рис. 2.16).

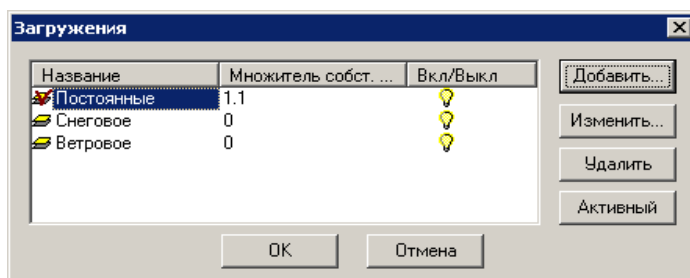


Рис. 2.16. Диалоговое окно **Загружения**

**Добавить...** – кнопка создает новое загружение.

**Изменить...** – кнопка вызывает диалоговое окно для редактирования названия выделенного загружения (рис. 2.17). Для учета при расчете собственного веса конструкции необходимо ввести множитель собственного веса.

**Удалить** – кнопка удаляет выделенное загружение.

**Активный** – кнопка делает выбранное загружение активным.

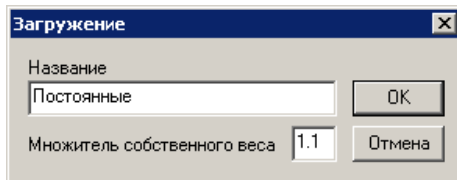



Рис. 2.17. Диалоговое окно изменения загрузки


Для автоматического учета коэффициента надежности по нагрузке от собственного веса модели можно ввести множитель 1,1.



При расчете комбинации загружений множитель собственного веса должен быть учтен только для одного из загружений. Одним из способов задания может быть введение специального загружения без нагрузок, которое будет учитывать только собственный вес.

При экспорте конструкции в APM Structure3D воздействие собственного веса будет заменено линейным ускорением  $g = 9,81\text{м/с}^2$ .

### Нагрузки

Команда  **Сила в узле** устанавливает режим простановки сил в узлах. После выбора узла появляется соответствующее диалоговое окно (рис. 2.18). Все действия с силой (установка, изменение, удаление) выполняются в загрузении, выбранном из списка.

Эта же команда  позволяет задать или отредактировать **сосредоточенную силу на стержень**. Для этого щелкните левой кнопкой мыши на требуемом стержне. В результате появится диалоговое окно (рис. 2.18). Точное положение сосредоточенной силы на стержне задается в поле **Расстояние от начала балки**. Все действия с силой (установка, изменение, удаление) выполняются в загрузении, выбранном из списка.

Команда  **Распределенная сила** позволяет задать распределенную нагрузку группе стержней. Группу стержней предварительно нужно выделить с помощью команды  **Выделить объекты**. Нагрузка вводится в диалоге **Распределенная сила** (рис. 2.19).

Предусмотрено два способа задания нагрузки на стержни: распределенная по длине (измеряемая в Н/мм) и распределенная по площади (Н/мм<sup>2</sup>). В случае регулярного расположения ферм крыши, как, например, в рассматриваемой задаче, целесообразно выбрать распределенную нагрузку по площади и задать шаг ферм. При этом нагрузка по площади и шаг ферм будут перемножены автоматически.

Направление действия сил задается вектором в двухмерном пространстве. Компоненты этого вектора задаются в глобальной системе координат и вводятся в поля ввода **Направление в глобальной системе координат**. Например, если нужно задать Нагрузку 2 Н/мм в направлении обратном оси Y, то можно в поле **Значение силы** ввести 2 и в полях **Направление** ввести 0, -1 или в поле **Значение силы** ввести -2 и в полях **Направление** ввести 0, 1. Нагрузка добавляется в загрузение, выбранное в списке загружений. Распределенная силы может быть неравномерной и изменяться по линейному закону от начала до конца участка.

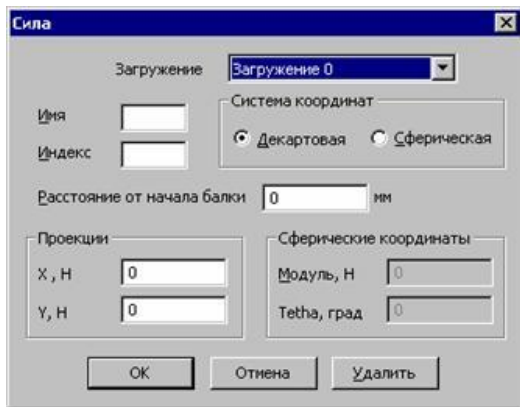


Рис. 2.18. Диалоговое окно *Сила*

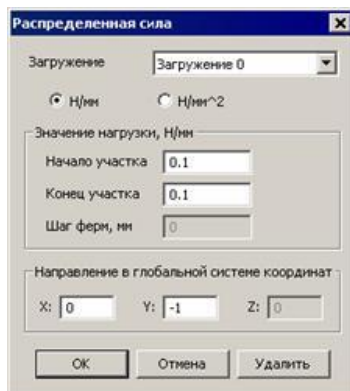


Рис. 2.19. Диалоговое окно *Распределенная сила*

### Динамические загрузки

В системе реализована возможность автоматической генерации сейсмического нагружения в соответствии со СНиП II-7-81 по состоянию на 01.01.1996 и СНиП II-7-81\* по состоянию на 01.01.2000 и динамического ветрового нагружения в соответствии СНиП 2.01.07-85. Работа с динамическими нагружениями аналогична статическим нагружениям, описанным выше. Рекомендуется каждое вид нагрузки располагать в отдельном нагружении с последующим созданием комбинации нагружений или расчетного сочетания усилий.

Для создания нового или редактирования старого нагружения используется команда **Нагрузки | Динамические загрузки**. Эта команда вызывает диалог *Динамические загрузки*, (рис. 2.20).

Примечание [Andrey2]: 10

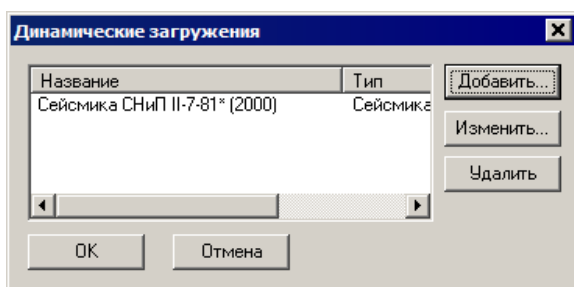


Рис. 2.20 Диалоговое окно *Динамические загрузки*

Чтобы создать новое нагружение нажмите кнопку **Добавить...**. В появившемся диалоге *Новое динамическое нагружение* (рис. 2.21) выберите требуемый тип динамического нагружения и нажмите **OK**.

Чтобы изменить старое нагружение щелкните на нем в списке и нажмите кнопку **Изменить...**

Чтобы удалить нагружение выделите его в списке и нажмите кнопку **Удалить**.

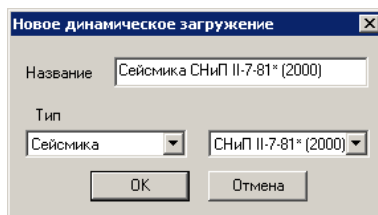


Рис. 2.21 Диалоговое окно *Новое динамическое нагружение*

Параметры сейсмического воздействия задаются в диалоге сразу после его выбора в окне *Новое динамическое нагружение*. Окно диалога для задания сейсмического воздействия по СНиП II-7-81\* по состоянию на 01.01.2000 показано ниже.

## Система расчета и проектирования деревянных конструкций

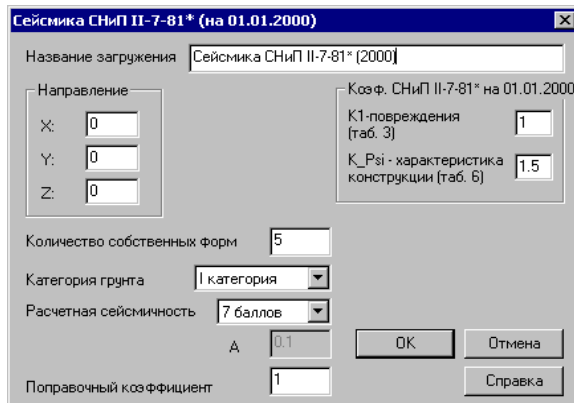


Рис. 2.22 Диалог Сейсмика СНиП II-7-81\* на 01.01.2000.

Далее следует описание органов управления указанного диалога.

Направление действия сейсмической нагрузки задается значениями косинусов углов по отношению к осям глобальной системы координат в полях *Направление*.

Поле *Количество собственных форм* определяет количество собственных форм, которые будут учтены при расчете сейсмического воздействия.


*Категория грунта* и *Расчетная сейсмичность* выбираются в соответствии с указаниями СНиП. В полях ввода *Коэф. СНиП II-7-81\* на 01.01.2000* задаются коэффициенты  $K_1$  - повреждений (табл. 3) и  $K_{\psi}$  - характеристика конструкции (табл. 6).

*Поправочный коэффициент* задается для корректировки исходных данных, если имеется необходимость полнее учесть требования СНиП. Этот коэффициент может принимать любое положительное значение, и на него умножаются результаты расчета инерционных сил от сейсмического воздействия.

Например, согласно п. 4.32 СНиП II-7-81\* на 01.01.2000 при расчете мостов произведение коэффициентов  $K_1$  и  $A$  следует принимать равным 0.025, 0.05 и 0.1 при расчетной сейсмичности соответственно 7, 8 и 9 баллов. Коэффициент динамичности  $\beta$ , следует определять независимо от категории грунта по формуле (3) п. 2.6. Поэтому при задании сейсмической нагрузки для мостов при сейсмичности 8 баллов и грунте II – категории при  $K_1 = 1$ , в окне диалога следует установить расчетную сейсмичность – 8 баллов и поправочный коэффициент  $0.05 / 1 = 0.05$ .

Кроме того, согласно примечанию 2 п. 2.5 СНиП II-7-81\* на 01.01.2000 при сейсмичности 8 баллов и более при грунтах III категории вводится дополнительный множитель 0.7 для расчетной сейсмической нагрузки. Поэтому при расчете мостов при грунтах III категории и сейсмичности площадки 8 баллов и выше в окне диалога следует установить II категорию грунта, а поправочный коэффициент умножить на 0.7. Например при задании сейсмической нагрузки для мостов при сейсмичности площадки 8 баллов и грунте III – категории при  $K_1 = 1$ , в окне диалога следует установить расчетную сейсмичность – 8 баллов, установить II категорию грунта и поправочный коэффициент  $0.05 / 1 * 0.7 = 0.035$ .

### Комбинация загружений...

Комбинация загружений представляет собой линейную комбинацию загружений. Для создания комбинации загружений используется команда  **Комбинация загружений....** Эта команда вызывает диалог **Комбинация загружений** (рис. 2.23).

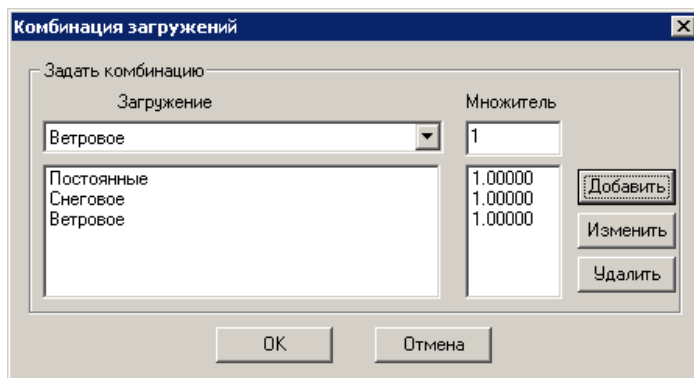




Рис. 2.23. Диалог Комбинация загрузений

Чтобы добавить загрузение в комбинацию нужно выбрать загрузение в выпадающем списке загрузений, ввести для него множитель и нажать кнопку **Добавить**. Чтобы изменить множитель загрузения, выберите требуемое загрузение в списке, в поле *Множитель* задайте новое значение и нажмите кнопку **Изменить**. Чтобы удалить загрузение из комбинации загрузений, выберите требуемое загрузение и нажмите кнопку **Удалить**.

## 2.5. Выполнение расчета

Для ускорения выполнения только прочностного расчета рекомендуется отключить функцию автоматизированного подбора МЗП: команда  **Подбор пластин**.

Команда  **Расчет** вызывает диалоговое окно (рис. 2.24) выбора загрузения или комбинации загрузений и типа зубьев пластин для проведения расчета. Выберите в выпадающем списке необходимые параметры расчета и нажмите кнопку **ОК**.

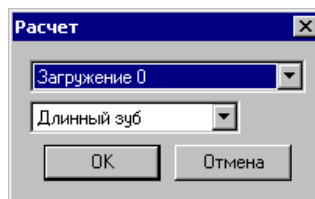


Рис. 2.24. Диалоговое окно Расчет

Тип зубьев пластин учитывается только для расчета соединений МЗП.

В процессе расчета все деревянные элементы конструкции проходят проверку на прочность и устойчивость в соответствии с СТО 36554501-002-2006 (Раздел 4. Расчет элементов деревянных конструкций). При этом расчетное сопротивление изгибу предполагается равным сопротивлению сжатия. Центрально-растянутые и центрально-сжатые элементы проверяются на прочность от продольного усилия (п.п. 4.1, 4.2а). Сжатые элементы проверяются также на устойчивость (п.п. 4.2 б)

Изгибаемые элементы проверяются на прочность по нормальным сечениям (п.п. 4.9)

Расчет на прочность элементов под действием осевой силы с изгибом выполняется согласно п.п. 4.16 для растянутых и п.п. 4.17 для сжатых элементов.

## 2.6. Результаты расчета

После выполнения расчета в случае не выполнения условия прочности система выдаст соответствующее предупреждение (рис. 2.25), при этом выделит наименования элементов, для которых условие не выполнено.

## Система расчета и проектирования деревянных конструкций

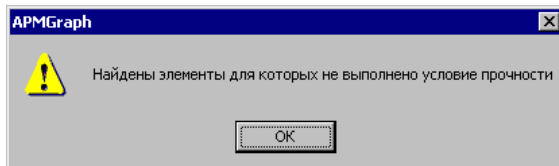


Рис. 2.25. Предупреждение о невыполнении условия прочности

Необходимо увеличить сечение таких элементов ( **Свойства бруса**) либо изменить силовую схему конструкции установкой дополнительных стержней (см. раздел 3), и повторить расчет.

Результаты расчета осевых сил (рис. 2.26) доступны после выбора команды **Результаты**. Для отображения на расчетной схеме номеров стержней (рис. 2.27) служит команда **Показать стержни** (доступно после выполнения расчета).

N	Осевая сила, Н
0	-68.819471
1	42.766112
2	93.512211
3	-128.205383
4	-68.819471

Рис. 2.26. Результаты расчета осевых сил

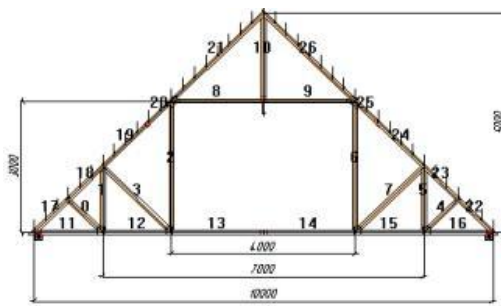


Рис. 2.27. Номера стержней конструкции

## 2.7. Сохранение модели и результатов расчета

Исходная модель может быть сохранена на любом из этапов построения или расчета командой **Файл** | **Сохранить** в файл APM Wood (\*.agw). В появившемся диалоговом окне выберете папку и введите имя файла. При проведении серии расчетов фермы для сохранения файла под другим именем служит команда **Файл** | **Сохранить как...**

Для открытия ранее сохраненного файла воспользуйтесь командой **Файл** | **Открыть....** В ответ на эту команду на экране появляется диалоговое окно выбора файла.

Исходная модель может быть также экспортирована в формат APM Structure3D (\*.frm) с помощью команды **Файл** | **Экспорт конструкции....** После проведения расчета в APM Structure3D можно просмотреть все доступные результаты. Результаты в виде изокарт дают наиболее полное наглядное представление о напряженно-деформированном состоянии деревянной конструкции.

## Глава 3. Расчет и проектирование соединений

### Порядок выполнения расчета


После задания сечений всем элементам конструкции и выполнения их прочностного расчета можно переходить к проектированию узловых соединений для получения размеров распиловки брусьев и подбора МЗП.

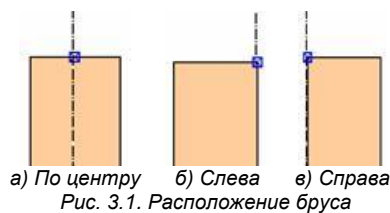
Для выполнения расчета параметров узлов конструкции необходимо выполнить:




1. Редактирование соединений (проработка узловых соединений с учетом распиловки);
2. Проектровочный расчет МЗП (автоматический подбор размеров и положения установки пластин);
  1. Указание стержней верхнего и нижнего пояса;
  2. Выполнение расчета;
3. Проверочный расчет МЗП (ручной подбор размеров и положения установки пластин).
  1. Отрисовка МЗП в узлах соединения;
  2. Расчет и последующая корректировка МЗП;
4. Просмотр, сохранение и печать результатов расчета.

### 3.1. Редактирование соединений


**! Замечание.** Для типовых конструкций соединения predeterminedены с учетом распиловки, а также верхних и нижних типов балок и редактирование не требуется.

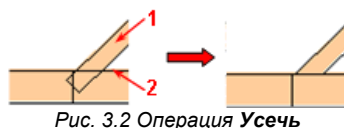
Задание сечения, закрепления в узлах и расположения бруса (по центру, слева, справа (рис. 3.1)) осуществляется в режиме  **Свойства бруса**.




Операции по редактированию соединений брусьев  **Усечь**,  **Удлинить**,  **Сростить** позволяют создать схематическое изображение соединения для произвольной модели с учетом распиловки. Рассмотрим порядок действий по работе с данными операциями подробнее.


**Операция Усечь** (рис. 3.2).

Команда  **Усечь** → Выбрать балку, которую нужно изменить (балка 1) → Указать границу усечения (линия 2).



**Операция Удлинить** (рис. 3.3).

Команда  **Удлинить** → Выбрать балку, которую нужно изменить (балка 1) → Указать границу удлинения (линия 2).

Далее необходимо усечь нижнюю балку 3 границей 4: Команда  **Усечь** → Выбрать балку, которую нужно изменить (балка 3) → Указать границу усечения (линия 4).

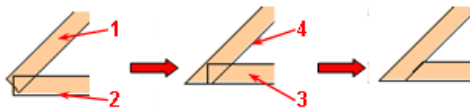


Рис. 3.3 Операция Удлинить

**Операция Сростить** (рис. 3.4)

Команда **Сростить** → Выбрать балку, которую нужно изменить (балка 1) → Указать с какой балкой сростить сростить (балка 2).



Рис. 3.4 Операция Сростить

Команда **Разбить брус** → Выбрать балку, которую нужно изменить (балка 1) → Указать с по какой балке обрезать (балка 2 и 3) (рис. 3.5 а).

Команда **Разбить брус** → Выбрать балку, которую нужно изменить (балка 1) → Указать с по какой линии обрезать (линия 2 и 3) (рис. 3.5 б).

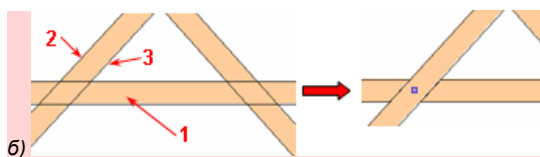
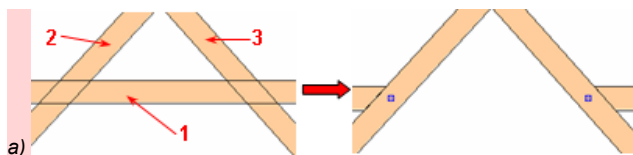


Рис. 3.5 Операция Разбить брус

Примечание [Andrey3]: 10

### 3.2. Автоматизированный расчет МЗП и его особенности

#### Пластины узлов верхнего и нижнего пояса, а также левого или правого бруса

При автоматическом подборе пластин необходимо учитывать условие: МЗП не должны выступать выше верхнего пояса и ниже – нижнего. Для выполнения этого условия необходимо задать тип бруса: верхний или нижний пояс. Кроме того, можно задать тип бруса «левый» или «правый» чтобы МЗП не выступала слева или справа от требуемого бруса. Сделать это можно с помощью команды **Свойства бруса**, которая вызывает соответствующее диалоговое окно (рис. 3.6).

**Сечение** – выбор размеров из библиотеки выпадающего списка. При выборе пользовательского сечения есть возможность ввести значения ширины и высоты бруса в нижнем поле.

**Расположение** – положение бруса относительно оси, проходящей через контрольные точки соединения (рис. 3.2).

**Закрепление** – установка закрепления в контрольных точках бруса.

**Материал** – кнопка **Выбрать** вызывает диалоговое окно (рис. 2.10) выбора материала из списка. Подробнее см. раздел 2.

**Тип бруса** – наложение дополнительного условия при автоматической расстановке пластин (рис. 3.7). «Верхний пояс» – пластина не может выступать выше верхней грани такого бруса (рис. 3.7, а,в); «Нижний пояс» – пластина не может выступать соответственно ниже нижней грани (рис. 3.7, б,в); «Левый» – пластина не может выступать слева от бруса; «Правый» – пластина не может выступать справа от бруса; «Не определен» – дополнительное условие не накладывается.

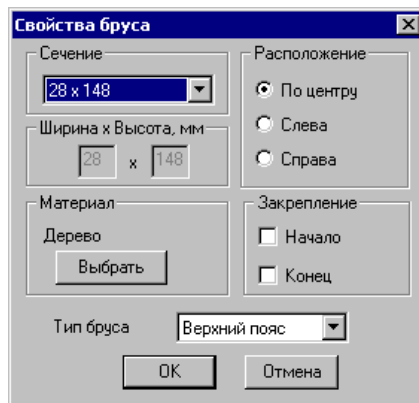


Рис. 3.6. Диалоговое окно редактирования свойств бруса

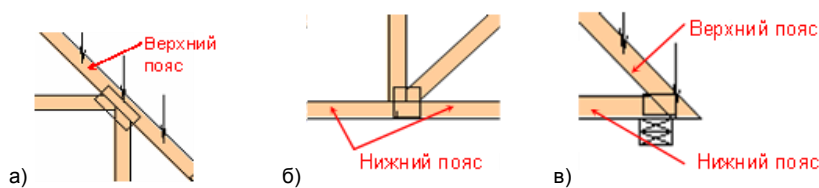


Рис. 3.7. Расположение пластин для различных типов балки

### Выполнение расчета

Для автоматического подбора металлических зубчатых пластин функция подбора МЗП должна быть включена: команда **Подбор пластин** (кнопка нажата).

Для использования единой номенклатуры МЗП для симметричных конструкций нажмите кнопку **Симметричный подбор пластин**. При этом проводится анализ конструкции и если она является симметричной – проводится унификация МЗП.

В определенных случаях требуется установка одной пластины в нескольких узлах. Например, если узлы близко расположены друг от друга. С помощью команды **Свойства узла** можно снять разрешение (или обратно включить) на автоматическую простановку пластин в узле (узлах) в диалоговом окне (рис. 3.8) снять разрешение на автоматическую простановку пластин в узле (узлах). Данная команда включает режим изменения свойства для выделенных узлов. Для выделения служит соответствующая команда . Выделение узлов возможно как по одному узлу с помощью последовательного указания мышью, так и группы узлов посредством «рамочки».

Команда **Расчет** вызывает диалоговое окно (рис. 2.17) выбора загрузки или комбинации нагрузок и типа зубьев пластин для проведения расчета. Выберите в выпадающем списке необходимые параметры расчета и нажмите кнопку **ОК**.

В случае невозможности подбора

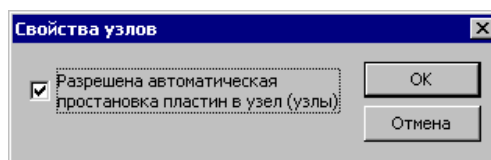


Рис. 3.8. Диалоговое окно **Свойства узлов**

какой-либо металлической зубчатой пластины система выдаст предупреждение.

### 3.3. Ручная установка пластин и проверочный расчет МЗП

#### Отрисовка МЗП в узлах соединения

Неавтоматическая установка МЗП предполагает задание параметров металлических зубчатых пластин и их размещение в узлах соединения элементов конструкции на основе данных раздела 3 «Рекомендаций по проектированию и изготовлению дощатых конструкций с соединениями на металлических зубчатых пластинах», утвержденных директором ЦНИИСК им. Кучеренко 23 ноября 1982г. и проверочный расчет размеров металлических зубчатых пластин и их размещение в узлах соединения. Для этого служит команда **Пластина**. В появившемся диалоговом окне (рис. 3.9) из выпадающего списка выбирается **Ширина** и **Длина** пластины из библиотеки. Кроме этого необходимо выбрать **тип пластины**: с крупным или мелким зубом. После ввода всех параметров необходимо нажать кнопку **Применить** и перейти к заданию размещения пластины на расчетной схеме.

Задание положения пластины в узле соединения осуществляется последовательно:

5. Указываем узел установки пластины (желательно использовать привязку);
6. Указываем угол поворота пластины (с помощью мыши или диалога ручного ввода);
7. Смещение центра пластины относительно узла соединения (с помощью мыши или диалога ручного ввода).

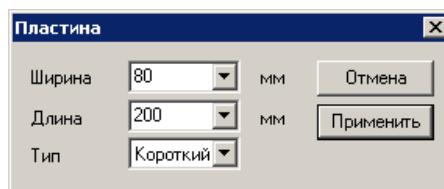


Рис. 3.9. Диалоговое окно **Пластина**

#### Выполнение расчета

Автоматический подбор пластин должен быть выключен. Это делается отключением кнопки **Подбор пластин** или с помощью команды **Свойства узла** в диалоговом окне (рис. 3.8), которая позволяет снять разрешение на автоматическую простановку пластин в отдельных узлах. Команда **Расчет** вызывает диалоговое окно выбора загрузки или комбинации загрузок для проведения расчета. Выберите в выпадающем списке нужное загрузку и нажмите кнопку **ОК**.

После выполнения расчета в случае не выполнения условия прочности система выдаст соответствующее предупреждение, а металлические зубчатые пластины, для которых условие не выполнено, выделены. Эти пластины необходимо задать заново (команда **Пластина**), увеличив поверхность перекрытия ими деревянных брусьев, и повторить расчет.

### 3.4. Ручная установка нагелей

Для задания нагельного соединения служит команда **Нагель**. Нагельное соединение ставится для соединения подконструкций. Подконструкцией считаются брусья, лежащие в одном слое. Работа со слоями подробно описана в руководстве пользователя по АРМ Graph. По умолчанию все брусья создаются в текущем слое. Назначение брусьям требуемый слой выполняется командой **Модификация свойств**.

В режиме нагельного соединения необходимо последовательно указать мышью две сопрягаемые балки и точку на общей линии балок. Эта точка является геометрическим центром нагельного соединения. При указании точки вне общей линии балок система выдаст соответствующее предупреждение.

Предварительное положение нагеля очертится пунктиром. Далее необходимо указать ориентацию нагеля относительно балок. После чего появится диалоговое окно (рис. 3.10) для задания параметров нагельного соединения.

Расчет нагельного соединения сводится к определению необходимого количества гвоздей для каждого бруса, минимальной длины гвоздя, схемы установки гвоздей и определение размера накладки.

Параметр	Значение	Единица
Высота бруса	96	мм
Длина	50	мм
Диаметр гвоздя	3.5	мм
Длина гвоздя	48	мм
Количество гвоздей со стороны первого бруса	2	шт
Количество гвоздей со стороны второго бруса	2	шт
Ширина бруса	48	мм

Рис. 3.10. Диалоговое окно **Нагель**

Команда **Расчет** вызывает диалоговое окно выбора загрузки или комбинации загрузок для проведения расчета. Выберете в выпадающем списке интересующее нагружение и нажмите кнопку **ОК**.

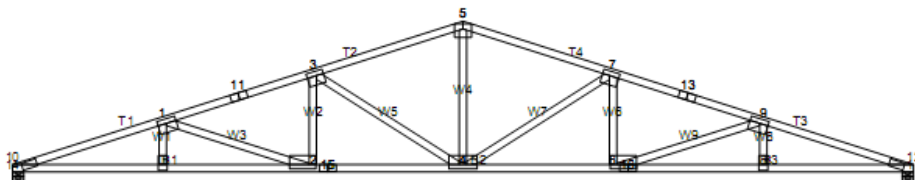
### 3.5. Просмотр, сохранение результатов расчета и вывод на печать

С помощью команды **Файл | Печать деревянной конструкции...** пользователь может вывести на принтер расчетную схему (рис. 3.11), информацию о каждом узловом соединении (МЗП или нагелями) (рис. 3.12) и распиловку каждого элемента деревянной конструкции (рис. 3.13); сводные таблицы нагружения, расхода пиломатериала и МЗП (рис. 3.14). При расчете объема древесины, необходимого для строительства деревянного объекта, определяется как объем полезной древесины, так и количество отходов, полученных в результате распиловки. В качестве базовой используется ближайшая большая заготовка с шагом длин 500 мм, т. е. для распила детали длиной 4000 или 4200 мм будет использоваться заготовка 4500 мм.

Примеры сводных таблиц расхода пиломатериала и МЗП приведены ниже.

Кроме того, с помощью команды **Файл | Печать ...** можно вывести законченный чертеж модели. Подробнее описание команды см. в руководстве пользователя АРМ Graph. Команды для создания чертежа, такие как простановка размеров, выносок, штампа и т. д. доступны, так же как и в обычном документе АРМ Graph.

Доступна функциональность работы с базами данных параметрических моделей командами АРМ Graph (команда **Рисовать | Вставить объект из базы данных**). Для того чтобы отключить печать действующих на модель нагрузок, необходимо выключить загрузки, в которых находятся эти нагрузки. Это выполняется в диалоговом окне **Загружения** по команде **Деревянные конструкции | Загружения**.



Система расчета и проектирования деревянных конструкций

Рис. 3.11. Расчетная схема

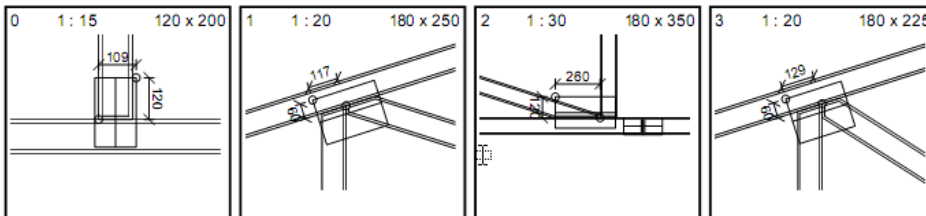


Рис. 3.12. Размеры и расположение МЗП

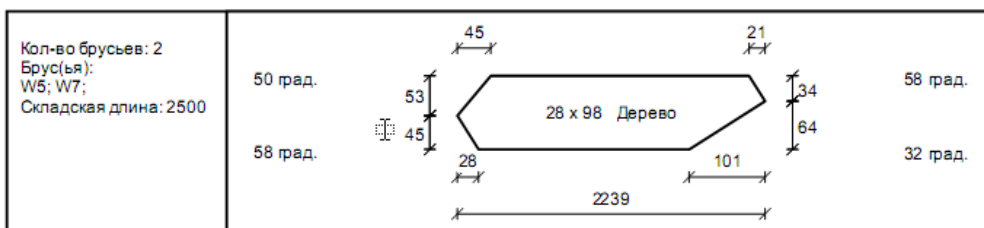


Рис. 3.13. Распиловка одного из элементов модели

Таблица: Расход пиломатериалов

N	Сечение	Объём [куб.м]		Масса [кг]		Длина [м]	
		1 ферма	10 ферм(ы)	1 ферма	10 ферм(ы)	1 ферма	10 ферм(ы)
0	28 X 98	0.11	1.05	52.5	525.2	38.28	382.77

Всего (для 1 ферм(ы)): Объём 0.11 куб.м, масса 53 кг, Длина 38.28 м, Складская длина 46.00 м

Всего (для 10 ферм(ы)): Объём 1.05 куб.м, масса 525 кг, Длина 382.77 м, Складская длина 460.00 м

Таблица: Пластины

N	Размеры [мм]	Тип пластины	Количество		Площадь [кв.м]		Масса пластин [кг]	
			1 ферма	10 ферм(ы)	1 ферма	10 ферм(ы)	1 ферма	10 ферм(ы)
0	120 X 200	Длинный зуб	4	40	0.096	0.960	0.88	8.76
1	180 X 250	Длинный зуб	4	40	0.180	1.800	1.64	16.42
2	180 X 350	Длинный зуб	4	40	0.252	2.520	2.30	22.98
3	180 X 225	Длинный зуб	6	60	0.243	2.430	2.22	22.16
4	180 X 375	Длинный зуб	2	20	0.135	1.350	1.23	12.31
5	96 X 200	Длинный зуб	4	40	0.077	0.768	0.70	7.00
6	96 X 225	Длинный зуб	8	80	0.173	1.728	1.58	15.76

Для 1 ферм(ы): Количество пластин: 32. Общая площадь 1.16 кв.м, Масса 10.54 кг.

Для 10 ферм(ы): Количество пластин: 320. Общая площадь 11.56 кв.м, Масса 105.39 кг.

Рис. 3.14 Сводные таблицы расхода.

С помощью команды **Файл | Сохранить...** можно сохранить модель деревянной конструкции и результаты расчета.

Исходная модель может быть также экспортирована в формат APM Structure3D (\*.fsm) с помощью команды **Файл | Экспорт конструкции...** После проведения расчета в APM Structure3D можно просмотреть все доступные результаты. Результаты в виде изокарт дают наиболее полное наглядное представление о напряженно-деформированном состоянии деревянной конструкции.

*Система расчета и проектирования деревянных конструкций*