



Руководство пользователя

**APM Civil Engineering,
комплектация WOOD Prof., v. 16**

**Проектирование деревянных конструк-
ций с расчетом соединений на металличе-
ских зубчатых пластинах**

APM Civil Engineering, комплектация WOOD Prof.

Проектирование деревянных конструкций с расчетом соединений на металлических зубчатых пластинах

Версия v. 16

Руководство пользователя

Техническая поддержка осуществляется специалистами Научно-технического Центра «Автоматизированное Проектирование Машин»

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

Тел. +7 (498) 600-2510, (495) 514-8419; факс (498) 600-2510

<http://www.apm.ru>, e-mail: com@apm.ru

Авторские права © 2007 - 2018 Научно-технический центр «Автоматизированное проектирование машин». 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

Содержание	3
Введение	4
Основные положения	4
Критерии расчета: проверка элементов конструкций на прочность и устойчивость	4
Краткий путеводитель по руководству	5
Требования к аппаратному и программному обеспечению	5
Глава 1. Справочник команд	6
Глава 2. Прочностной расчет деревянных конструкций	7
Порядок выполнения расчета	7
2.1 Создание геометрической модели конструкции.....	7
2.1.1 Типовые конструкции.....	7
2.1.2 Построение произвольной пользовательской модели	8
а) Настройки чертежно-графического редактора	9
б) Отрисовка и редактирования стержней	9
в) Свойства стержня	10
2.2 Задание параметров материала	10
2.3 Задание нагрузки.....	11
2.3.1 Загружения. Учет собственного веса конструкции	11
2.3.2 Нагрузки	12
2.3.3 Комбинация загружений.....	12
2.4 Выполнение расчета	13
2.5 Результаты расчета.....	13
2.6 Сохранение модели и результатов расчета	14
Глава 3. Расчет и проектирование соединений	15
Порядок выполнения расчета	15
3.1 Редактирование соединений	15
3.2 Автоматизированный расчет МЗП и его особенности.....	16
3.2.1 Пластины узлов верхнего и нижнего пояса, а также левого или правого бруса	16
3.2.2 Выполнение расчета	16
3.3 Ручная установка пластин и проверочный расчет МЗП	17
3.3.1 Отрисовка МЗП в узлах соединения	17
3.3.2 Выполнение расчета	17
3.4 Ручная установка нагелей.....	18
3.5 Просмотр, сохранение результатов расчета и вывод на печать	18

Введение

Основные положения

Система проектирования деревянных конструкций с расчетом соединений на металлических зубчатых пластинах (МЗП) *APM Civil Engineering WOOD* разработана Научно-техническим центром «Автоматизированное Проектирование Машин» при участии ЗАО «ТЕХКОМПЛЕКТ» (mail@tehcom.ru).

Деревянные конструкции представляются в системе как ферменные либо рамные. Применение параметрической библиотеки позволяет существенно ускорить построение моделей деревянных конструкций наиболее часто используемых конфигураций. Система включает также библиотеку стандартных сечений брусев и базу данных по размерам и несущим способностям МЗП, выпускаемых ЗАО «ТЕХКОМПЛЕКТ». Специальные функции отрисовки и редактирования балок позволяют быстро усечь, срастить, удлинить брус для быстрого создания произвольных сложных конструкций.

По заданным нагрузкам выполняется прочностной расчет конструкции. Одним из наиболее эффективных способов соединения деревянных стержней (брусев) в каркасных деревянных конструкциях является соединение на металлических зубчатых пластинах (МЗП). В системе реализовано два типа расчета соединений металлическими зубчатыми пластинами: 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 брусев. Расчеты выполняются согласно нормативным документам:

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

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

Система расчета и проектирования деревянных конструкций работает в качестве приложения к чертежно-графическому редактору *APM Graph*. Все необходимые расчеты на действующие усилия, прочность и устойчивость выполняются расчетным ядром системы *APM Structure3D*. Поэтому для проведения прочностного расчета и автоматизированного подбора параметров металлических зубчатых пластин необходима установка системы конечно-элементного анализа *APM Structure3D*.

Аппаратное и программное обеспечение должно соответствовать требованиям чертежно-графического редактора *APM Graph*.

Критерии расчета: проверка элементов конструкций на прочность и устойчивость

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. 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 проектировочный и проверочный расчет соединений элементов конструкции металлическими зубчатыми пластинами.

Требования к аппаратному и программному обеспечению

Система предназначена для работы в операционных средах семейства Windows (соответственно MS Windows Vista, 7, 8 и Microsoft Windows Server 2008). Компьютер должен быть с двумя процессорами (ядрами), поддерживающие 64-х разрядную адресацию. Объем оперативной памяти - 4 Гбайта. Размер свободного пространства на жестком диске 500 Гбайт. Видеокарта Radeon или Nvidia с аппаратной поддержкой OpenGL.

Глава 1. Справочник команд

Для работы с системой расчета и проектирования деревянных конструкций служат команды главного меню *Деревянные конструкции* (рис. 1.1) и специализированной панели инструментов (рис. 1.2). 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 главе 2. Расчет и проектирование соединений изложено в главе 3.

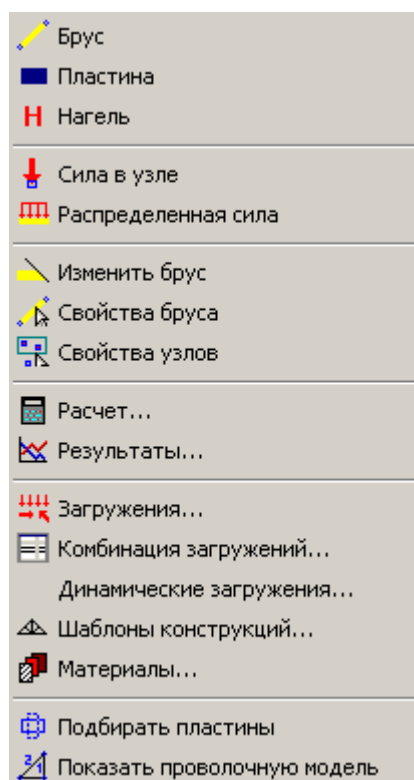


Рис. 1.1 Меню *Деревянные конструкции*.



Рис. 1.2 Панель инструментов *Деревянные конструкции*.

Таблица 1.1 – Справочник команд

Команда	Описание команды
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
Изменить брус	Режим редактирования бруса
Свойства бруса	Режим редактирования свойств бруса
Изменить свойства узла	Разрешить/запретить автоматизированную простановку пластин в узле (узлах)
Расчет...	Запуск расчета
Результаты...	Просмотр результатов расчета
Загружения...	Вызов диалогового окна загрузки
Комбинации загрузений...	Вызов диалогового окна комбинации загрузений
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

Глава 2. Прочностной расчет деревянных конструкций

Порядок выполнения расчета

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


- 1) Создать геометрическую модель конструкции (отрисовка 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.

2.1 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.

2.1.1 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 ввода параметров. Пример параметров для одной из схем приведен на рисунке 2.2. Все диалоговые окна для ввода параметров конструкций снабжены поясняющими схемами.

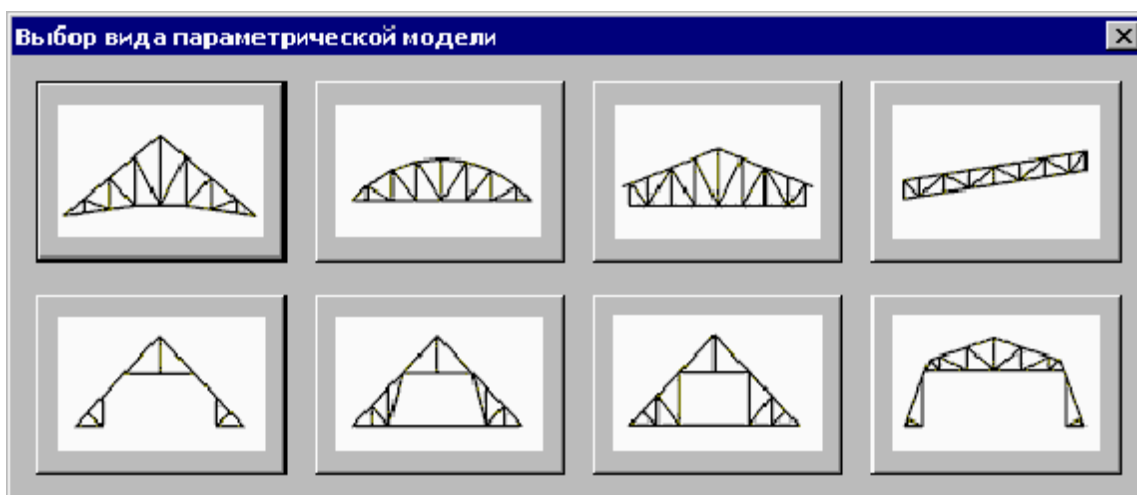


Рис. 2.1 Диалоговое окно выбора параметрической модели.

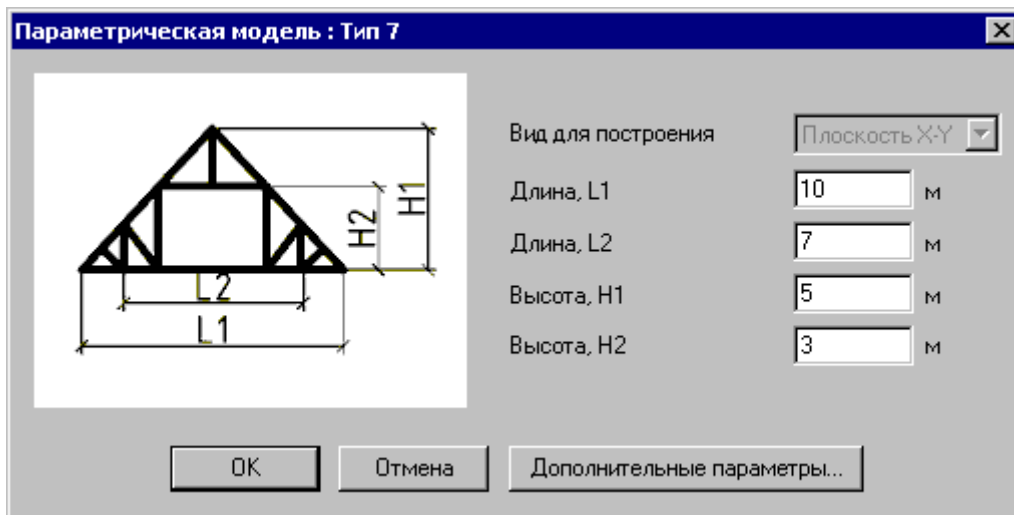


Рис. 2.2 Диалоговое окно задания параметров модели.

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 *APM Graph* (команды меню **Рисовать | Размеры**). Привязка осуществляется к контрольным точкам (рис. 2.4).

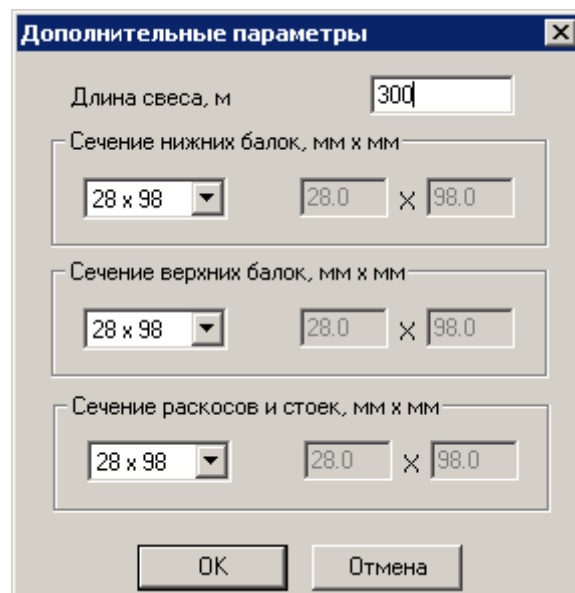


Рис. 2.3 Дополнительные параметры типовых схем.

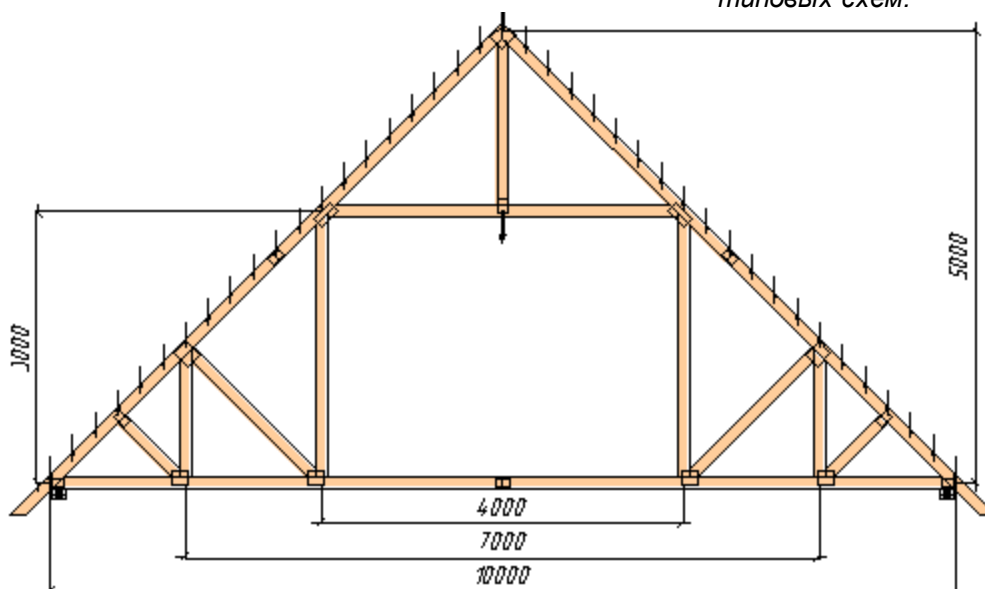


Рис. 2.4 Пример конструкции, созданной с помощью параметрической модели.

2.1.2 Построение произвольной пользовательской модели

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

Инструментарии для работы с деревянными конструкциями являются 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.

а) 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.

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

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

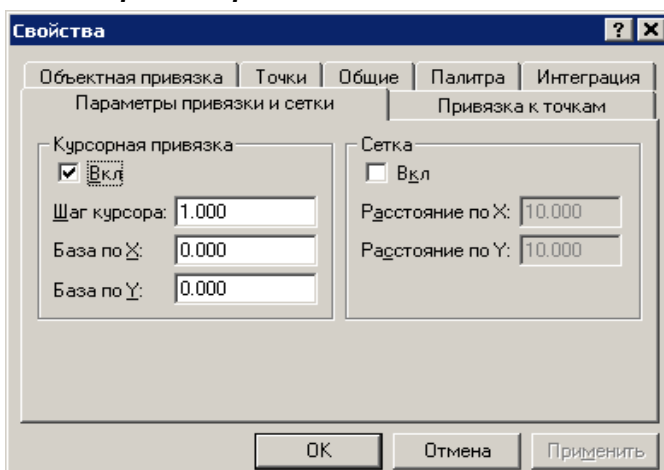


Рис. 2.5 Вкладка *Параметры привязки и сетки*.

Ускоренный выбор привязок: Панель **Инструменты**:

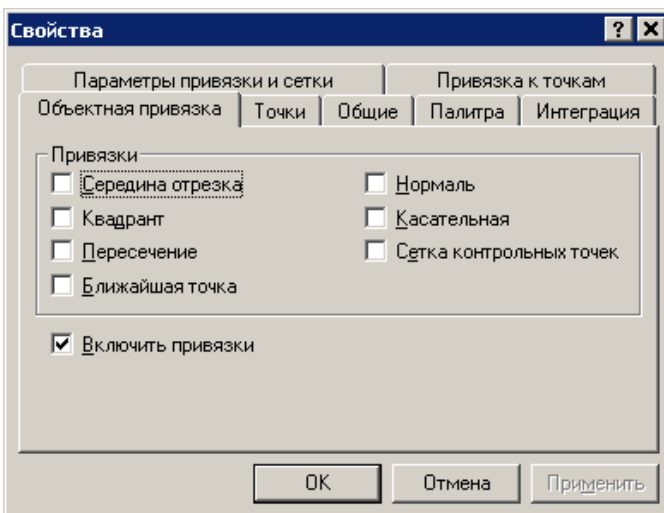
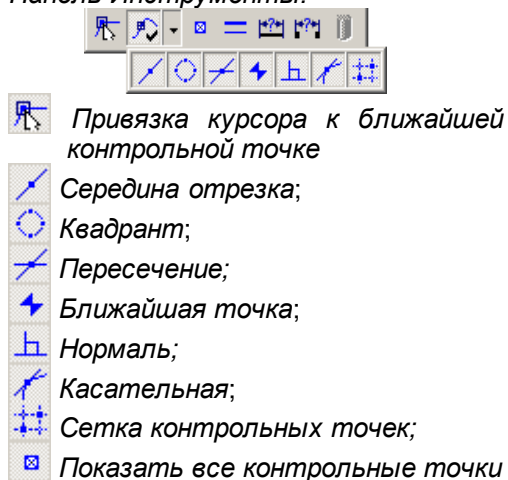


Рис. 2.6 Вкладка *Объектная привязка*.

б) Отрисовка и редактирования стержней

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. 2.7). (Диалоговое окно ручного ввода параметров

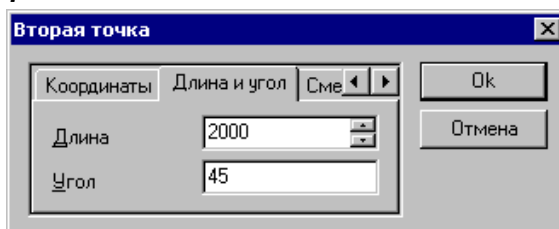




Рис. 2.7 Диалог ручного ввода параметров.


выводится на экран автоматически после нажатия цифровой клавиши). Для рисования в орто-режиме держите нажатой клавишу *Shift*.

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

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

Замечание. Длинные стержни (> 6 м) автоматически равномерно разбиваются так, чтобы длина каждого не превышала 6 метров (условие обеспечения перевозки). Пример: от 6 до 12 м разбиваются пополам, от 12 до 18 м – на 3 части и т.д.

в) Свойства стержня

Для задания параметров стержня служит команда  **Свойства бруса**, которая вызывает соответствующее диалоговое окно (рис. 2.8). Рассмотрим параметры стержня 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. 2.9).

Материал – кнопка *Выбрать* вызывает диалоговое окно (рис. 2.10) 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 перезадать.

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; не определен – дополнительное условие не накладывается.

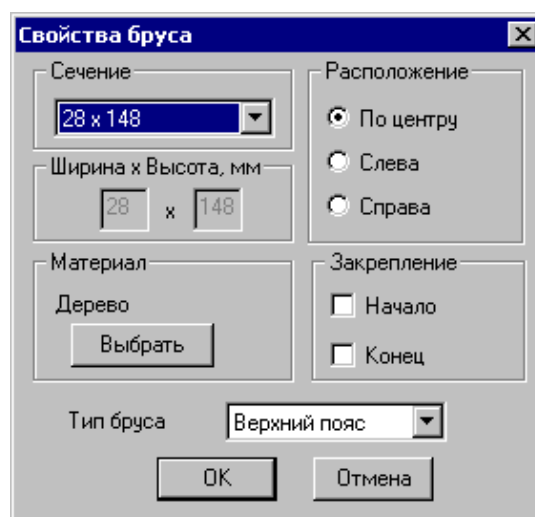


Рис. 2.8 Диалоговое окно редактирования свойств бруса.

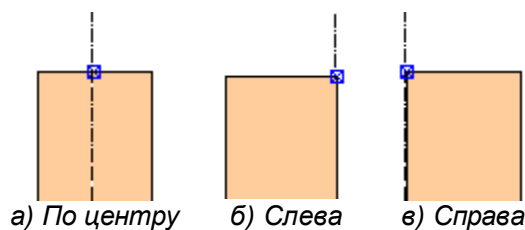



Рис. 2.9 Расположение бруса.

Для типовых конструкций типы стержней уже заданы. Настройку типа стержня целесообразно проводить перед расчетом соединения. Подробное описание данной настройки приведено в главе 3.

2.2 Задание параметров материала

Команда  **Материалы** позволяет работать со списком материалов для стержней данной конструкции и назначать элементам различные породы и сорта древесины. После вызова команды на экране появляется диалоговое окно (рис. 2.10).

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.

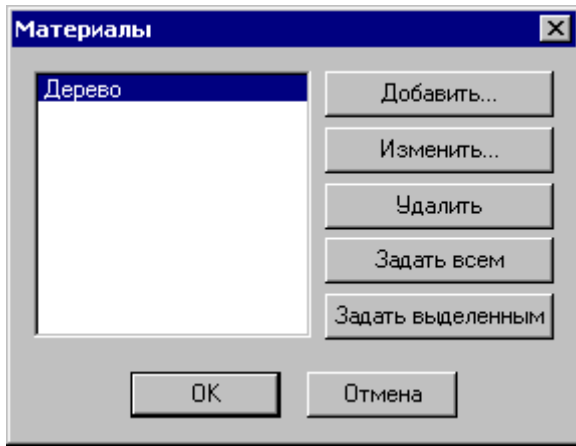



Рис. 2.10 Диалоговое окно Материалы.

Добавить... – кнопка создаёт новый материал. После нажатия выводится на экран диалоговое окно (рис. 2.11), 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. 2.11).

Задать выделенным – кнопка приписывает материал только выделенным элементам (стержни можно выделить с помощью команды  **Выделить объекты**).

Задать всем – кнопка приписывает параметры материала всем элементам конструкции.

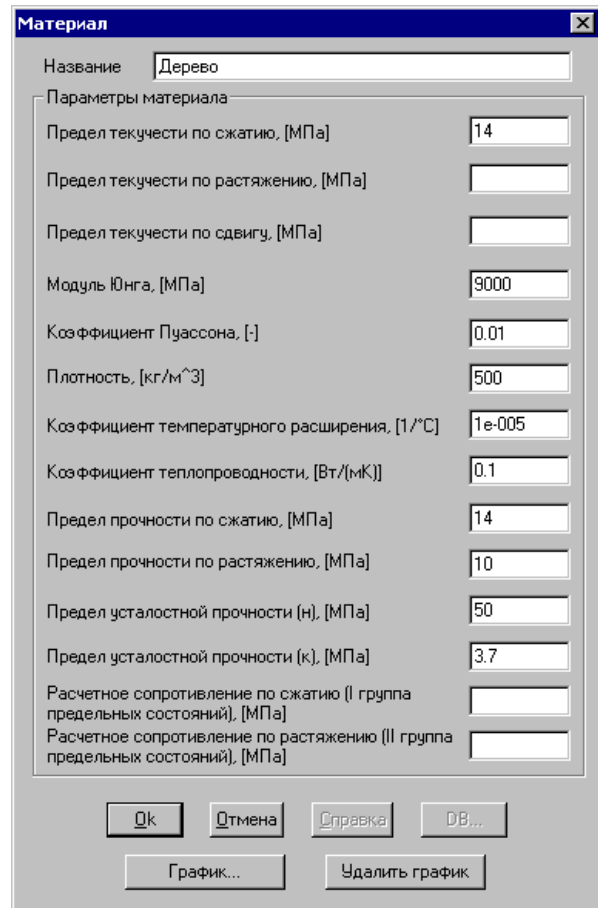


Рис. 2.11 Диалоговое окно Материал.

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

2.3 Задание нагрузки

2.3.1 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. 2.12).

Добавить... – кнопка создает новое загружение.

Изменить... – кнопка вызывает диалоговое окно для редактирования названия выделенного загружения (рис. 2.13). Для учета при расчете собственного веса конструкции необходимо ввести множитель собственного веса.

Удалить – кнопка удаляет выделенное загружение.

Активный – кнопка делает выбранное загружение активным.

Активное загружение можно редактировать: добавлять в него нагрузки или удалять из ранее созданных. Активным на данный момент может быть только одно из имеющихся загружений. Если активное загружение выключено, то вновь задаваемые нагрузки после завершения их ввода «пропадают» с экрана.

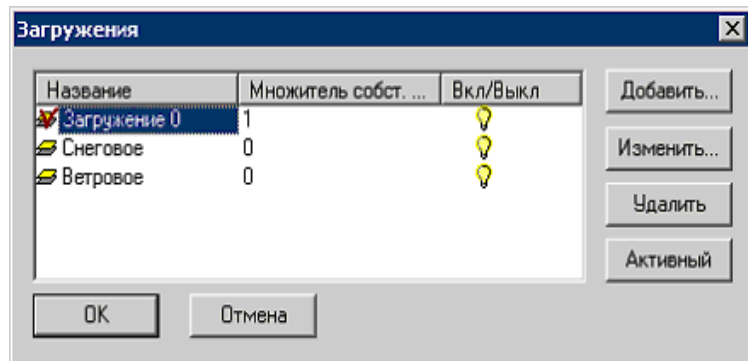


Рис. 2.12 Диалоговое окно Загружения.

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

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

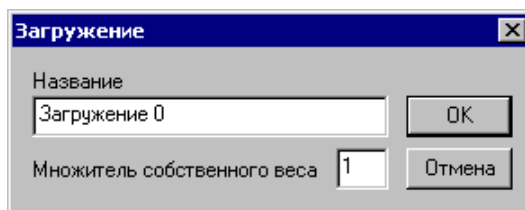






Рис. 2.13 Диалоговое окно изменения загрузки.

2.3.2 Нагрузки

Команда  **Сила в узле** устанавливает режим простановки сил в узлах. После выбора узла появляется соответствующее диалоговое окно (рис. 2.14). 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. 2.14). 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 диалог *Распределенная сила* (рис. 2.15).

Предусмотрено два способа задания нагрузки на стержни: распределенная по длине (измеряемая в Н/мм) и распределенная по площади (Н/мм²). 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 двумерном 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 обратной 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 загрузений. Распределенная силы может быть неравномерной и изменяться по линейному закону от начала до конца участка.

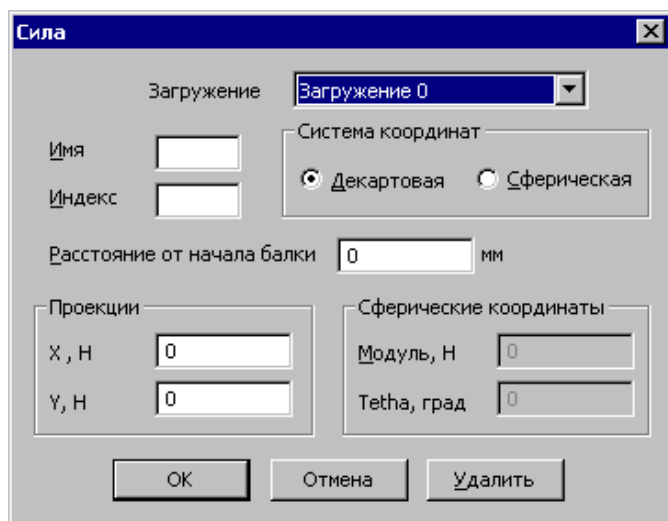


Рис. 2.14 Диалоговое окно Сила.

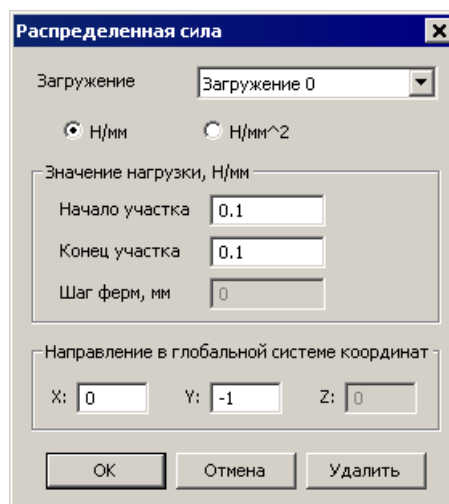



Рис. 2.15 Диалоговое окно Распределенная сила.

2.3.3 Комбинация загрузений...

Комбинация загрузений представляет собой линейную комбинацию загрузений. Для создания комбинации загрузений используется команда  **Комбинация загрузений....** Эта команда вызывает диалог *Комбинация загрузений* (рис. 2.16).

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

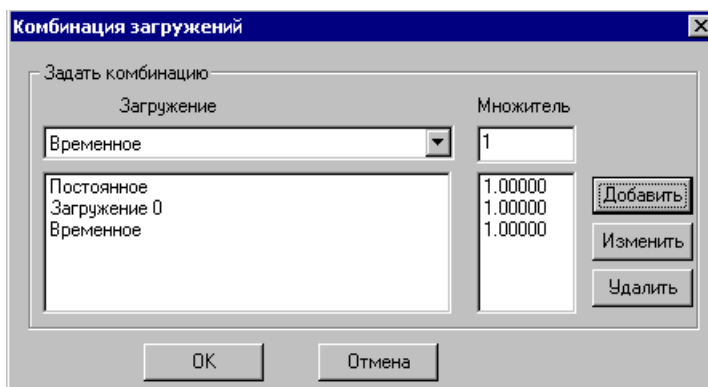


Рис. 2.16 Диалог Комбинация загрузок.

2.4 Выполнение расчета

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

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

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.

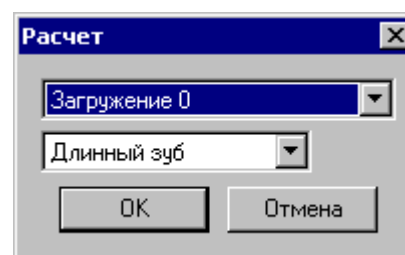


Рис. 2.17 Диалоговое окно Расчет.

2.5 Результаты расчета

После выполнения расчета в случае не выполнения условия прочности система выдаст соответствующее предупреждение (рис. 2.18), а элементы, для которых условие не выполнено, будут подсвечены.

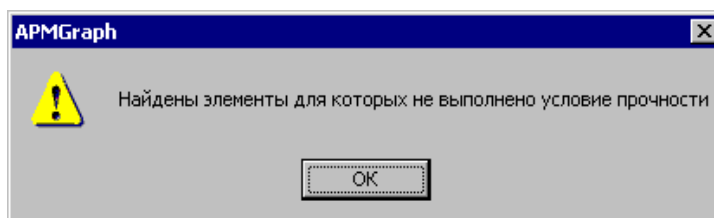


Рис. 2.18 Предупреждение о невыполнении условия прочности.

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

Результаты расчета осевых сил (рис. 2.19) доступны после выбора команды **Результаты**. Для отображения на расчетной схеме номеров стержней (рис. 2.20) служит команда **Показать стержни** (доступно после выполнения расчета).

Нагрузка на стержни

Загрузка 0

N	Осевая сила, Н
0	0
1	0
2	5292
3	5292
4	11941

OK Отмена

Рис. 2.19 Результаты расчета осевых сил.

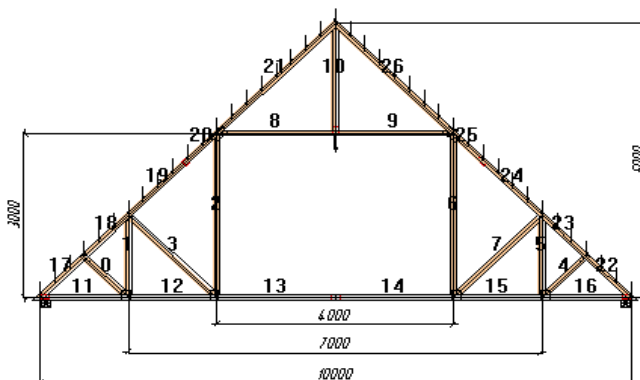


Рис. 2.20 Номера стержней конструкции.

2.6 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. Подробнее о работе с *APM Structure3D* изложено в документации к данному модулю.

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. Проектный расчет МЗП (автоматический подбор размеров и положения установки пластин);
 - Указание стержней верхнего и нижнего пояса;
 - Выполнение расчета;
3. Проверочный расчет МЗП (ручной подбор размеров и положения установки пластин).
 - Отрисовка МЗП в узлах соединения;
 - Расчет и последующая корректировка МЗП;
4. Просмотр, сохранение и печать результатов расчета.

3.1 Редактирование соединений

Замечание. Для типовых конструкций формирование контуров сопряжения стержней (включая верхний и нижний пояса) в узлах predetermined для распиловки и редактирование не требуется.

Для перехода в режим редактирования узловых соединений деревянной конструкции выберите команду **Изменить брус**.

После вызова команды необходимо указать стержень, который требуется изменить (стержень подсветится пунктиром и появится диалоговое окно *Свойства бруса* (рис. 3.1).

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

Расположение – симметрично, слева, справа – расположение бруса относительно оси, проходящей через контрольные точки брусьев (рис. 3.2).

Далее рассмотрим порядок действий по редактированию соединений брусьев: *усечь*, *сростить*, *удлинить*, которые позволяют отрисовывать соединения с учетом распиловки.

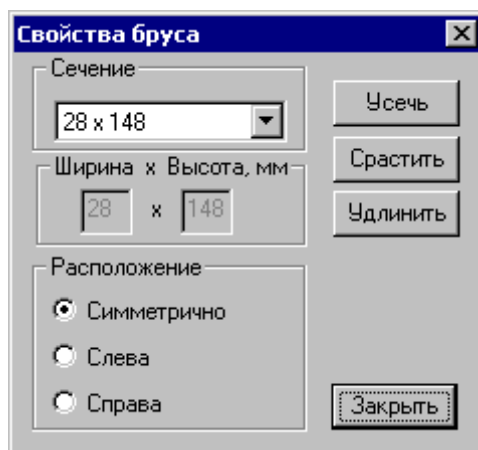


Рис. 3.1 Диалоговое окно *Свойства бруса*.

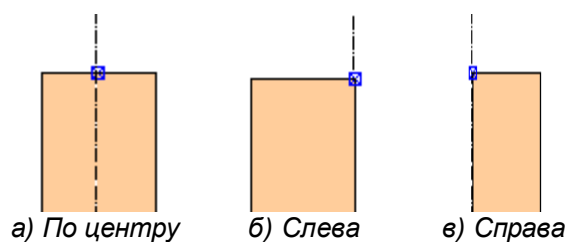


Рис. 3.2 Расположение бруса.

Операция *Усечь* (рис. 3.3)

Команда **Изменить брус** → Выбрать стержень, который нужно изменить (стержень 1 (стержень подсветится пунктиром)) → В появившемся диалоговом окне выбрать операцию *Усечь* → Указать границу усечения (линия 2).

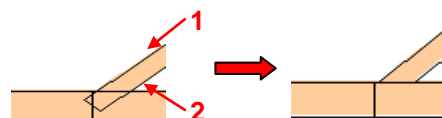
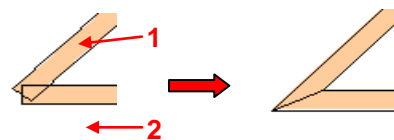


Рис. 3.3 Операция *Усечь*.

(Рекомендуется для более четкого указания границы усечения пользоваться через команду «Вспомогательная линия» построением линии, совпадающей с границей усечения).

Операция *Сростить* (рис. 3.4)


Команда **Изменить брус** → Выбрать стержень, который нужно изменить (стержень 1 (подсветится пунктиром)) → В появившемся диалоговом окне выбрать




операцию **Срастить** → Указать с чем срастить (стержень 2).

Рис. 3.4 Операция Срастить.

Операция Удлинить (рис. 3.5)

Команда  **Изменить брус** → Выбрать стержень, который нужно изменить (стержень 1 (подсветится пунктиром)) → В появившемся диалоговом окне выбрать операцию **Удлинить** → Указать границу удлинения (линия 2).

Далее необходимо усечь нижний стержень 3 границей 4: Команда  **Изменить брус** → Выбрать стержень, который нужно изменить (стержень 3) → В окне нажать кнопку **Усечь** → Указать границу усечения (линия 4).

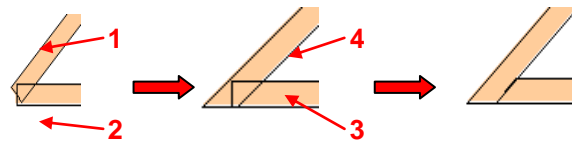



Рис. 3.5 Операция Удлинить.

3.2 Автоматизированный расчет МЗП и его особенности

3.2.1 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 команда  **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. главу 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.

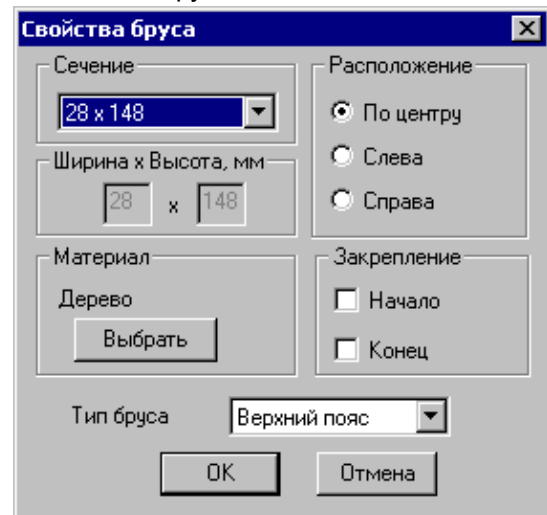


Рис. 3.6 Диалоговое окно редактирования свойств бруса.

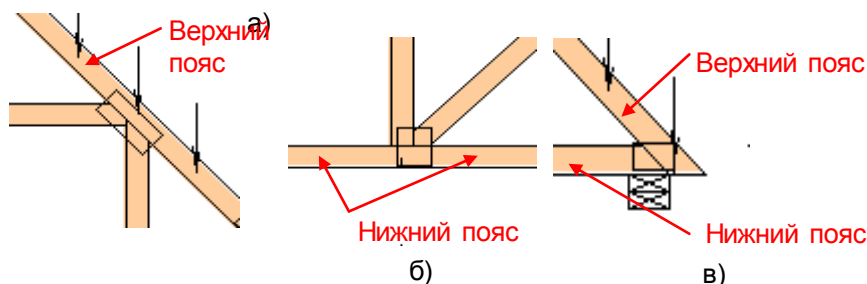






Рис. 3.7 Расположение пластин для различных типов бруса.

3.2.2 Выполнение расчета

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

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 загрузок и типа зубьев пластин для проведения расчета. Выберите в выпадающем списке необходимые параметры расчета и нажмите кнопку «ОК».

В случае невозможности подбора какой-либо металлической зубчатой пластины система выдаст предупреждение.

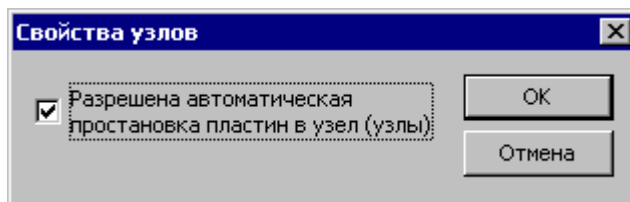



Рис. 3.8 Диалоговое окно *Свойства узлов*.

3.3 Ручная установка пластин и проверочный расчет МЗП

3.3.1 Отрисовка МЗП в узлах соединения

Ручная 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:

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

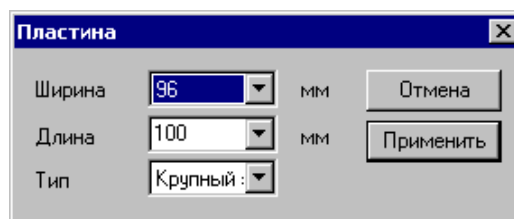








Рис. 3.9 Диалоговое окно *Пластина*.

3.3.2 Выполнение расчета

Расчет выполняется командой  **Расчет**. Если кнопка  **Подбор пластин** нажата, то выполняется автоматический подбор пластин. Если эта кнопка отжата выполняется проверка уже имеющихся пластин по нормам. С помощью команды  **Свойства узла** в диалоговом окне (рис. 3.8) можно 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 интересующее загрузку или комбинацию загрузок и нажмите кнопку «ОК».

После выполнения расчета в случае не выполнения условия прочности для брусьев система выдаст соответствующее предупреждение, а брусья, для которых условие не выполнено, будут подсвечены. После выполнения проверочного расчета (кнопка  **Подбор пластин** отжата) пластины, для которых не выполняются требования прочности будут выделены красным цветом. Эти пластины необходимо перезадать (команда  **Пластина**), увеличив поверхность перекрытия ими деревянных брусьев и повторить расчет.

3.4 Ручная установка нагелей

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

В режиме нагельного соединения необходимо последовательно указать мышью две сопрягаемые балки и точку на общей линии балок. Эта точка будет 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 **Р Расчет** вызывает диалоговое окно выбора загрузки или комбинации загрузок для проведения расчета. Выберите в выпадающем списке интересующее загрузку 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, информацию о каждом узловом соединении (МЗП или нагельми) (рис. 3.11) и распиловку каждого элемента деревянной конструкции (рис. 3.12); сводные таблицы нагружения, расхода пиломатериала и МЗП. Примеры сводных таблиц расхода пиломатериала и МЗП приведены ниже.

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

Доступна функциональность работы с базами данных параметрических моделей командами *APM Graph* (команда **Р Рисовать | Вставить объект из базы данных**). Для того, чтобы отключить печать нагрузок, приложенных к конструкции необходимо выключить загрузки, в которых находятся эти нагрузки. Это выполняется в диалоговом окне «Загрузки» по команде **Д Деревянные конструкции | Загрузки**.

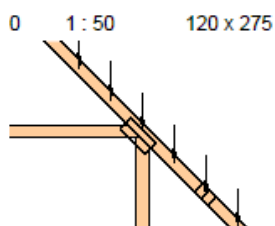


Рис. 3.11 Размеры и расположение МЗП.

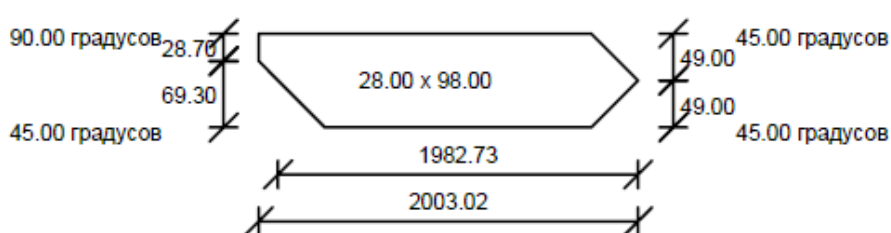


Рис. 3.12 Распиловка одного из элементов конструкции.

Таблица: Расход пиломатериалов

N	Сечение	Объём [куб.м]	Масса [кг]	Длина [м]
0	28 X 98	0.08	41.2	30.05
1	28 X 148	0.06	30.2	14.58

Всего: Объём 0.14 куб.м, масса 71 кг, Длина 44.63 м

Таблица: Пластины

N	Размеры [мм]	Тип пластины	Количество	Площадь [кв.м]	Масса пластин [кг]
0	96 X 150	Длинный зуб	12	0.173	1.58
1	180 X 150	Длинный зуб	6	0.162	1.48
2	180 X 175	Длинный зуб	4	0.126	1.15
3	120 X 325	Длинный зуб	2	0.078	0.71
4	120 X 250	Длинный зуб	2	0.060	0.55

Количество пластин: 26. Общая площадь 0.60 кв.м, Масса 5.46 кг.

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

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. Подобнее о работе с *APM Structure3D* изложено в документации к данному модулю.