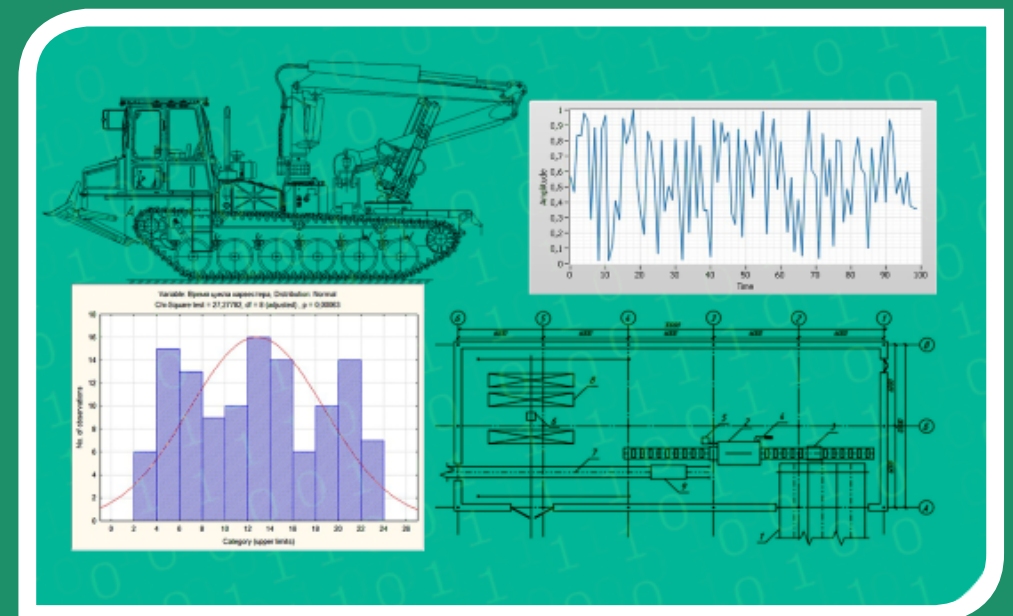


С. Б. Якимович  
Ю. В. Ефимов

## ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Уральский государственный лесотехнический университет»  
(УГЛТУ)

С. Б. Якимович  
Ю. В. Ефимов

ИНФОРМАЦИОННЫЕ  
ТЕХНОЛОГИИ  
В ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ  
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Учебное пособие

Екатеринбург  
2021

УДК 630.3:004(075.8)

ББК 43:32.81я73

Я45

Рецензенты:

кафедра «Технологии лесопользования и ландшафтного строительства» ФГБОУ ВО «ТОГУ», д-р техн. наук *П. Б. Рябухин*;

*А. П. Гончаренко*, директор ООО «Уральская лесная проектная компания»

**Якимович, С. Б.**

Я45 Информационные технологии в профессиональной деятельности : учебное пособие / С. Б. Якимович, Ю. В. Ефимов ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Уральский государственный лесотехнический университет. – Екатеринбург : УГЛТУ, 2021. – 117 с.

ISBN 978-5-94984-799-2

В учебном пособии представлены основы технологического проектирования в среде КОМПАС-3D применительно к лесопромышленному комплексу. Особое внимание уделено методике моделирования и поиску наилучших решений в специализированных программных средах – Mathcad, Maple, Statistica, Excell – применительно к технологиям лесозаготовок. Описан метод планирования эксперимента, сбора и обработки данных в среде LabVIEW. Даны примеры оформления презентаций докладов научных и выпускных квалификационных работ в MS PowerPoint.

Учебное пособие содержит сведения, необходимые для формирования профессиональных компетенций при подготовке бакалавров и магистров по направлениям 35.03.02 и 35.04.02 «Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств», и рекомендуется Научно-методическим советом по лесному хозяйству для использования в учебном процессе.

Издается по решению редакционно-издательского совета Уральского государственного лесотехнического университета.

УДК 630.3:004(075.8)

ББК 43:32.81я73

ISBN 978-5-94984-799-2

© ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет», 2021

© Якимович С. Б., Ефимов Ю. В., 2021

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение .....	5
1. Технологическое проектирование в среде КОМПАС-3D .....	6
1.1. Запуск и работа в программе КОМПАС-3D LT V12 .....	6
1.2. Повышение производительности работы в КОМПАС-3D .....	9
1.2.1. Привязки .....	9
1.2.2. Вспомогательные прямые .....	10
1.2.3. Параметризация .....	11
1.2.4. Симметрия .....	13
1.3. Основные геометрические построения, нанесение размеров .....	13
Задание для самостоятельной работы .....	18
1.4. Построение трехпроекционного чертежа и изометрии .....	22
Задание для самостоятельной работы .....	26
1.5. Построение 3D-модели стула .....	27
1.6. Построение кинематических и гидравлических схем .....	34
Задание для самостоятельной работы .....	40
1.7. Построение технологической схемы лесосечных работ .....	41
1.8. Построение схемы нижнего лесопромышленного склада .....	46
1.9. Построение чертежа деревообрабатывающего цеха .....	46
Задания для самостоятельной работы .....	48
2. Информационные технологии в математическом моделировании и поиске наилучших решений для лесопромышленного комплекса .....	51
2.1. Решение распределительной задачи линейного программирования лесопромышленного комплекса в математической программной среде Excel .....	51
2.2. Компьютерное решение задачи оптимального управления объектами лесозаготовок в компьютерной среде MathCad .....	58
2.3. Статистическая информация для моделирования стохастических систем и ее обработка в программной среде STATISTICA .....	63
2.3.1. Понятие информации, сбор и обработки статистической информации .....	63
2.3.2. Обработка статистических данных в среде STATISTICA .....	71
2.3.3. Алгоритм и пример практической работы по выбору закона распределения диаметра среза дерева в среде STATISTICA .....	75
Задание для самостоятельной работы .....	83

3. Основы программирования в среде LabVIEW .....	84
3.1. Вход в среду LabVIEW .....	84
3.2. Создание нового виртуального прибора .....	85
Задание для самостоятельной работы .....	86
3.3. Сбор и запись экспериментальных данных .....	88
Задание для самостоятельной работы .....	93
3.4. Исследование случайных процессов пиления древесины на тарной раме ТРЛ-2М .....	98
4. Работа в электронной информационной образовательной среде LMS Moodle .....	107
5. Оформление презентаций докладов научных и выпускных квалификационных работ в MS PowerPoint .....	110
Библиографический список .....	114

## ВВЕДЕНИЕ

Определение «Информационные технологии» прописано в Федеральном законе РФ от 27.07.2006 № 149-ФЗ. Оно характеризует процессы, методы поиска, сбора, хранения, обработки, предоставления, распространения информации и способы осуществления таких процессов и методов.

Под профессиональной деятельностью можно понимать деятельность, которая осуществляется на основе специальных знаний и навыков, полученных в ходе подготовки и образования.

В настоящее время чем более эффективнее технологический процесс предприятия, тем более современные информационные технологии используются в профессиональной деятельности трудового процесса. Тем самым актуальна проблема подготовки высококвалифицированных выпускников вузов, которые способны решать типовые задачи профессиональной деятельности на основе знаний основных законов математических и естественных наук с применением информационно-коммуникационных технологий.

В большей части пособия приведена методика построения чертежей технологических схем в лесозаготовительной и деревообрабатывающей промышленности. Все пояснения даны для версии КОМПАС 3D 12-LT как наиболее распространенной и общедоступной версии. В пособии отражены наиболее затруднительные моменты в использовании программы, что в дальнейшем позволит полноценно использовать функционал программы с наименьшими затратами времени на выполнение чертежей.

Основное внимание уделяется применению математического моделирования и поиска наилучших решений для лесного комплекса с использованием программных сред MS Excel, MathCad и Statistica.

Для ознакомления в области сбора и обработки экспериментальных данных представлена среда графического программирования LabVIEW.

В учебном пособии также представлен пример оформления презентаций докладов научных и выпускных квалификационных работ в MS PowerPoint.

Освоение содержания учебного пособия бакалаврами и магистрантами направлений 35.03.02 и 35.04.02 «Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств» необходимо для получения базовых знаний и умений в сфере информационных технологий в профессиональной деятельности и умению самостоятельно применять полученные знания на практике.

## **1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ В СРЕДЕ КОМПАС-3D**

КОМПАС-3D – это российская разработка системы трехмерного проектирования в области САПР, значительно превосходящая возможности всех других программных продуктов этого направления. Программный продукт ориентирован на проектирование изделий основного и вспомогательного производств в машиностроительной отрасли (транспортное, сельскохозяйственное, энергетическое, нефтегазовое, химическое и т. д.), в отраслях приборостроения, авиастроения, судостроения, станкостроения, вагоностроения, металлургии, промышленно-гражданского строительства, товаров народного потребления и т. д.

Использование программного продукта КОМПАС-3D позволяет в несколько раз сократить время на графические части проектов и заданий, т. е. появляется возможность выполнять несколько графических вариантов вместо одного. Это чрезвычайно важно в учебном процессе, так как сравнительное проектирование дает наиболее полноценные знания, прививает интерес к творчеству.

На данный момент на официальном сайте вышла новая версия «Система трехмерного моделирования КОМПАС-3D v19». Однако для ознакомления с основным функционалом программы с сайта производителя можно скачать бесплатную версию программы КОМПАС-3D LT V12. Это программа может успешно использоваться обучающимися вузов при выполнении домашних заданий и курсовых работ, для освоения трехмерного моделирования и черчения, а также проектирования отдельных деталей и выполнения чертежей самого широкого спектра изделий.

### **1.1. Запуск и работа в программе КОМПАС-3D LT V12**

При первом запуске программы появляется стартовая страница (рис. 1.1), в которой особый интерес представляет учебное пособие «Азбука КОМПАС», которое позволяет на представленных примерах выполнить свой первый рабочий чертеж и трехмерную деталь.

Основным графическим документом и системе КОМПАС-3D является лист чертежа. Он хранится в отдельном файле специального двоичного формата (расширение файла \*.cdw). Если ваша конструкторская или технологическая документация (например, сборочный чертеж) состоит из нескольких листов, то они создаются и обрабатываются отдельно в различных файлах.

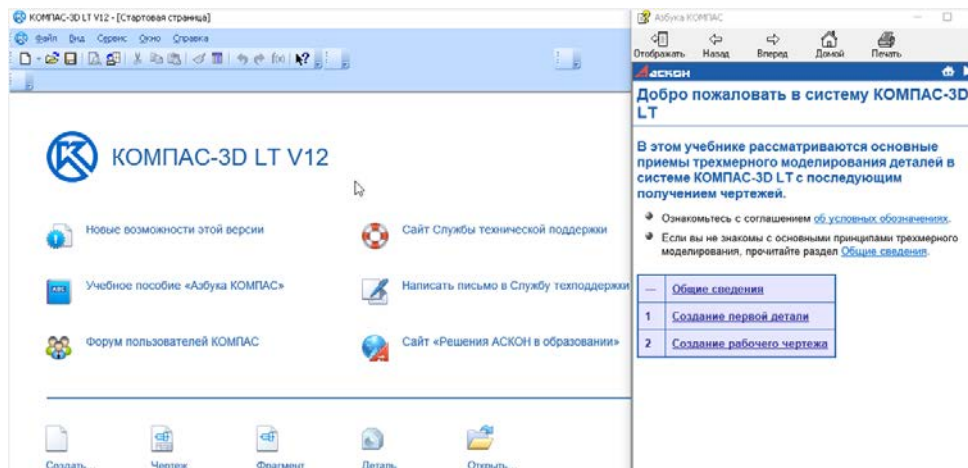


Рис. 1.1. Фрагмент стартовой страницы КОМПАС-3D LT V12

Другим типом графического документа КОМПАС-3D является фрагмент (расширение файла \*.frw). Он отличается от чертежа отсутствием объектов оформления. Во фрагменте нет рамки, основной надписи, знака неуказанной шероховатости и технических требований. Фрагмент, как и вид чертежа, может содержать до 255 слоев.

Фрагмент идеально подходит для хранения изображений, которые не нужно оформлять как лист чертежа (эскизные прорисовки, разработки и т. д.). Кроме того, во фрагментах удобно сохранять созданные типовые решения и конструкции для последующего использования в других документах, например схемы и габариты оборудования, станков, приспособлений, которые можно через память вставлять в чертежи. Объемный чертеж некой детали сохраняется с расширением \*.m3d.

В главном окне системы КОМПАС-3D может быть открыт только один документ: чертеж, фрагмент или деталь. Для перехода между созданными чертежами используется вкладка <Окна> (рис. 1.2).

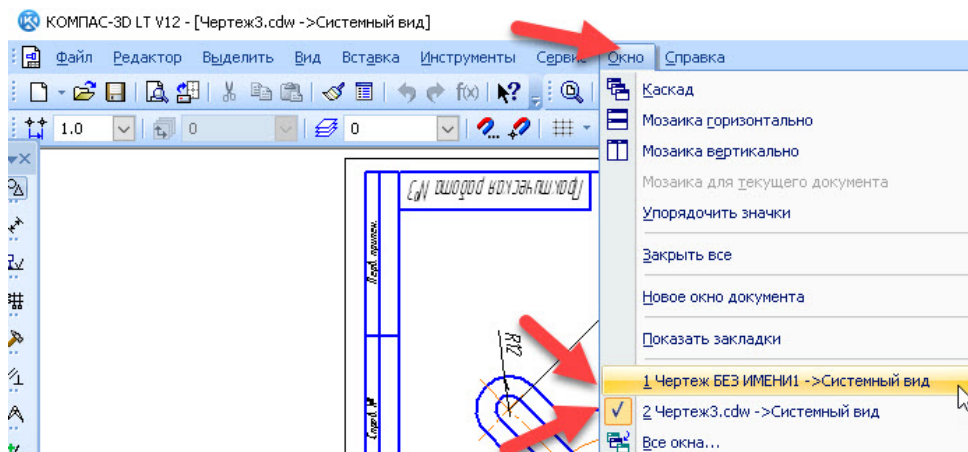


Рис. 1.2. Фрагмент вкладки <Окна>

Команды вызываются из страниц Главного меню, контекстного меню или с помощью соответствующих кнопок.

Параметры при выполнении команд могут вводиться в полях Строки параметров или в специальных диалогах.

При наведении мыши и обозначении какого-либо элемента чертежа появляется вспомогательная панель для дальнейшего редактирования (рис. 1.3).

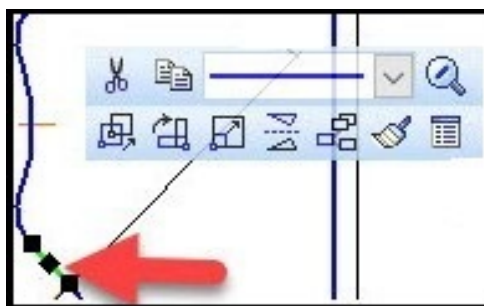


Рис. 1.3. Фрагмент появления вспомогательной панели для редактирования при выборе элемента чертежа

Для удобства желательно включить в настройках отображение <Панель свойств>, которая предназначена для управления свойствами объекта при его изменении. К свойствам относятся значения размеров, длины отрезков или, например, цвет элементов. Действует только при работе с чертежами (рис. 1.4). Панель параметров аналогична по функционалу Панели свойств, но в отличие от последней вызывается автоматически при создании объекта. Действует при работе со всеми видами документов.

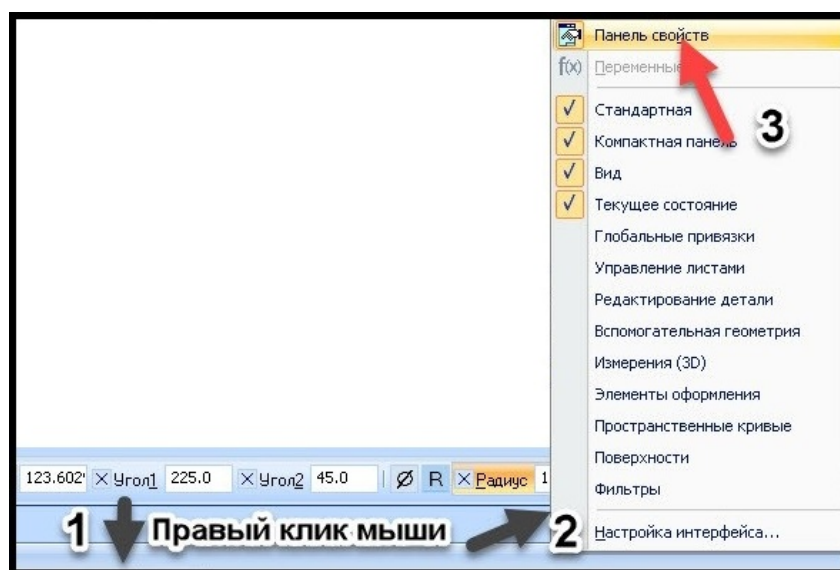


Рис. 1.4. Фрагмент настройки отображения <Панели свойств>

В КОМПАС-3D используются декартовы правые системы координат. Начало абсолютной системы координат чертежа всегда находится в левой нижней точке габаритной рамки формата.

Начало системы координат фрагмента и начало системы координат детали не имеют такой четкой привязки, как в случае чертежа. Поэтому, когда создается новый фрагмент или новая деталь, точка начала системы координат автоматически отображается в центре окна.

Для удобства работы можно создавать в документе произвольное количество локальных систем координат (ЛСК) и оперативно переключаться между ними.

Для задания формата чертежа (A0-A5) и его ориентации (горизонтальная или вертикальная) необходимо нажать правый клик мыши в пустом поле чертежа и в появившемся окне выбрать <Параметры текущего чертежа>. Далее во вкладке **Система** выбрать <Параметры первого чертежа> и выбрать необходимые параметры (рис. 1.5).

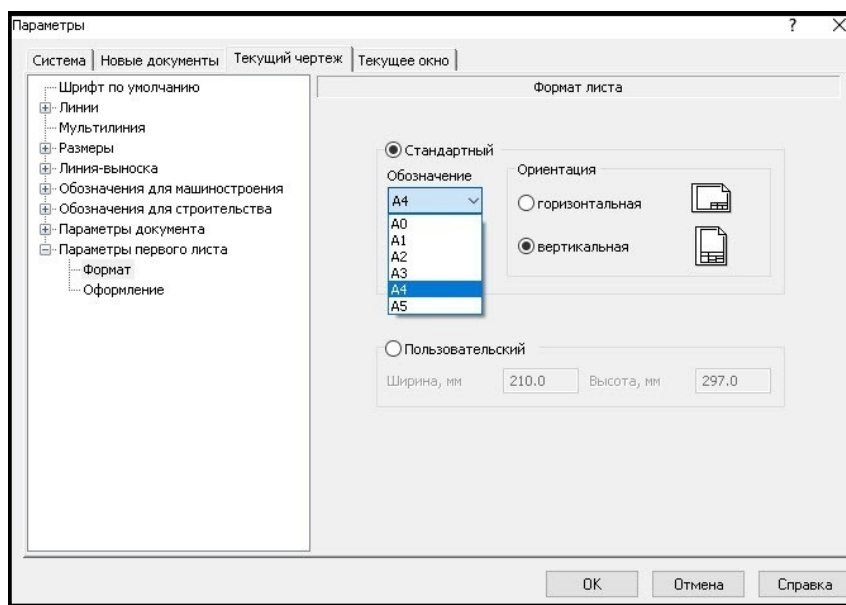


Рис. 1.5. Установка необходимых параметров чертежа (формат, ориентация)

## 1.2. Повышение производительности работы в КОМПАС-3D

### 1.2.1. Привязки

Правильная настройка точек привязки существенно помогает облегчить работу. В КОМПАС-3D заложены глобальная и локальная система привязок. Глобальная система привязок настраивается для постоянного действия и работает по умолчанию. Локальная система

привязок включается на время действия одной команды, но в связи с более высоким приоритетом может отменять функционал глобальной системы привязок. В КОМПАС-3D существует 10 различных типов привязок, и все они могут обрабатываться программой одновременно, но с учетом заданного приоритета (рис. 1.6).

Принцип работы привязок следующий: система анализирует объекты, наиболее близкие к текущему положению указателя, чтобы определить их характерные точки (например, конец или центр отрезка линии, центр круга, точку пересечения двух линий и т. д.). Далее пользователю предоставляется возможность зафиксировать указатель в одной из этих точек. Пользователь может самостоятельно настроить параметры, по которым система будет искать характерные точки близлежащих объектов.

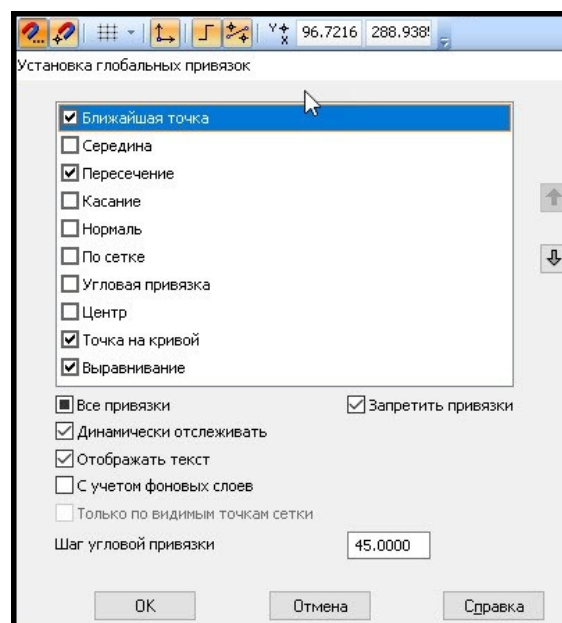


Рис. 1.6. Фрагмент отображения <Установка глобальных привязок>

Использование привязок позволяет точно установить указатель на определенную точку, при этом необязательно, чтобы координаты указателя в момент нажатия точно совпадали с координатами нужной точки.

## 1.2.2. Вспомогательные прямые

При построении эскизов чертежей использование вспомогательной геометрии необходимо для предварительных построений и для установки связей проекции между видами. При печати вспомогательные линии имеют стиль линии <Вспомогательная прямая> (при печат-

ти не отображается). К вспомогательным прямым можно обратиться двумя способами: посредством вкладки <Инструменты> либо через Компактную панель (рис. 1.7).

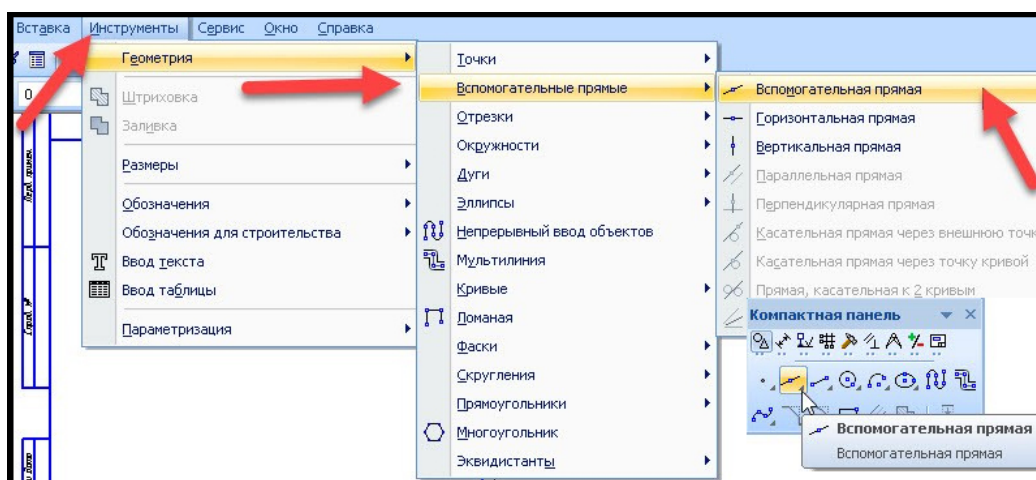


Рис. 1.7. Фрагмент вызова <Вспомогательная прямая>

Для удаления многочисленного числа вспомогательных прямых и точек на чертеже возможно одной командой <Удалить> – <Вспомогательные прямые и точки> – <В текущем виде> во вкладке Редактор (рис. 1.8).

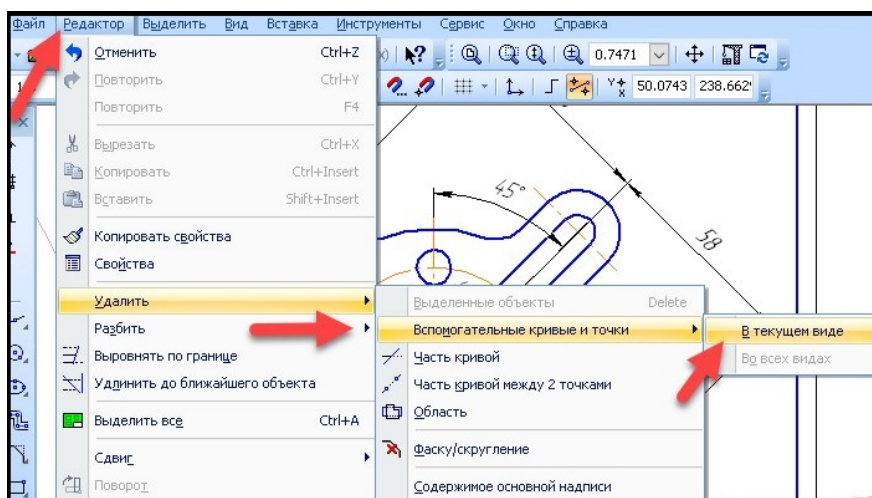


Рис. 1.8. Фрагмент операции удаления всех вспомогательных кривых и точек в текущем чертеже

### 1.2.3. Параметризация

Параметрическое построение отличается от обычного тем, что в нем хранится кроме информации о расположении и характеристиках геометрических объектов еще и сведения о взаимосвязях между объектами и наложенных на них ограничениях.

Под взаимосвязью объектов подразумевается зависимость между параметрами нескольких объектов. При редактировании одного из взаимосвязанных параметров изменяются другие. Примерами таких связей служат – параллельность и перпендикулярность отрезков и прямых, стрелки взгляда, равенство длин отрезков или радиусов окружностей.

Взаимосвязанными параметрами параллельных прямых являются углы их наклона.

Еще один вид параметрической связи – это ассоциативность. Такая связь возникает так: один объект как бы привязывается к другому в процессе построения. Это размеры, штриховки, технические обозначения – все они изменяются при перестроении базового объекта.

Под ограничением подразумевается зависимость между параметрами отдельного объекта (равенство параметра объекту константе или принадлежность параметра определенному числовому диапазону). Допускается только такое редактирование объекта, в результате которого не будут нарушены установленные зависимости, равенства и неравенства.

В качестве примеров ограничений наложенных на геометрические объекты можно привести вертикальность и горизонтальность отрезков (рис. 1.9).

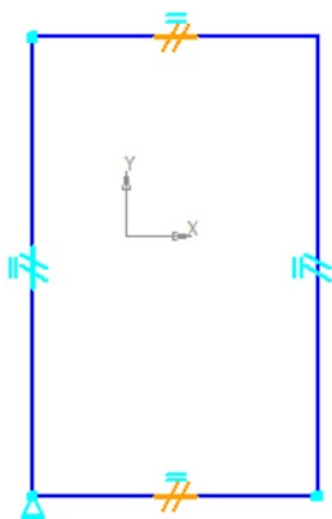


Рис. 1.9. Прямоугольник с наложенными геометрическими ограничениями

При редактировании параметризованных и ассоциативных объектов перестроение изображений происходит таким образом, что соблюдаются все наложенные на объекты ограничения и сохраняются связи между объектами.

## 1.2.4. Симметрия

Многие детали являются сочетанием геометрических тел или их частей. Мысленно расчлняя детали на простые геометрические тела, можно научиться быстро и правильно читать и чертить чертежи.

Значительно ускоряет процесс создания чертежей в КОМПАСе-3D использование команды <Симметрия>. Для использования этого инструмента необходимо в будущей детали выделить симметричные объекты. Примером может послужить чертеж вала. После построения контура выделяем его и применяем команду <Симметрия>, указываем точку на осевой прямой и проецируем его на противоположную сторону (рис. 1.10).

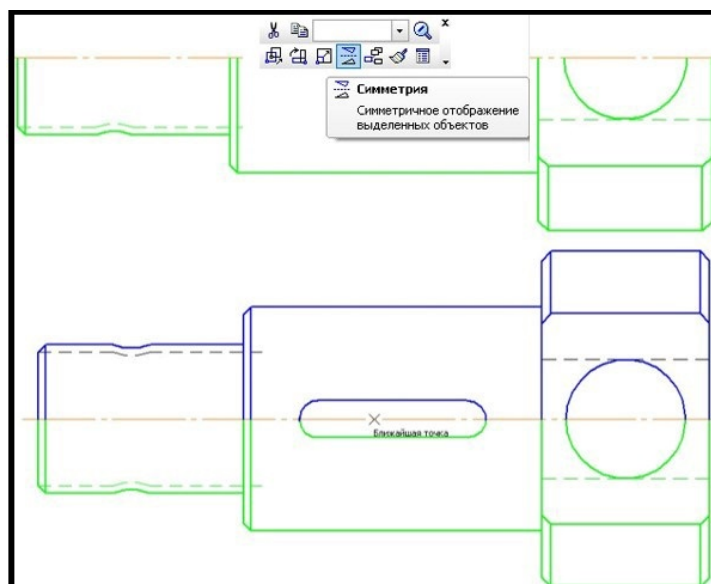


Рис. 1.10. Построение чертежа вала, используя команду <Симметрия>

## 1.3. Основные геометрические построения, нанесение размеров

Усвоение системы необходимо начать с построения графических примитивов, перемещения и копирования их в буфер. Для примера рассмотрим схематичное изображение валочно-сучкорезно-раскряжевочной машины (ВСРМ), которое построено с помощью инструментария <Геометрия> – Прямоугольник, Отрезок, Окружность (рис. 1.11).

На рис. 1.12 показан чертеж прокладки, контурное очертание которой позволяет применить все встречающиеся при разметке геометрические построения: скругление углов, касательные к дугам окружностей, сопряжение прямой и дуги окружности дугой заданного

радиуса; сопряжение двух дуг окружностей дугой заданного радиуса, сопряжение двух дуг окружностей дугой, проходящей через заданную точку [1].

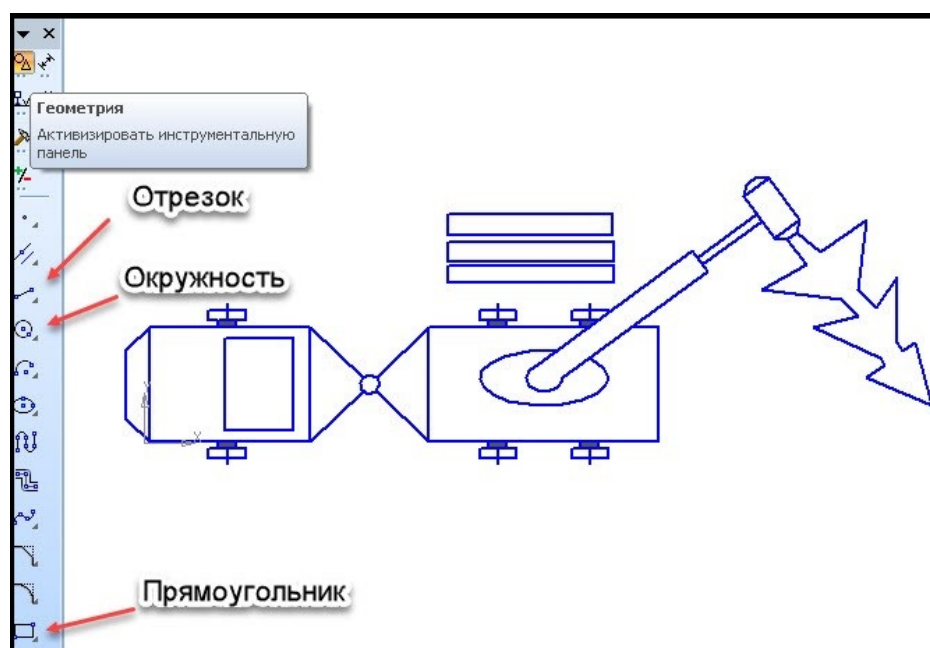


Рис. 1.11. Фрагмент чертежа ВСПМ, созданного на основе построения примитивов

Важной особенностью данного чертежа является то, что все элементы контурного очертания симметричны за исключением ушка с левой стороны. С целью облегчения чтения все размеры на чертеже, как правило, показаны с правой стороны; размеры ушка, нарушающего симметричность очертания всей детали, – с левой стороны. Если бы размеры оказались равномерно распределенными по обе стороны, то, чтобы установить, является ли деталь симметричной, потребовалось бы сопоставить все проставленные на чертеже размеры, так как при чтении появляется сомнение в симметричности расположения всех других элементов очертания.

Основными базами при разметке служат основная ось симметрии и линия  $O_x$ , соединяющая боковые отверстия  $\varnothing 8$ , перпендикулярная оси симметрии. Для удобства отсчета размеров и повышения точности при разметке введены вспомогательные базы  $X_1$ ,  $X_2$  и  $X_3$ , ориентированные от основной  $X$  и вспомогательной базы  $X_1$ . При чтении чертежа важно продумать, какие потребуются геометрические построения и сопряжения, правильно наметить последовательность выполнения построений по элементам, чтобы как можно быстрее и точнее выполнить очертание детали.

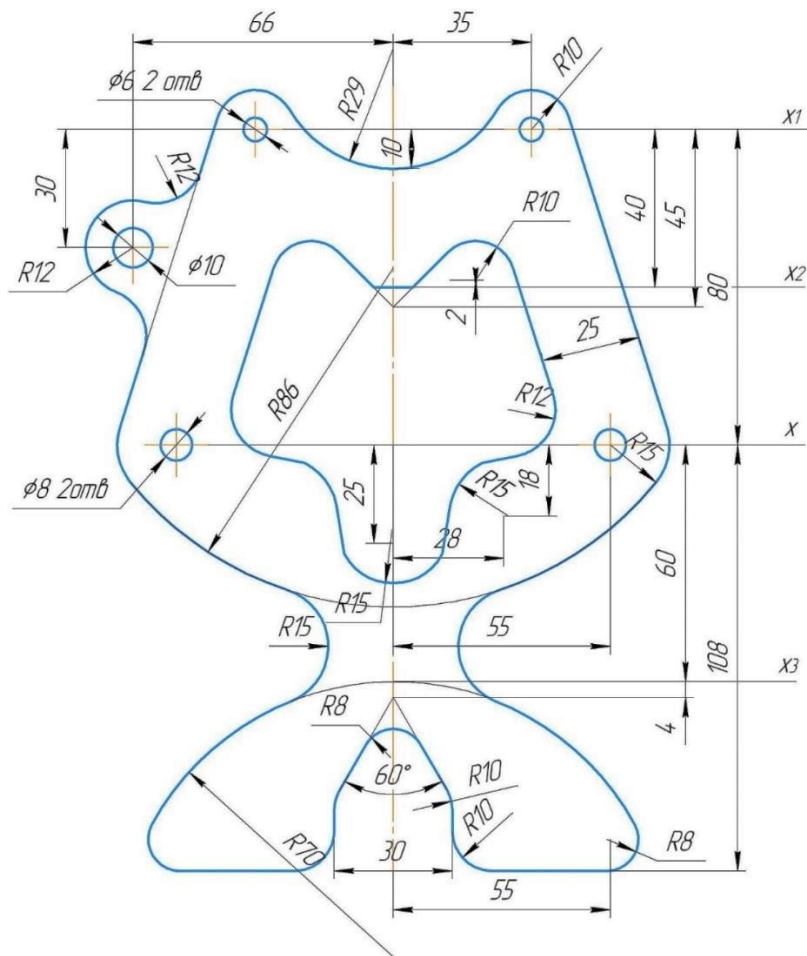


Рис. 1.12. Чертеж-справочник о всех основных геометрических построениях, встречающихся при вычерчивании контуров деталей

Для разметки по чертежу любой плоской детали в общих случаях необходимо выполнить следующие действия:

- определить наивыгоднейшие размеры заготовок детали;
- провести базовые линии  $O_x$  и  $O_y$ ;
- построить опорные точки, центры дуг окружностей, прямые, заданные на чертеже непосредственно координатами;
- вычертить участки контура, при построении которых исходными данными служат только те элементы (точки, прямые), которые заданы на чертеже непосредственно координатами;
- вычертить остальные участки контура, построение которых зависит от предыдущих.

Построение касательных и сопряжений в программе реализуется посредством таких команд, как: касательная прямая через внешнюю точку; касательная прямая через точку кривой; прямая, касательная к двум кривым; окружность, касательная к двум кривым; окружность, касательная к трем кривым и т. п. Более подробное описание

представлено в справочном разделе программы (вызывается при нажатии клавиши F1) в поиске по ключевому слову – касательная (рис. 1.13).

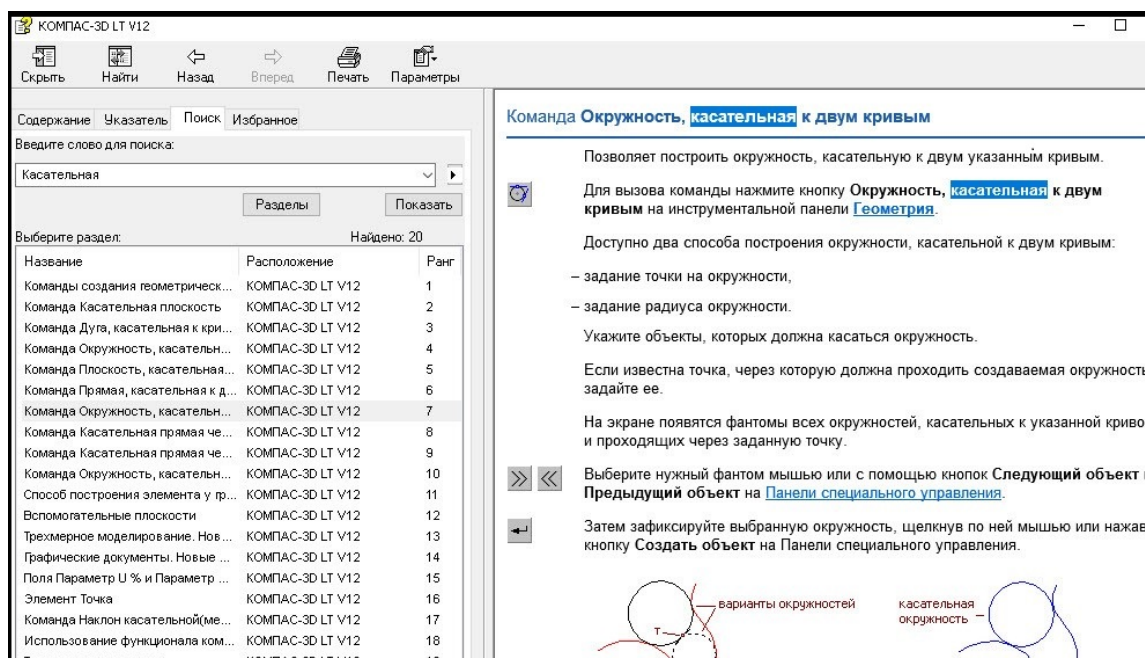


Рис. 1.13. Справочное меню по ключевому слову поиска

В качестве примера построим прямую, касательную к двум окружностям. Для этого далее выберем команду <Отрезок касательный к двум кривым> и выделим окружности  $R10$  и  $R15$ , нажав на них левым кликом мыши, при этом появятся несколько вариантов касательных. Выбрав нужную нам касательную прямую, нажимаем на нее и применяем команду (рис. 1.14).

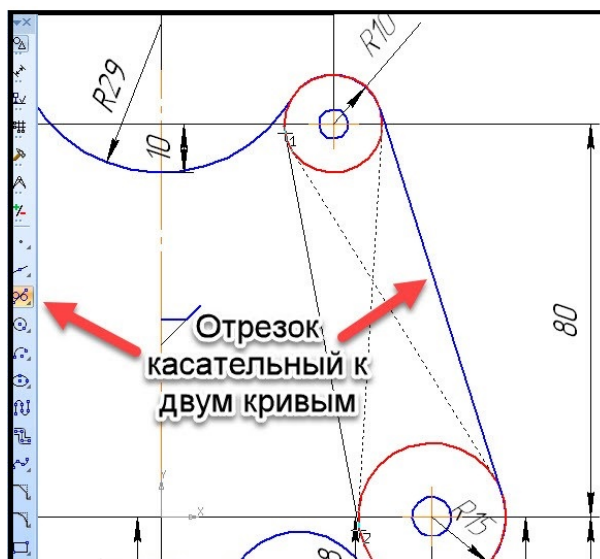


Рис. 1.14. Фрагмент построения отрезка, касательного к двум кривым

Общие правила нанесения размеров и предельных отклонений в графических документах на изделия всех отраслей промышленности и строительства устанавливает ГОСТ 2.307-2011. Он рассматривает лишь геометрическую сторону вопроса, не ставя задачу устанавливать правила простановки размеров в зависимости от конкретных случаев выбора конструктивных и технологических баз. Этот стандарт имеет большое значение, так как обеспечивает единообразное нанесение размеров на чертежах, что делает их общепонятными.

КОМПАС-3D LT предоставляет пользователю разнообразные возможности простановки размеров: несколько типов линейных, угловых, радиальных, а также диаметальный размер высоты и размер дуги.

Кнопки вызова команд простановки размеров находятся на инструментальной панели <Размеры>, основной функционал кнопок показан на рис. 1.15.

Дополнительный функционал линейного, радиального и углового размеров можно открыть долгим нажатием левой кнопки мыши на соответствующей иконке (рис. 1.16).

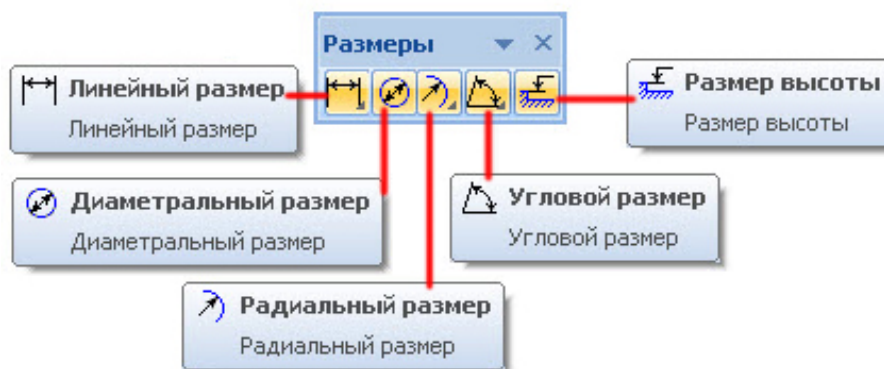


Рис. 1.15. Общий функционал инструментальной панели <Размеры>

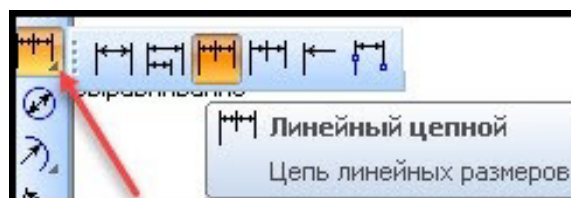


Рис. 1.16. Дополнительный функционал нанесения линейного размера

Для закрепления полученной информации рекомендуется выполнить чертеж короснимателя окорочного станка, используя основные геометрические построения, в том числе сопряжение линий, и нанести размеры (рис. 1.17).

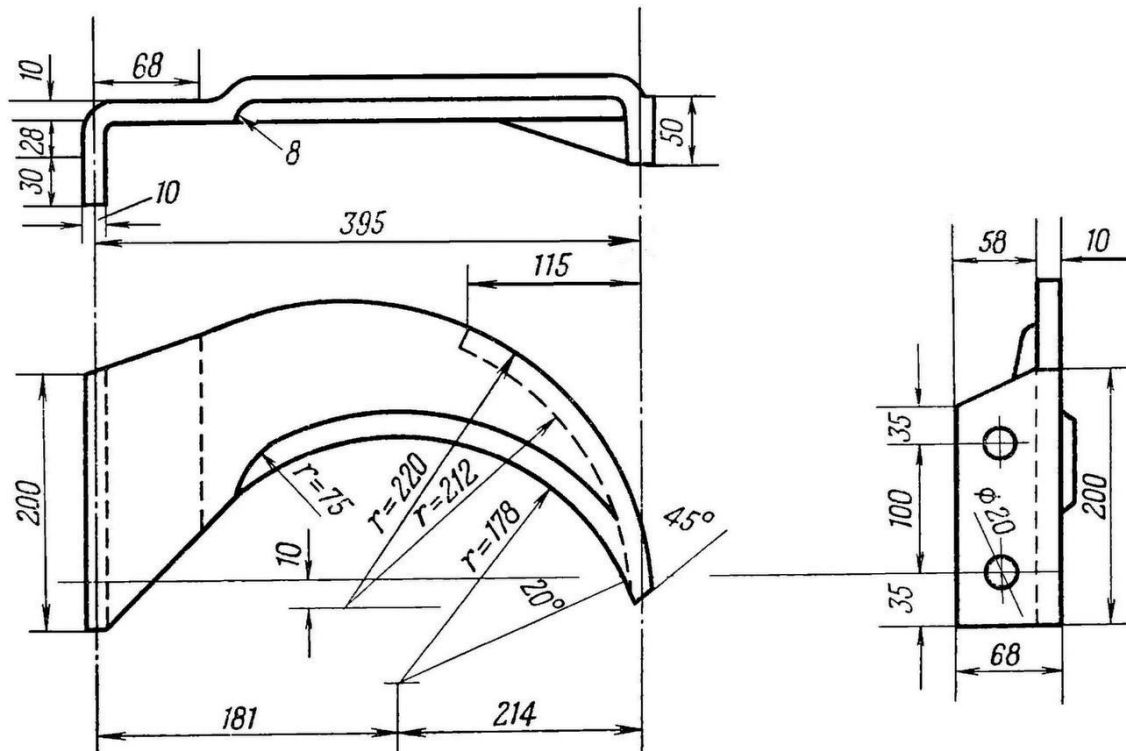
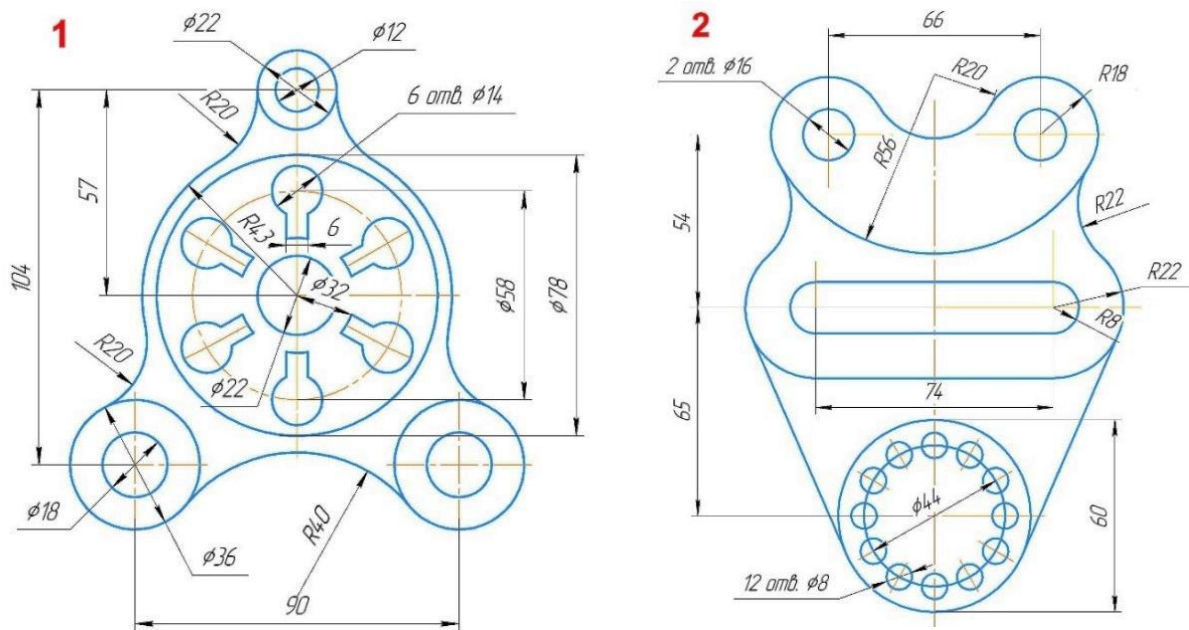
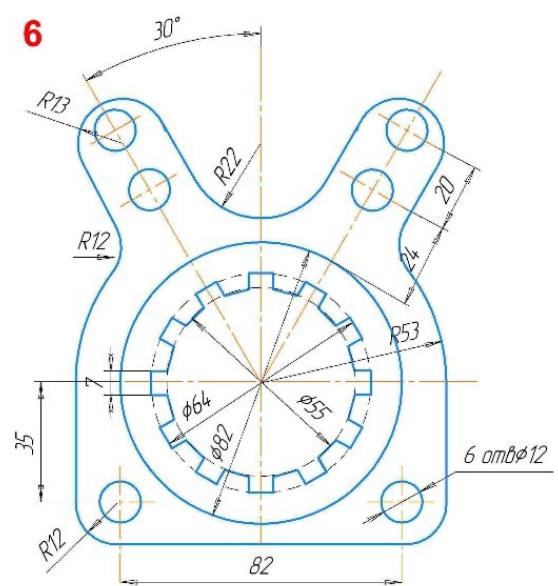
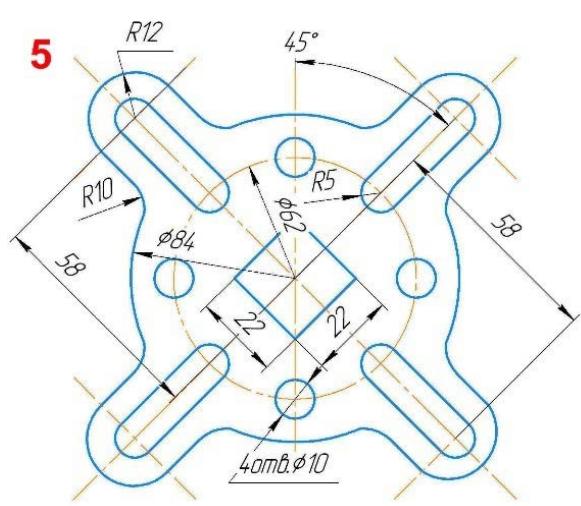
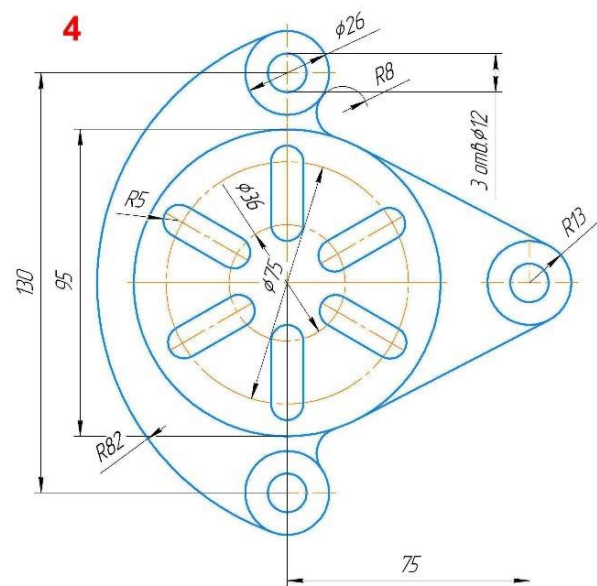
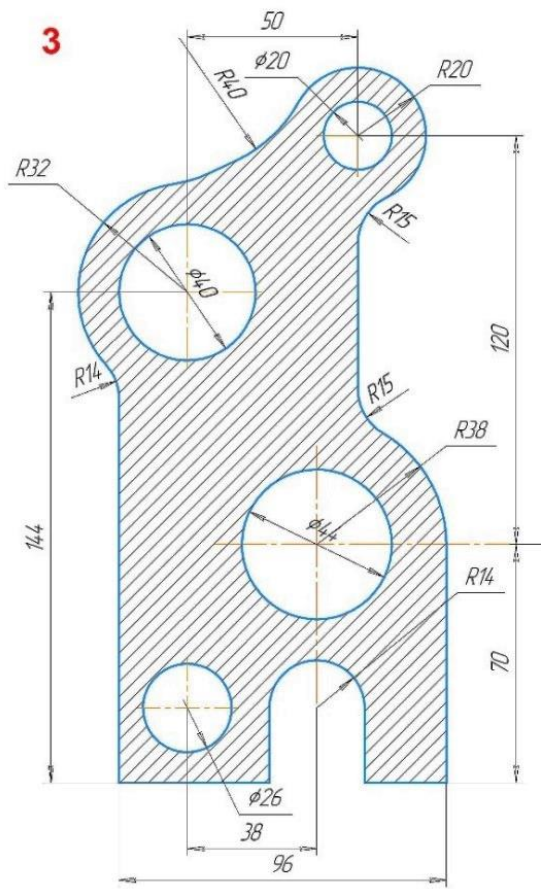


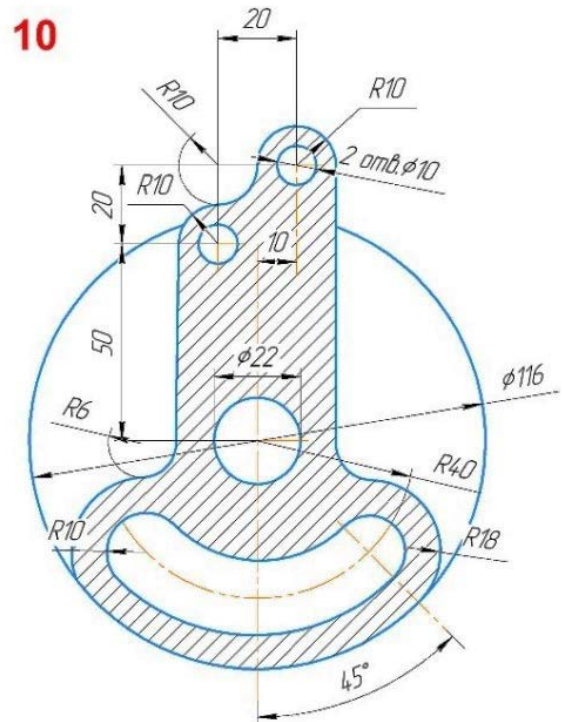
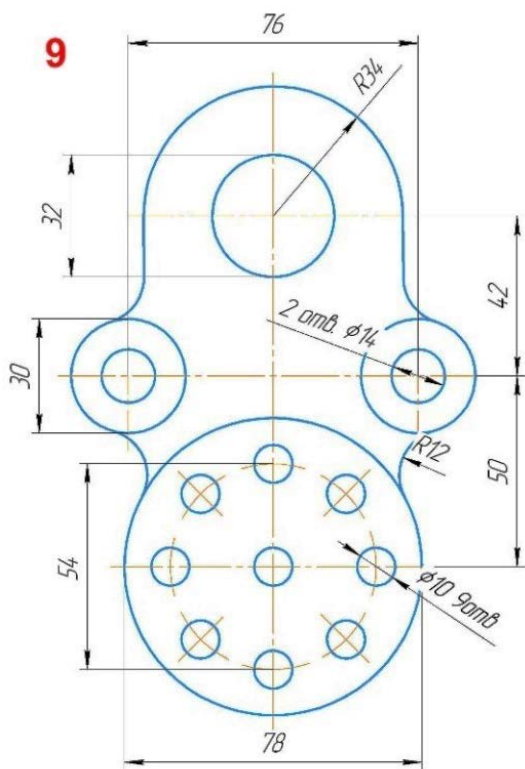
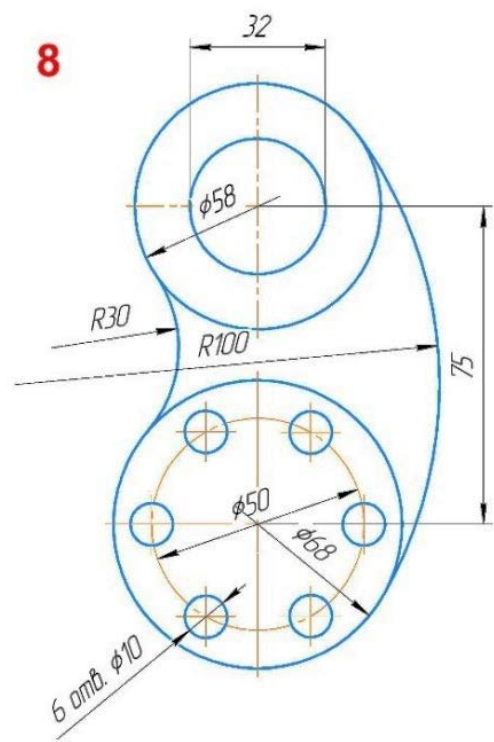
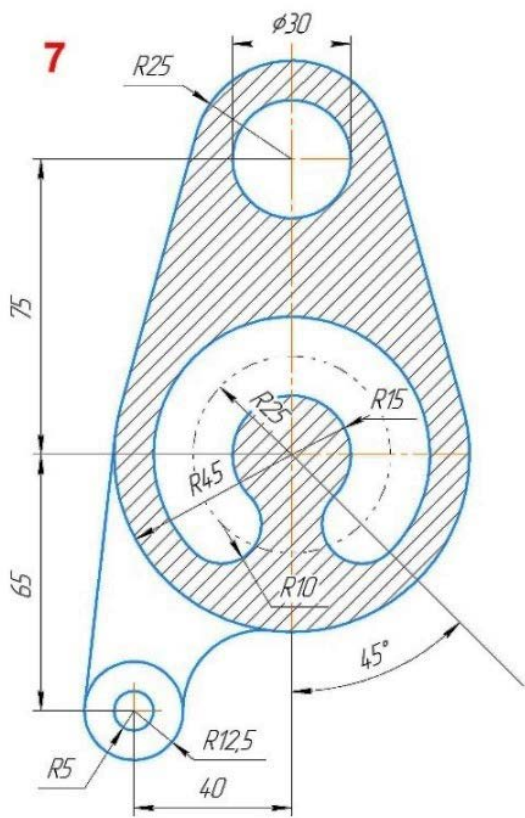
Рис. 1.17. Коросниматель окорочного станка

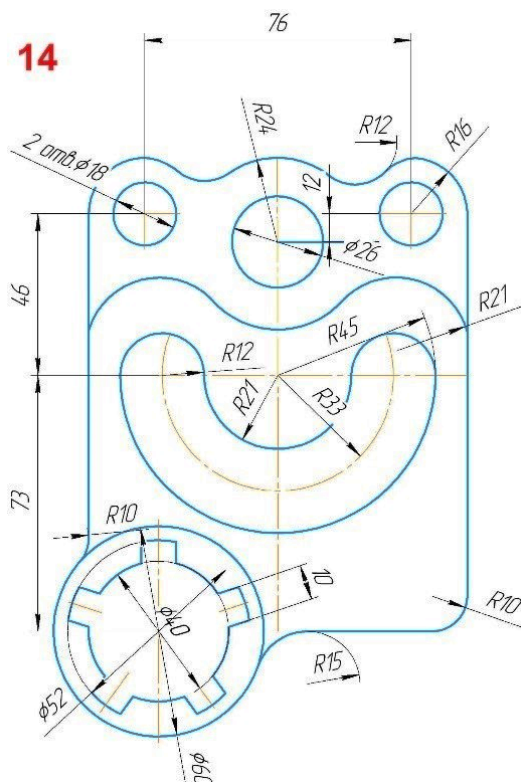
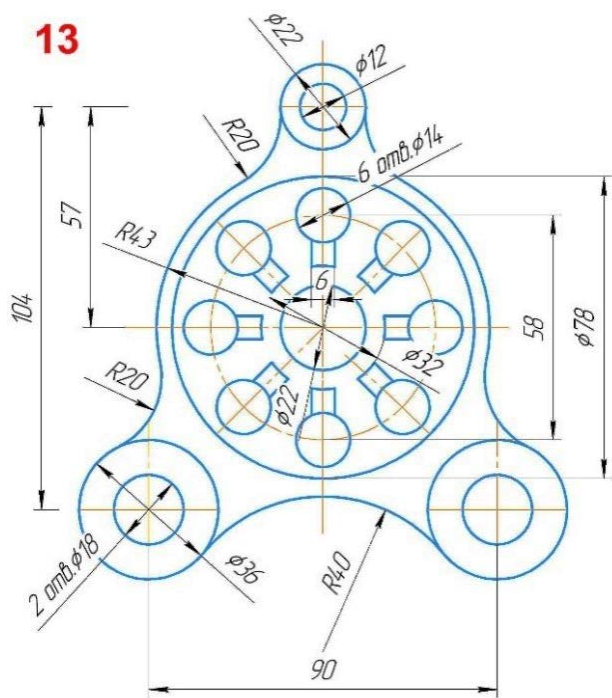
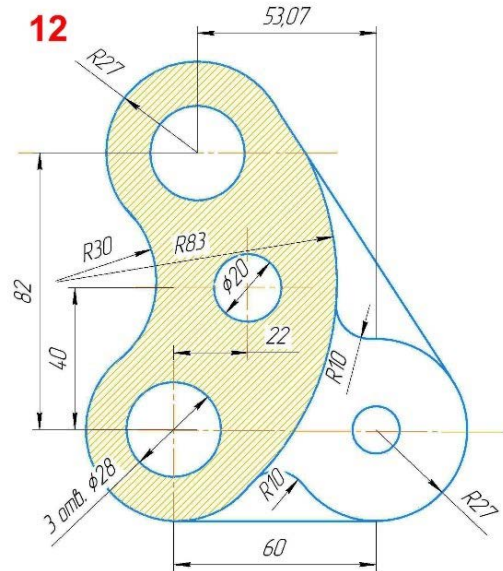
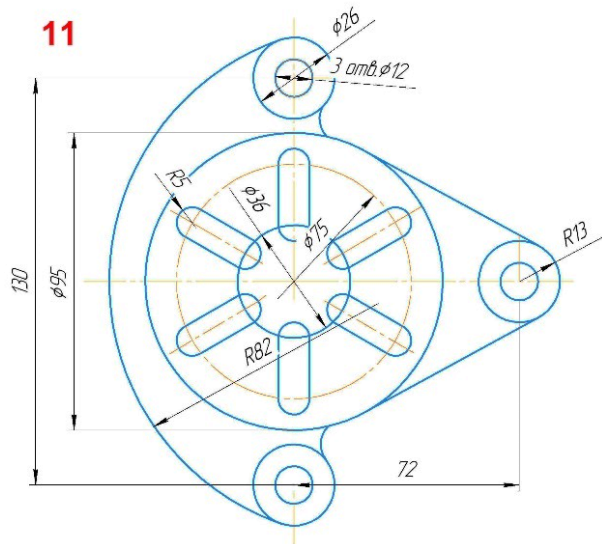
### Задание для самостоятельной работы

Выполнить чертеж с использованием сопряжений линий и нанести размеры (рис. 1.18) [2].









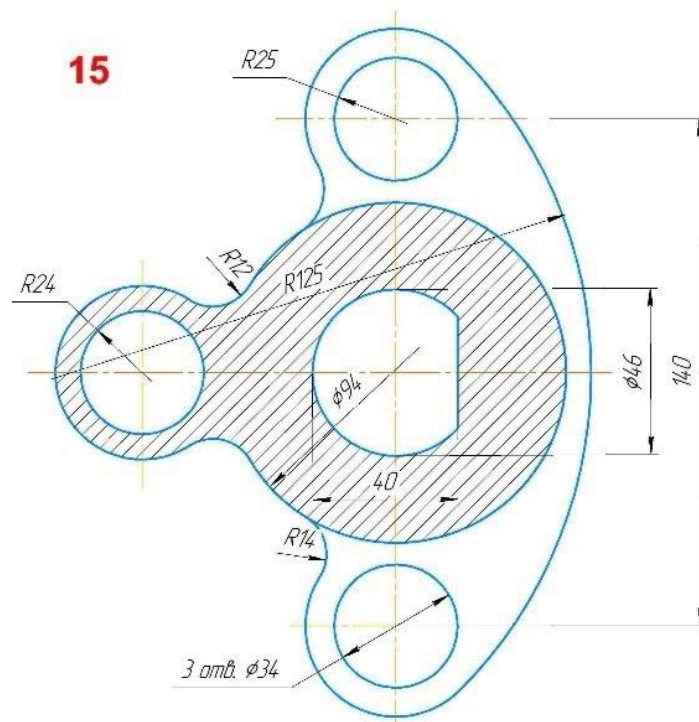


Рис. 1.18. Чертеж деталей, построенных с помощью сопряжения линий

## 1.4. Построение трехпроекционного чертежа и изометрии

При чтении чертежа надо найти *главное* изображение, которое дает наиболее полное представление об изделии (детали, сборочной единице), т. е. содержит наибольшую информацию, тогда по другим изображениям легче будет понять отдельные элементы изделия, не раскрытые из главного.

Для удобства чтения чертежа главное изображение, как правило, должно соответствовать расположению изделия при выполнении основной операции технологического процесса его изготовления или сборки, а расположение изделий, имеющих явно выраженные верх и низ (станина станка, корпус редуктора, стол, транспортные средства), должно соответствовать их нормальному положению в эксплуатации.

Так как на чертежах могут быть несколько изображений, то для удобства его чтения необходимо правильно расположить главное изображение. ГОСТ 2.305-2008 устанавливает правила изображения предметов (изделий, сооружений и их составных элементов) на чертежах (электронных моделях) всех отраслей промышленности и строительства.

Для чертежа, состоящего из трех изображений (рис. 1.19, *а*), главное изображение располагается в левой верхней четверти поля чертежа.

Варианты расположения главного изображения при двух проекциях показаны на рис. 1.19, *б* и *в*, при четырех – на рис. 1.19, *г* и *д*.

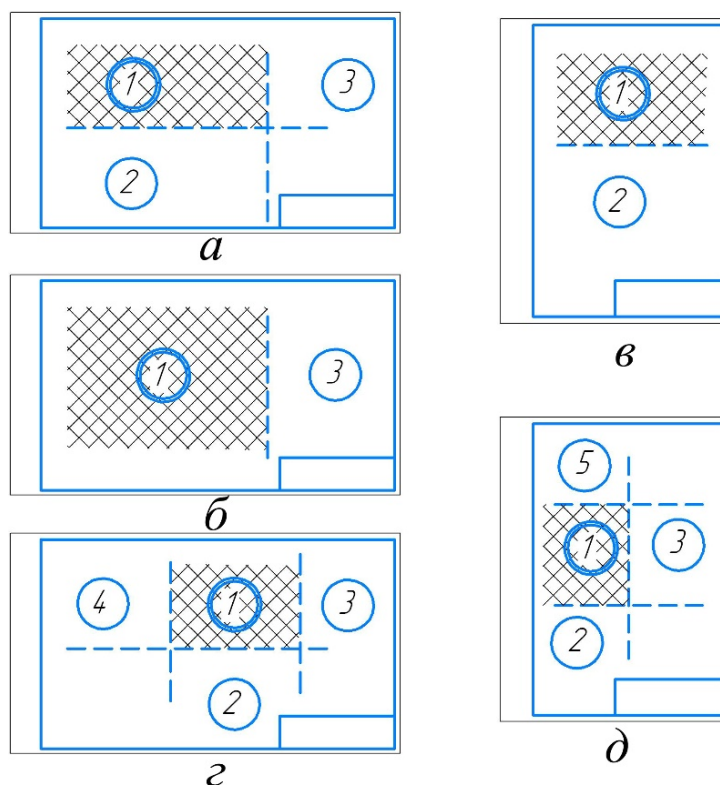


Рис. 1.19. Расположение главного изображения (заштрихованное поле) и других изображений на чертежах:

1 – главное изображение; 2 – вид сверху; 3 – вид слева;  
4 – вид справа; 5 вид снизу

Вид – это изображение обращенной к наблюдателю видимой части поверхности предмета. Строго под главным видом располагается вид сверху. Линии связи между этими изображениями – вертикальные прямые.

Вид слева располагается с правой стороны, линии связи – горизонтальные прямые. Линии связи между видом сверху и видом слева – ломаные; точки излома располагаются на так называемой постоянной прямой чертежа, которую всегда проводят под углом  $45^\circ$  (рис. 1.20).

Линии связи на чертежах не показывают и для того, чтобы по комплексному чертежу уяснить форму детали, нужно уметь быстро представить и мысленно воспроизвести эти линии.

Комплексный чертёж, построенный в определенном масштабе по способу прямоугольного проецирования, даёт полные сведения о форме и размерах детали благодаря применению в общем случае не одного, а нескольких изображений (комплекса) и расположению детали относительно плоскостей проекций так, чтобы большинство или все ее элементы (грани, ребра, оси) спроецировались без искажения.

По сравнению с аксонометрией эти построения нетрудоемки, отличаются простотой и удобством для измерения.

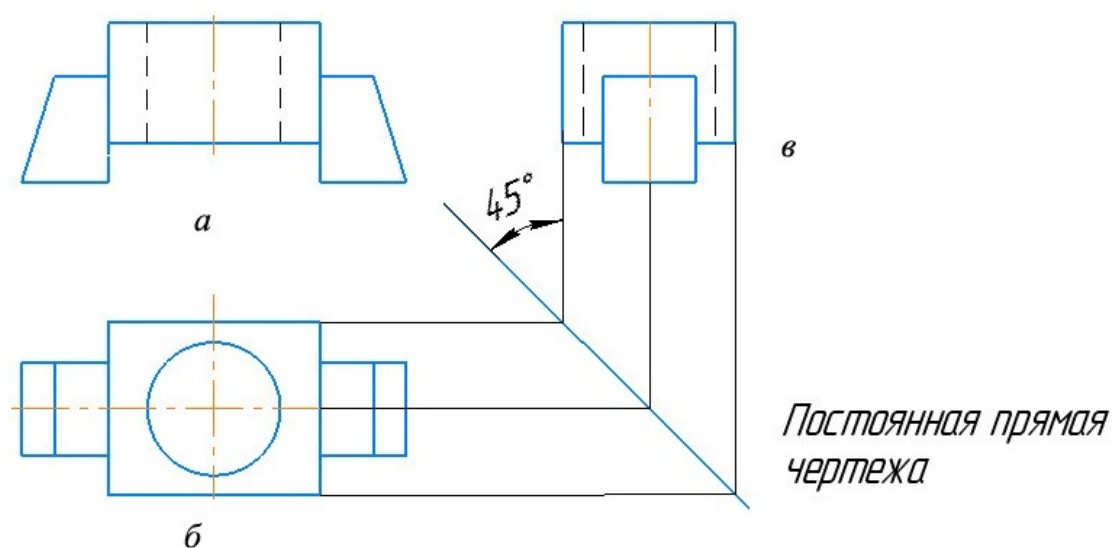


Рис. 1.20. Получение чертежа по способу параллельного прямоугольного проецирования:  
а) главный вид; б) вид сверху; в) вид слева

Аксонометрические проекции, применяемые в графических документах всех отраслей промышленности и строительства, устанавливает ГОСТ 2.317-2011.

*Аксонометрическая проекция* – это проекция на плоскость с помощью параллельных лучей, идущих из центра проецирования (который удален в бесконечность) через каждую точку объекта до пересечения с плоскостью, на которую проецируется объект.

В практике использования аксонометрических проекций наибольшее применение нашли изометрия и диметрия, отличающиеся друг от друга расположением предмета относительно плоскости проекции, а также косоугольная диметрия.

Положение аксонометрических осей приведено на рис. 1.21. Коэффициент искажения по осям  $x$ ,  $y$ ,  $z$  равен 0,82. Для упрощения изометрическую проекцию выполняют без искажения по осям  $x$ ,  $y$ ,  $z$  (коэффициент искажения равен 1).

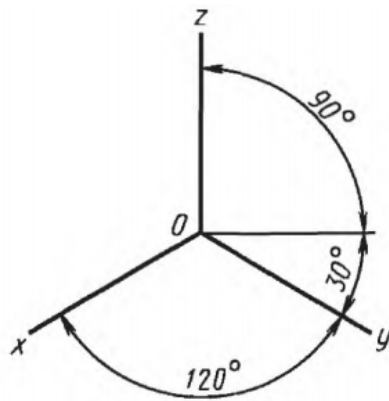


Рис. 1.21. Положение аксонометрических осей

Если изометрическую проекцию выполняют без искажения по осям  $x$ ,  $y$ ,  $z$ , то большая ось эллипсов  $1, 2, 3$  равна  $1,22$ , а малая ось –  $0,71$  диаметра окружности. Если изометрическую проекцию выполняют с искажением по осям  $x$ ,  $y$ ,  $z$ , то большая ось эллипсов  $1, 2, 3$  равна диаметру окружности, а малая ось –  $0,58$  диаметра окружности. Пример изометрической проекции детали приведен на рис. 1.22.

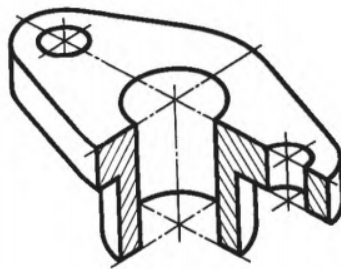


Рис. 1.22. Пример изометрической проекции

Пример построения основных видов детали и его изометрии представлен на рис. 1.23.

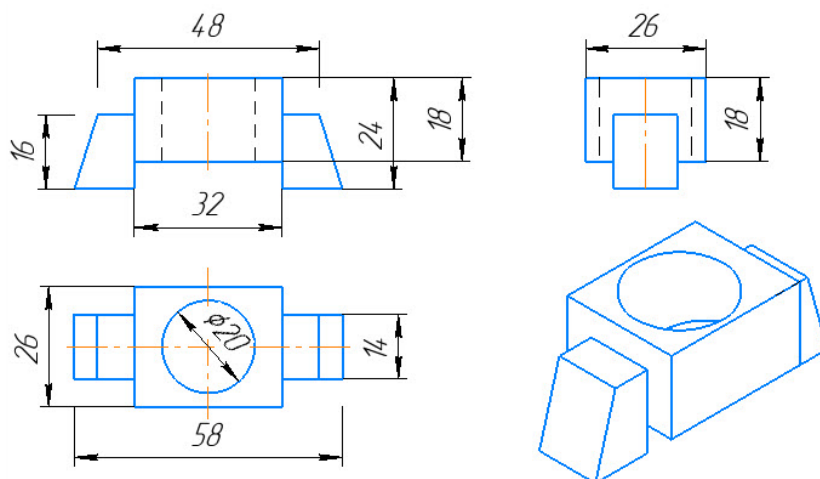
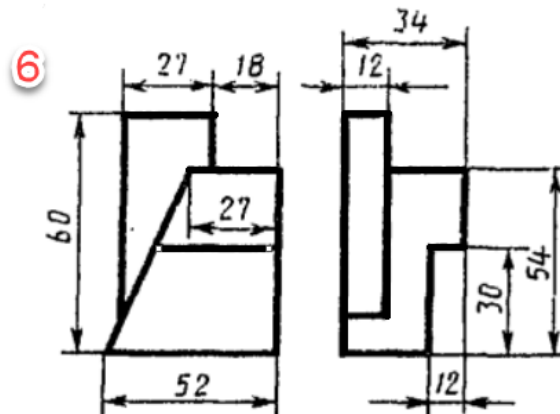
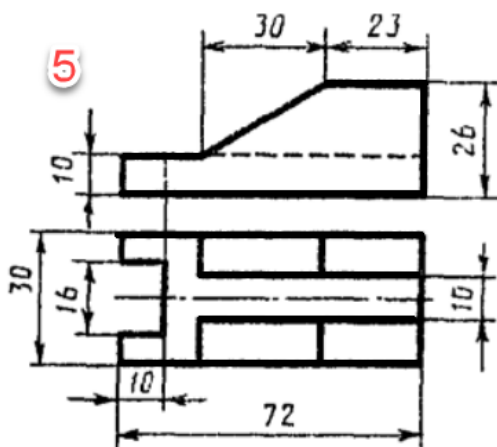
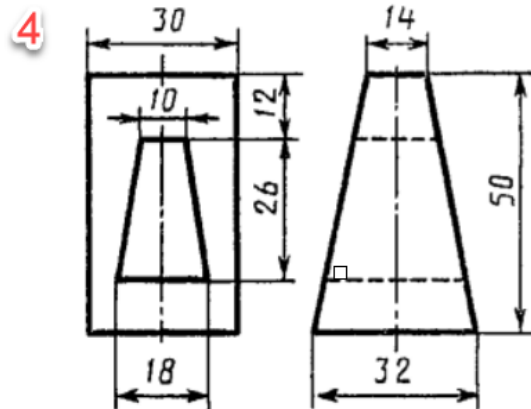
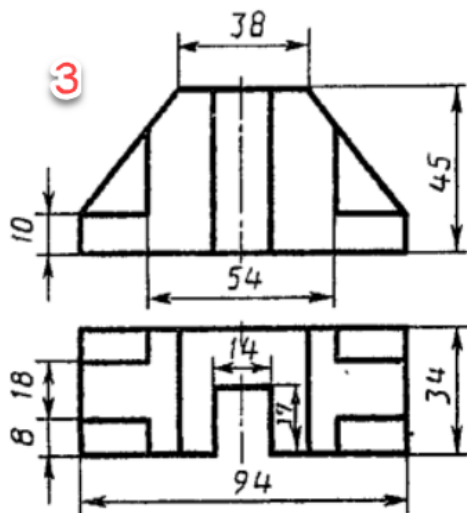
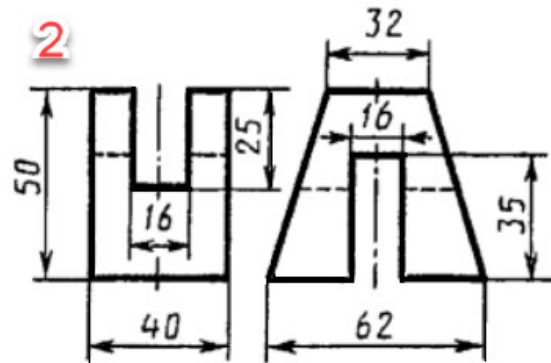
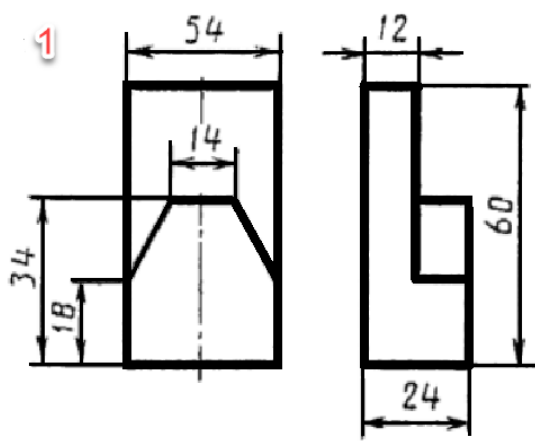


Рис. 1.23. Построение изометрического изображения детали

## Задание для самостоятельной работы

По заданным двум проекциям детали построить третью, а также начертить ее изометрическую проекцию (рис. 1.24).



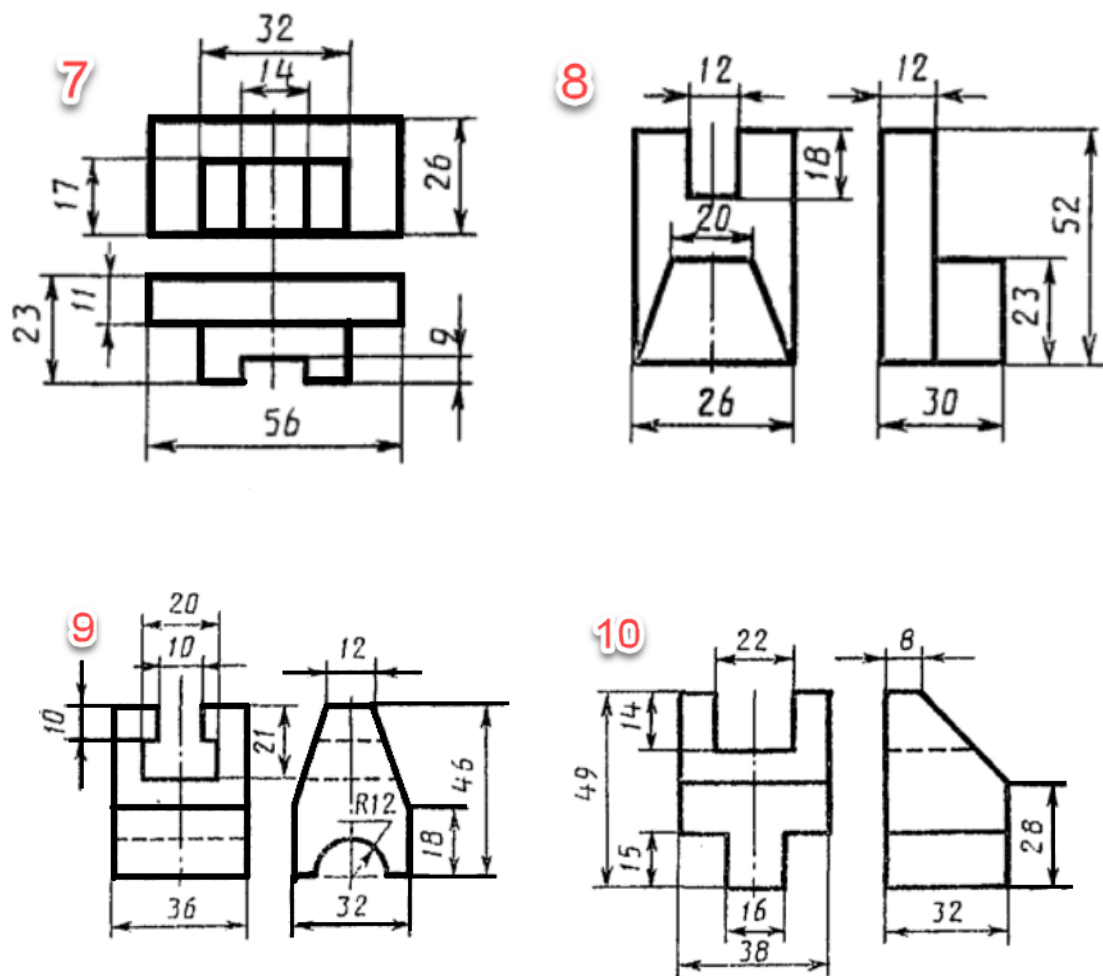


Рис. 1.24. Виды для проектирования аксонометрической проекции

## 1.5. Построение 3D-модели стула

Основная работа построения 3D-деталей и моделей сводится к правильному выбору и использованию плоскостей. В выбранных плоскостях в режиме создания эскиза выполняются стандартные геометрические построения, к которым в дальнейшем применяются команды как <Элемент выдавливания>, <Элемент вращения>, <Вырезать выдавливанием> и т. д.

Построение 3D-модели выполним на примере простой модели стула со спинкой. Для этого необходимо воспользоваться следующими действиями:

1. Откроем КОМПАС-3D LT V.12. Выбираем создание **Детали** (рис. 1.25).

2. В дереве построения выбираем **Плоскость XY** (рис. 1.26) и включаем режим редактирования эскиза (рис. 1.27).

3. Выполняем чертеж «сиденье стула» в данной плоскости – квадрат размером 45х45. Квадрат можно первоначально чертить произвольными размерами, далее использовать функцию линейного размера и им уже задавать нужный размер (рис. 1.28).

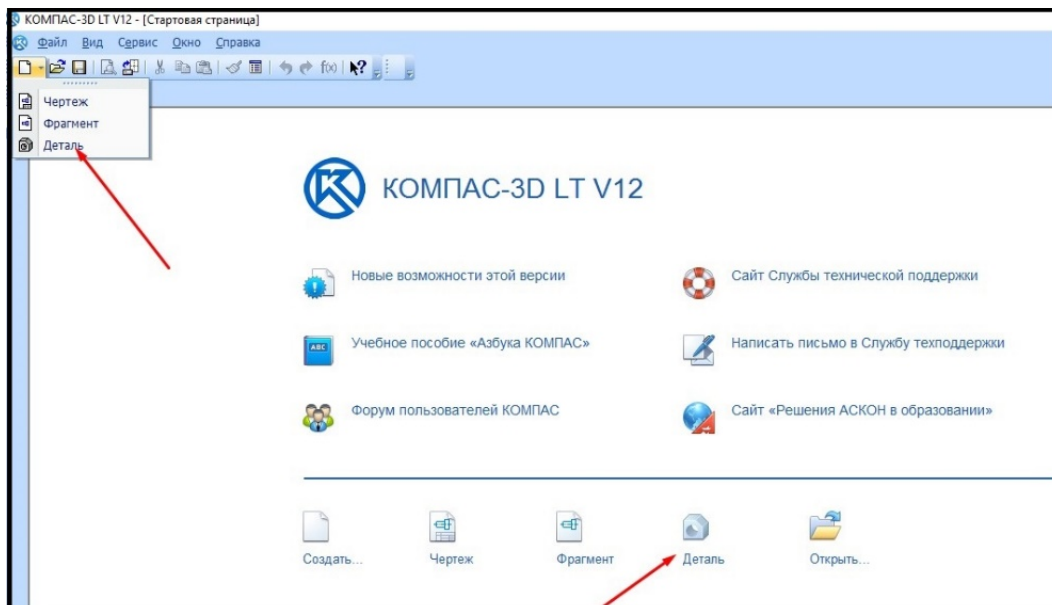


Рис. 1.25. Стартовая страницы с выбором команды <Деталь>

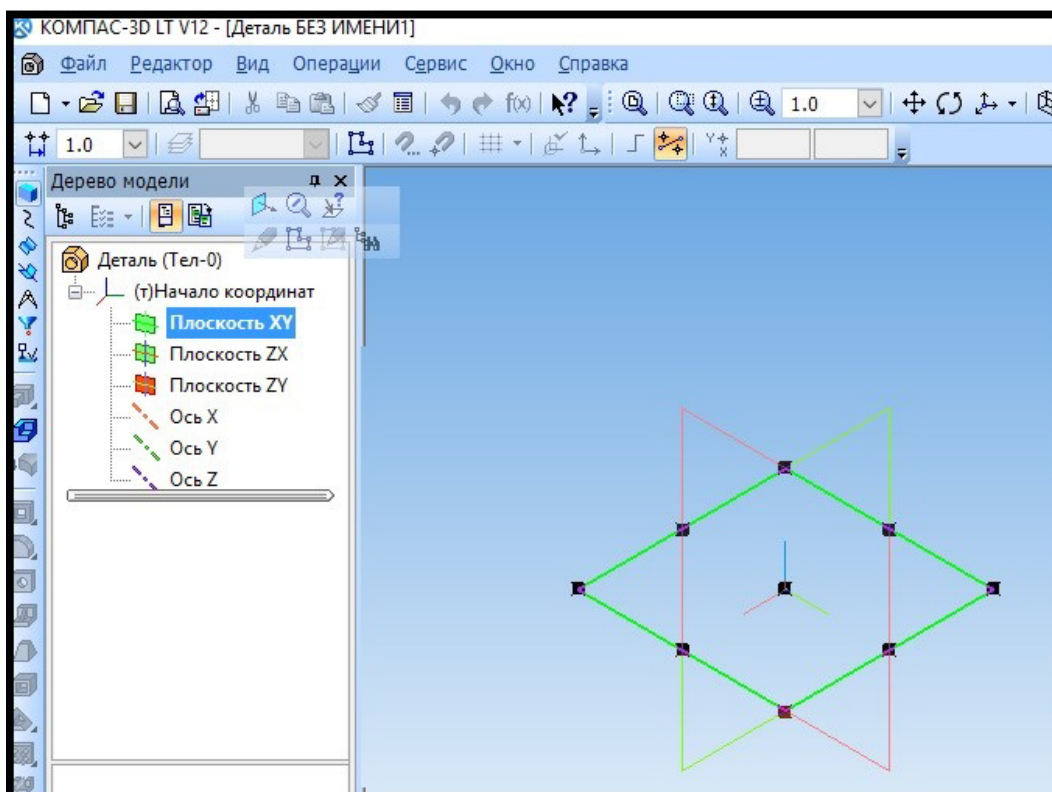


Рис. 1.26. Задание плоскости построения основы будущей модели

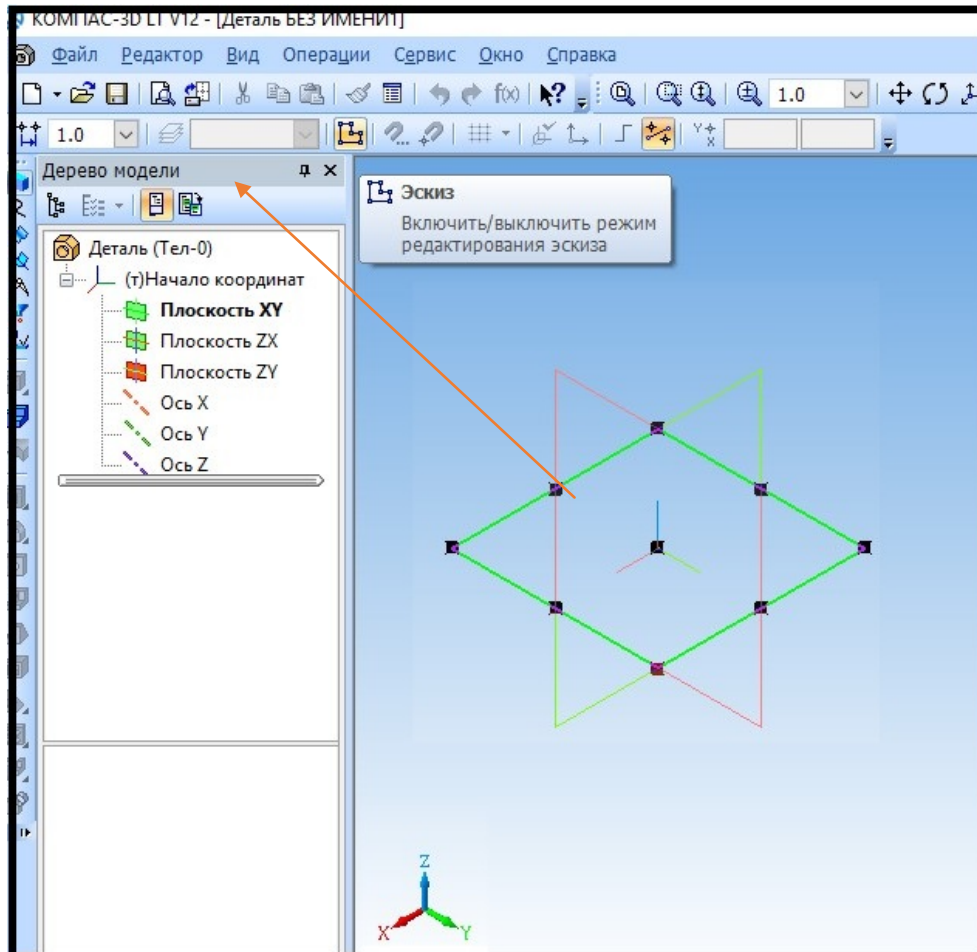


Рис. 1.27. Включение режима редактирования эскиза

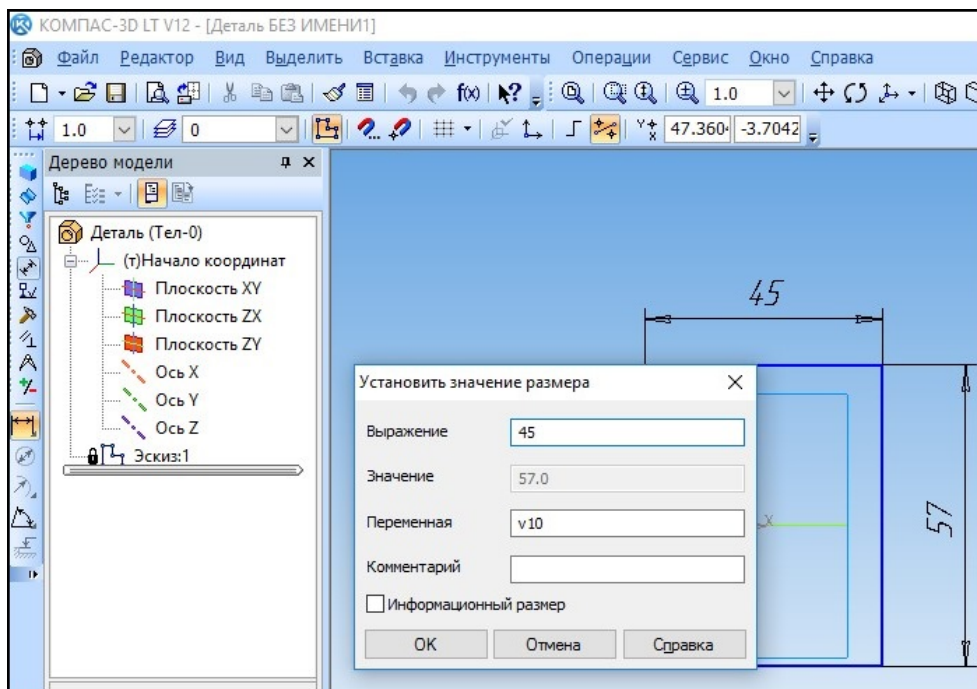


Рис. 1.28. Установка заданных значений размеров

4. В режиме редактирования детали заходим в <Операция выдавливания> (рис. 1.29). Для задания толщины сиденья выполняем операцию выдавливаем на расстояние 5 и нажимаем **Создать объект** [Ctrl+Enter] (рис. 1.30). Перемещение объекта в КОМПАС-3D LT возможно при зажатой клавише SHIFT+стрелки.

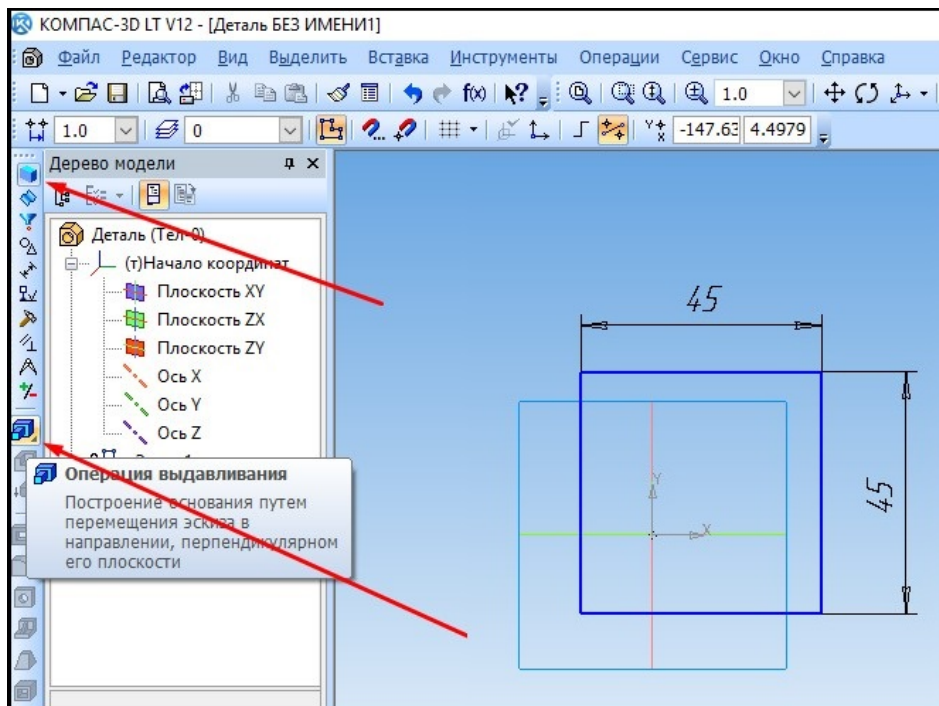


Рис. 1.29. Применение операции выдавливания

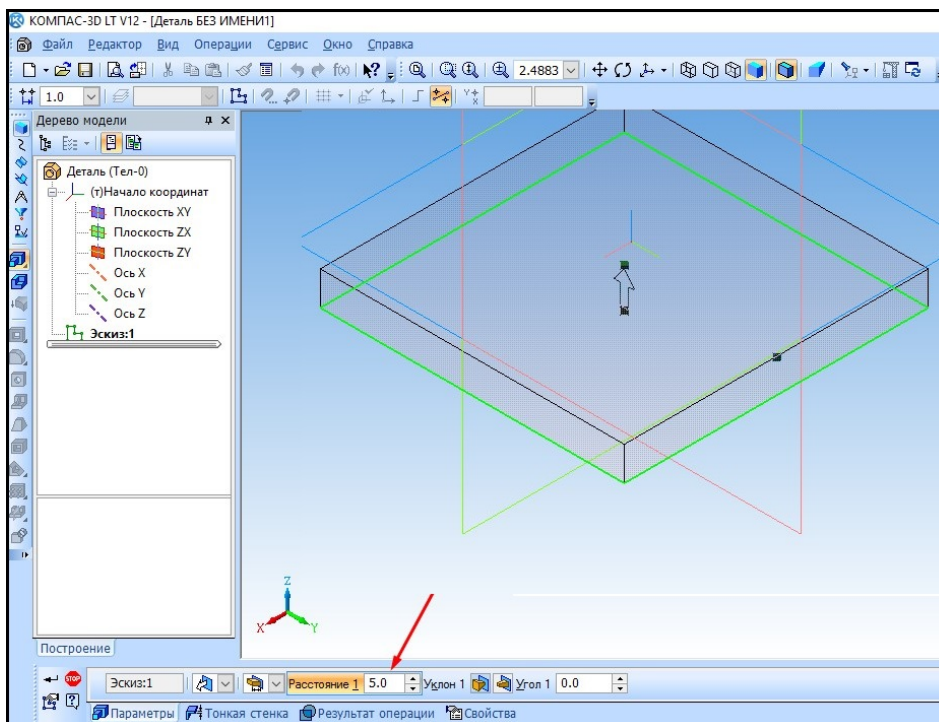


Рис. 1.30. Задание толщины сиденья операцией выдавливания

5. Приступаем к построению ножек стула (4 шт.) размер задаем 5,0х2,5, длина ножек – 43. Для этого выбираем нижнюю плоскость сиденья и нажимаем **создать эскиз** (рис. 1.31).

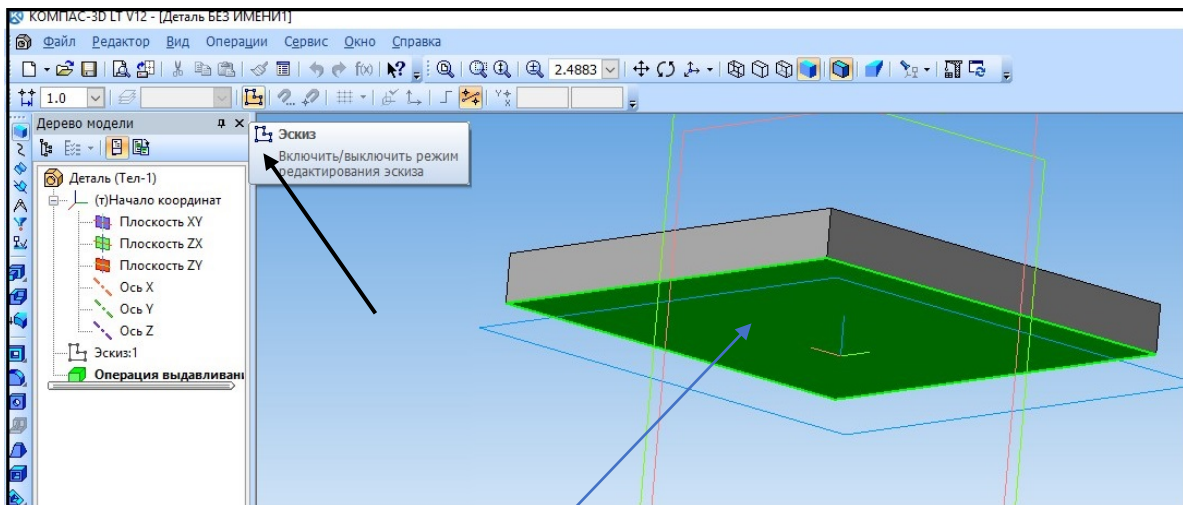


Рис. 1.31. Выбор плоскости для создания ножек стула

6. После построения оснований 4 ножек стула выделяем их и входим в **режим редактирования детали** и выбираем <Операция выдавливания>. Длину ножек задаем размером 45 и применяем команду **Создать объект** [Ctrl+Enter] (рис. 1.32, 1.33).

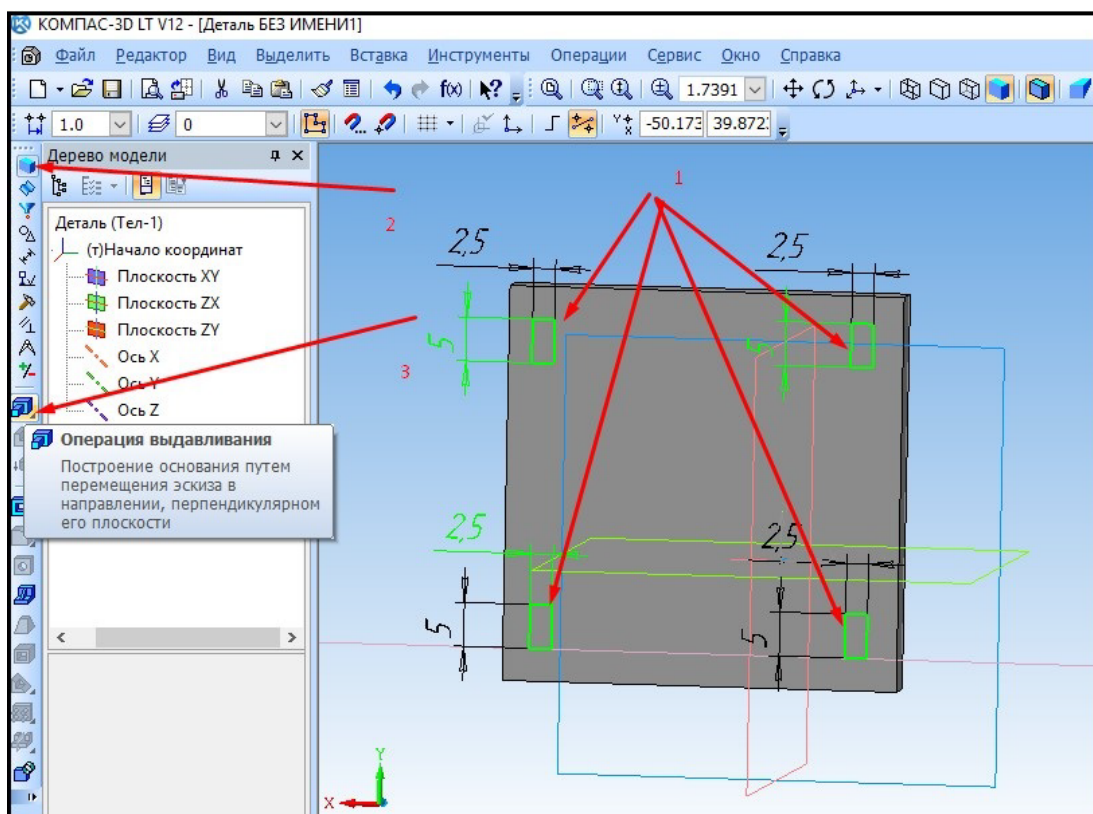


Рис. 1.32. Построение оснований ножек стула на выбранной плоскости

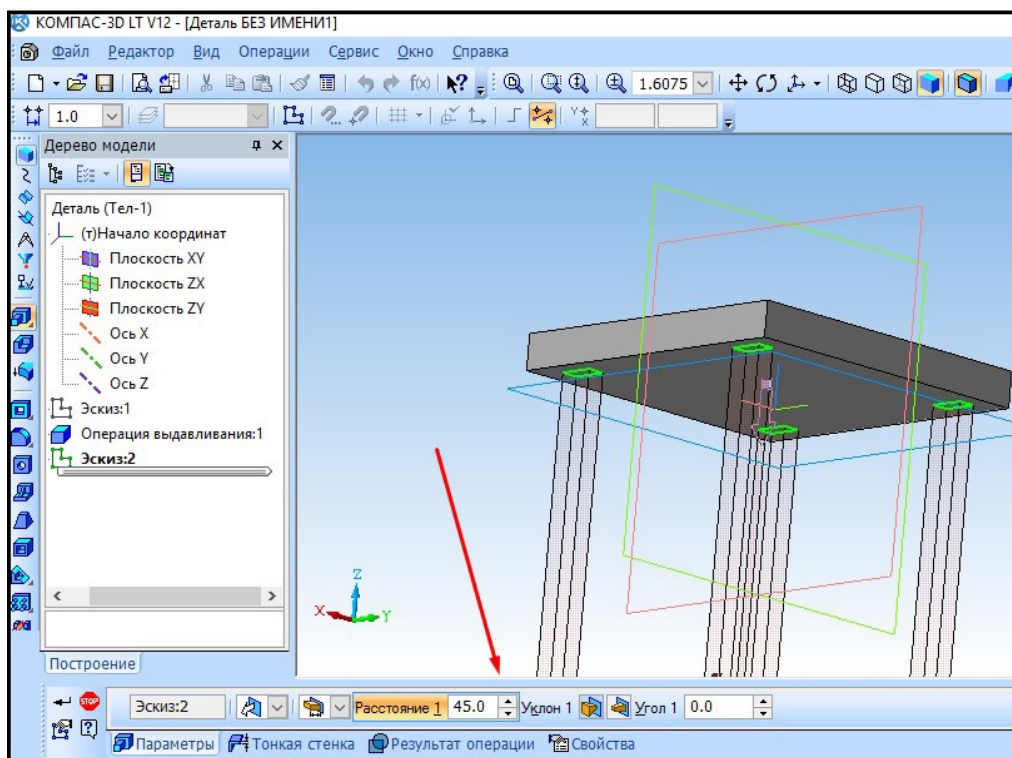


Рис. 1.33. Применение операции выдавливания ножек стула

7. Для создания спинки стула выбираем базовую верхнюю поверхность сиденья и нажимаем **создать** эскиз. Создаем основание спинки размером 3x45 и применяем операцию выдавливания на расстоянии 40 (рис. 1.34, 1.35).

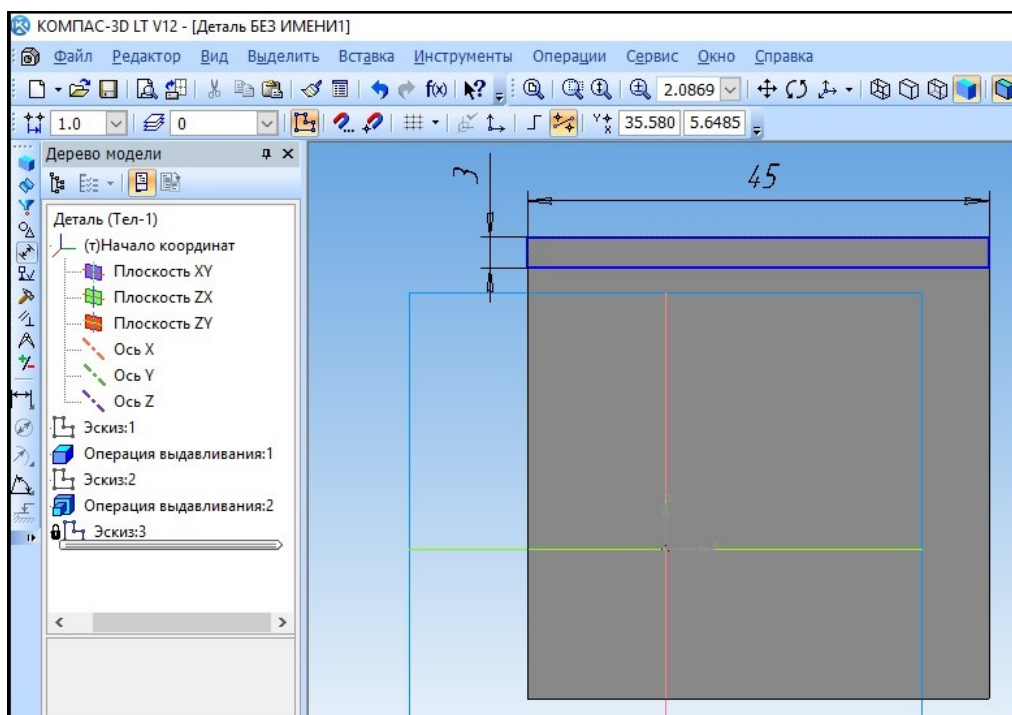


Рис. 1.34. Задание размеров спинки стула на базовой поверхности сиденья

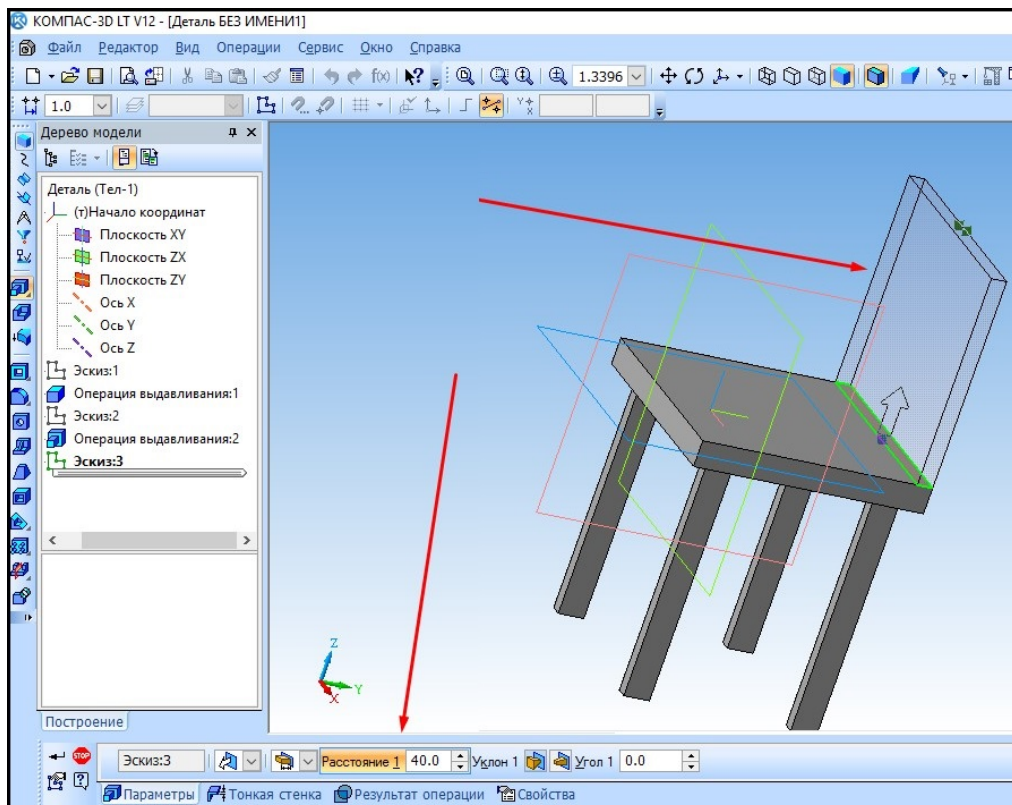


Рис. 1.35. Создание спинки стула операцией выдавливания

8. В дополнение можно сделать продольные отверстия произвольной формы в спинке стула, используя операцию <Вырезать выдавливанием>. Полученный результат представлен на рис. 1.36.

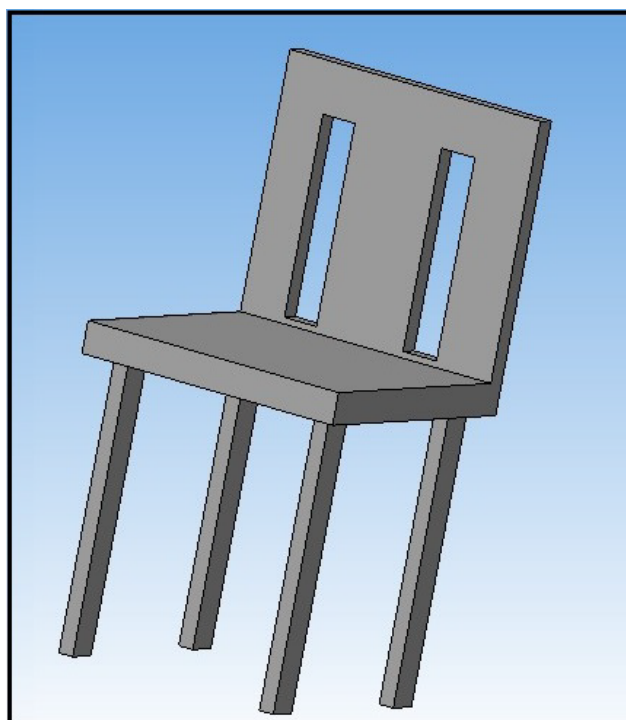


Рис. 1.36. Простая 3D-модель стула

## 1.6. Построение кинематических и гидравлических схем

Большинство схем представлены по действующим лабораторным станкам кафедры ТОЛП УГЛТУ. Для отображения принципа работы изделия, передачи движения (кинематики машины или механизма) используют схемы.

*Схема* – это конструкторский документ, на котором компоненты изделия, их взаимное расположение и взаимоотношения между ними показаны в виде условных графических обозначений.

Схема, как и рисунок, является графическим представлением. Разница в том, что на схемах детали изображаются с помощью обычных графических символов, сильно упрощающих изображения. Также на схемах показаны не все детали, из которых состоит изделие. Они показывают только те элементы, которые участвуют в передаче движения жидкости, газа и т. д.

Условные обозначения в графических схемах и элементы кинематики представлены в ГОСТ 2.770–68.

Условные знаки, используемые на схемах, рисуются без привязки к масштабу изображения. Однако соотношение размеров условных графических обозначений взаимодействующих элементов должно примерно соответствовать фактическому соотношению их размеров.

При изображении валов, осей, стержней, шатунов и других деталей используют сплошные линии толщиной  $s$ . Подшипники, шестерни, шкивы, муфты и двигатели чертятся линиями примерно вдвое тоньше. Тонкая линия проводится вдоль осей, окружностей шестеренок, дюбелей, цепей.

При выполнении кинематических схем делаются надписи. Для зубчатых колес указываются модуль и количество зубьев. Для шкивов указываются диаметры и ширина. Мощность электродвигателя и его частота вращения также обозначаются надписью типа  $N = 6$  кВт,  $n = 6000$  об./мин. (рис. 1.37).

Каждому кинематическому элементу, показанному на схеме, присваивается порядковый номер, начиная с двигателя. Валы нумеруются римскими цифрами, а все остальные элементы – арабскими.

Серийный номер элемента ставится на полку выносной линии. Под полкой указывают основные характеристики и параметры кинематического элемента. Также при сложности схемы к ней может прилагаться спецификация.

В настоящее время гидравлический привод широко распространен в лесном машиностроении. По сравнению с механическим приводом гидравлический привод имеет ряд преимуществ:

- возможность передачи энергии в любую точку машины;
- простота преобразования вращательного движения в поступательное;
- независимость расположения гидроагрегатов от расположения валов механических передач;
- легкость реверсирования движения;
- возможность бесступенчатого регулирования скорости перемещения или вращения исполнительного органа;
- простота и компактность конструкции и др.

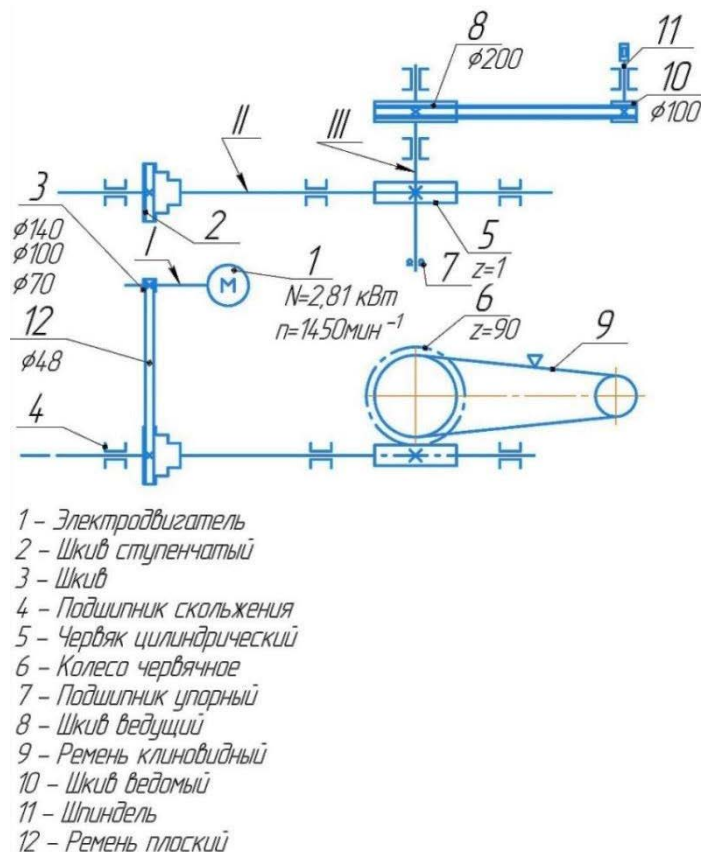


Рис. 1.37. Кинематическая схема станка

Гидравлический привод в лесном машиностроении применяется для приведения в действие технологического оборудования лесосечных и других машин. Кроме того, гидравлический привод применяется для переключения передач в коробках с гидроподжимными муфтами управления, в рулевых механизмах колесных машин с шарнирно-сочлененными рамами, а также в качестве гидроусилителей

привода сцепления, рулевого механизма колесных машин и механизмов поворота гусеничных машин, гидростатически-механических трансмиссий современных лесозаготовительных машин с процессорным управлением (харвестер, форвардер).

Гидравлические схемы управления технологическим оборудованием и схемы гидроприводов машин всех отраслей промышленности выполняются в соответствии с требованиями, предъявляемыми к выполнению схем по ГОСТ 2.701-2008 и ГОСТ 2.704-2011.

Различные элементы гидравлического привода изображаются на схеме условными графическими обозначениями, установленными стандартами Единой системы конструкторской документации (ЕСКД).

Основные графические условные обозначения элементов объемного гидропривода приведены в ГОСТ 2.780–96, ГОСТ 2.781–96, ГОСТ 2.782–96, ГОСТ 2.784–96. Прежде чем приступить к чтению любой гидравлической схемы, необходимо ознакомиться с отдельными элементами гидропривода по их условным графическим обозначениям. После этого следует рассмотреть связь между отдельными составляющими, а затем уяснить принцип действия гидропривода и устройство в целом [3].

Гидравлический привод представляет собой устройство, передающее механическую энергию на расстояние при помощи рабочей жидкости и предназначенное для приведения в движение механизмов машин.

Гидропривод лесосечных машин состоит из насоса, распределителя, масляного бака с фильтром, гидромоторов, гидроцилиндров, трубопроводов с арматурой и др. Гидропривод может включать в себя несколько однотипных или различных по конструкции агрегатов одинакового назначения.

Гидронасос представляет собой гидравлическую машину, предназначенную для преобразования механической энергии привода в энергию потока рабочей жидкости. По конструкции рабочего органа насосы подразделяются на шестеренные, аксиально-поршневые и пластинчатые (шиберные). Основными параметрами всех гидронасосов являются: рабочий объем насоса, объемная подача, давление насоса, мощность насоса и коэффициент полезного действия.

В лесосечных машинах широко применяются шестеренные насосы типа НШ (рис. 1.38), которые состоят из следующих основных деталей: корпуса, шестерен, плавающих втулок, крышки корпуса, уплотнений и присоединительной арматуры. Шестерни выполнены

вместе с валиками. Валики шестерен вращаются в подшипниках скольжения, выполненных в двух нижних и двух верхних плавающих втулках. Плавающие втулки являются подшипниками валиков шестерен и одновременно выполняют роль устройства для гидравлической компенсации торцовых зазоров. Эти втулки под давлением жидкости постоянно прижимаются к торцам шестерен, что способствует повышению объемного КПД.

К этому типу насосов (с компенсацией торцовых зазоров) относятся насосы НШ-10, НШ-32, НШ-46.

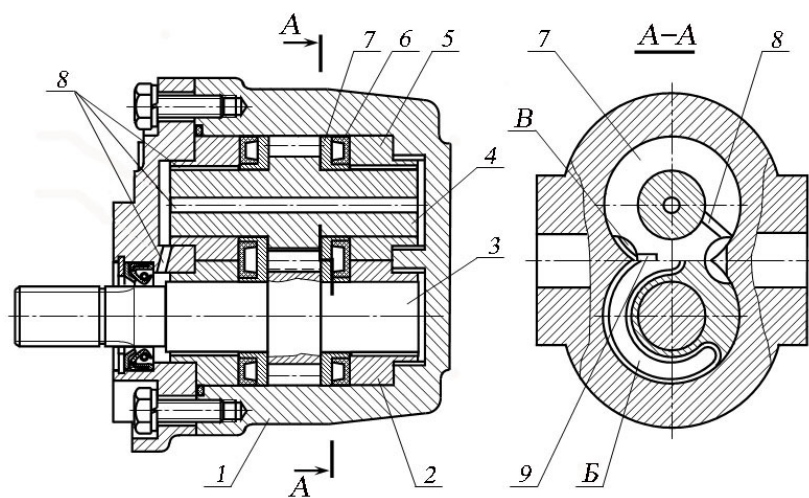


Рис. 1.38. Гидронасос НШ – 32У:

1 – корпус; 2 и 5 – опорные втулки; 3 и 4 – вал – шестерня;  
6 – манжета; 7 – поджимная пластина; 8 – канал; 9 – разгрузочная канавка;  
Б – полость давления; В – зазор

Ниже будут рассмотрены некоторые конструктивные особенности гидравлического привода.

Гидропривод погрузочного устройства трактора ТТ-4 (рис. 1.39) состоит из масляного бака, насоса, гидрораспределителя с двумя предохранительными клапанами, рычажной системы управления распределителем, гидроцилиндра для перемещения щита, трубопроводов. При работе насоса масло забирается из гидробака и подается в однозолотниковый гидрораспределитель.

Гидрораспределитель может направлять подаваемое насосом масло по четырем возможным путям в зависимости от требуемого положения погрузочного устройства: нейтрального, двух рабочих (подъема, опускания) и плавающего.

Торцовочный педальный станок ЦКБ-40 с гидроприводом надвигания и прижима предназначен для торцовки пиломатериалов: досок, брусков, горбылей [4]. Гидросистема станка предназначена для пере-

мещения кожуха прижима и надвигания пилы. Гидросистема привода надвигания (рис. 1.40) состоит из лопастного гидронасоса, гидробака, золотника управления, дросселя и фильтра, объединенных в одном корпусе, гидроцилиндра, шарнирно связанного с маятниковой подвеской пилы и гидроприжимом.

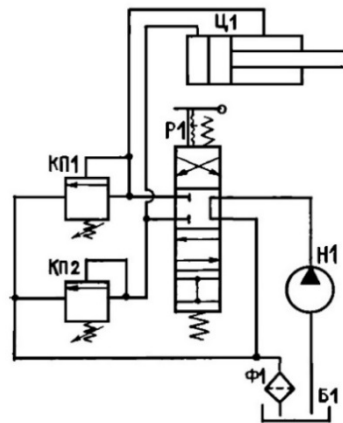


Рис. 1.39. Схема гидрпривода погрузочного устройства трактора ТТ-4:  
Б1 – гидробак; Р1 – распределитель; КП1 и КП2 – предохранительные клапаны;  
Ц1 – гидроцилиндр; Ф1 – фильтр

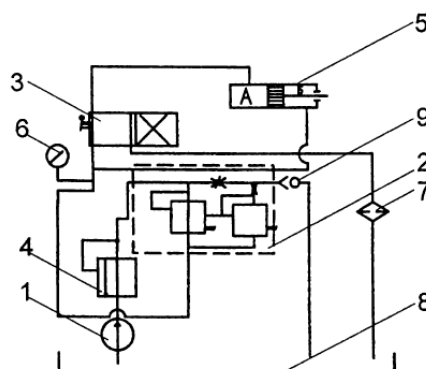


Рис. 1.40. Гидравлическая схема станка ЦКБ-40:  
1 – гидронасос; 2 – блок клапанов, 3 – гидрораспределитель; 4 – дроссель;  
5 – гидроцилиндр; 6 – манометр; 7 – фильтр; 8 – бак гидравлический;  
9 – клапан обратный

В состав гидросхемы входят насос лопастной БК-12-22 производительностью 18 л/мин., фильтр пластинчатый, золотник управления, предохранительный клапан, гидроцилиндр, манометр, дроссель с регулятором, гидробак.

На рис. 1.41 представлена гидравлическая схема харвестерной головки многооперационной лесозаготовительной техники (харвестера) фирмы Ponsse. Гидросистема предназначена для выполнения следующих операций: смазка, натяжение и вращение пильной цепи,

вращение рябух при протаскивании ствола дерева; подача пильной шины для валки и раскряжевки, открытие и закрытие передних и задних сучкорезных ножей, подъем харвестерной головки; поворот ротора. Возможна также цветовая маркировка торца сортиментов.

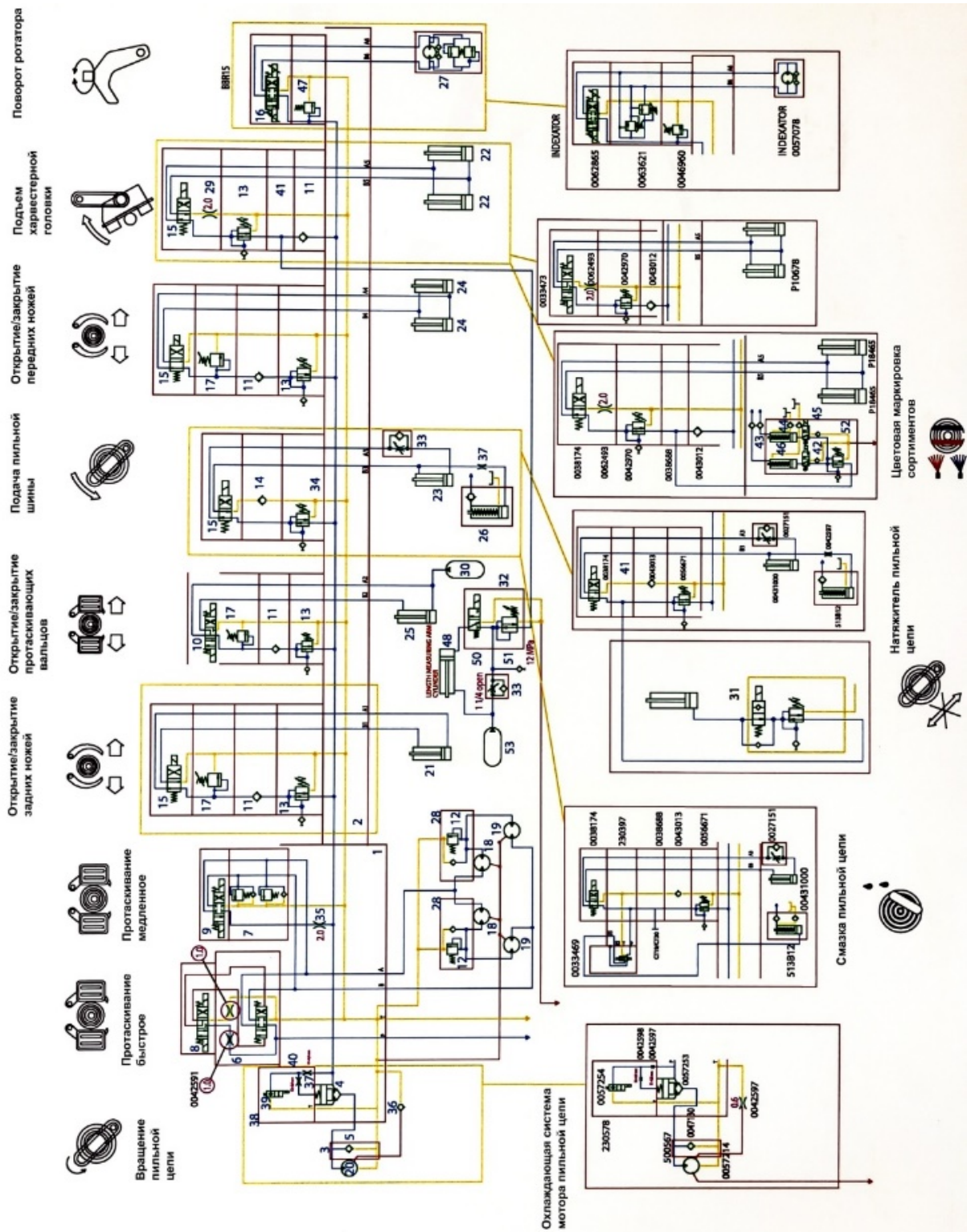


Рис. 1.41. Гидравлическая схема харвестерной головки

## Задание для самостоятельной работы

1. Начертить кинематическую схему четырехстороннего продольно-фрезерного станка С16-4А [5] (рис. 1.42).

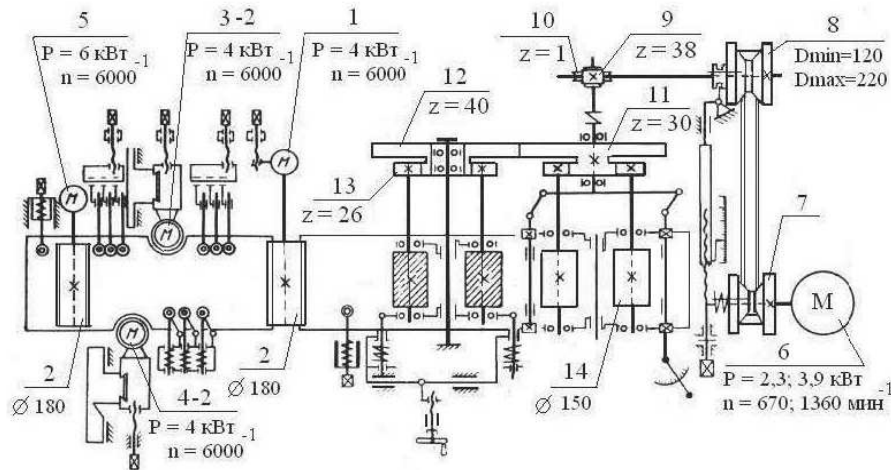


Рис. 1.42. Кинематическая схема четырехстороннего продольно-фрезерного станка С16-4А

2. Начертить общую схему гидросистемы сучкорезной машины ЛП-30 [3] (рис. 1.43).

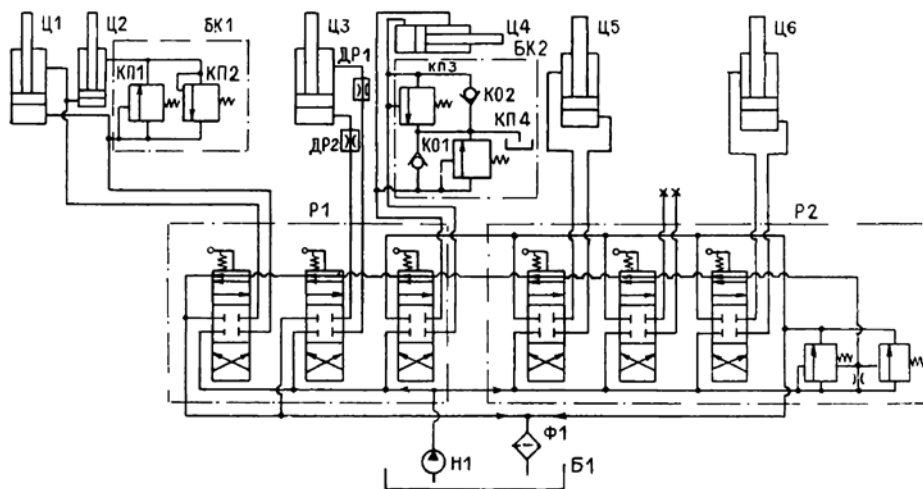


Рис. 1.43. Принципиальная гидравлическая схема сучкорезной машины ЛП-30: Б1 – гидробак; Н1 – насос шестеренный; Ф1 – фильтр; Р1 – гидрораспределитель Р75-ПЗ; Р2 – гидрораспределитель Р75-23; Ц1 – гидроцилиндр боковых ножей сучкорезной головки; Ц2 – гидроцилиндр верхнего ножа сучкорезной головки; Ц3 – гидроцилиндр наклона стрелы; Ц4 – гидроцилиндр поворота стрелы; Ц5 – гидроцилиндр толкателя; Ц6 – гидроцилиндр приемной головки; БК1 – блок клапанов гидроцилиндра верхнего ножа; БК2 – блок клапанов гидроцилиндра стрелы; КП1 и КП2 – предохранительные клапаны гидроцилиндра верхнего ножа сучкорезной головки; КП3 и КП4 – предохранительно-перепускные клапаны гидроцилиндра поворота стрелы; К01 и К02 – клапаны обратные; ДР1 и ДР2 – дроссели-замедлители наклона стрелы

## 1.7. Построение технологической схемы лесосечных работ

Графическую часть курсовой работы по дисциплине «Технология и машины лесосечных работ» (чертежи) предпочтительно выполнять на компьютере с применением современных средств автоматизированного проектирования на листе формата А1.

Масштабы на чертежах должны выбираться из стандартного ряда по ГОСТ 2.302-68 (табл. 1.1).

Таблица 1.1

Масштабы, применяемые на чертежах

Натуральная величина	1:1
Масштабы уменьшения	1:2; 1:2,5; 1:4; 1:5; 1:10; 1:15; 1:20; 1:25; 1:40; 1:50; 1:75; 1:100; 1:200; 1:400; 1:500; 1:800; 1:1000; 1:2000; 1:2500; 1:3000
Масштабы увеличения	2:1; 2,5:1; 4:1; 5:1; 10:1; 20:1; 40:1; 50:1; 100:1

На рис. 1.44 представлен пример расположения графической части технологической схемы разработки лесосеки на чертеже.

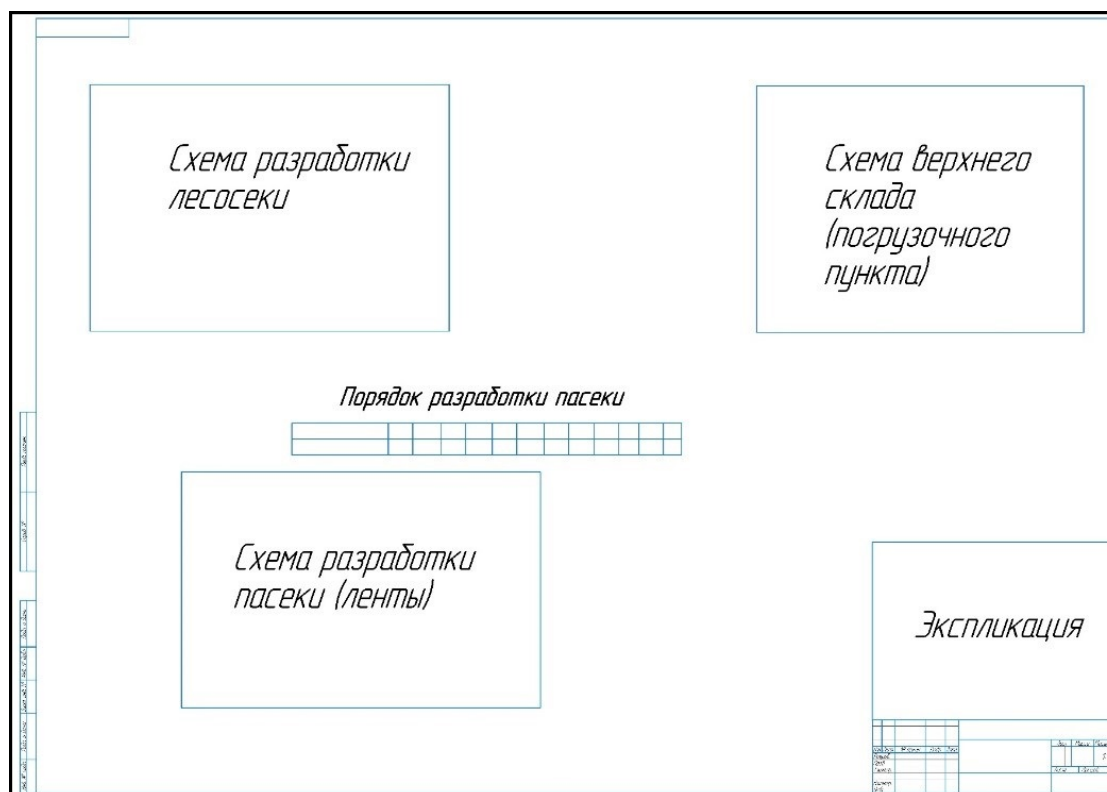


Рис. 1.44. Пример расположения графической части на чертеже

При выполнении выпускной квалификационной работы бакалавра спецификацию или экспликацию разрешается помещать на листе чертежа над основной надписью или рядом с ней. Для технологических чертежей делается экспликация, для конструктивных – спецификация.

В отдельных случаях чертежи могут раскрашиваться, например, в схеме арендуемых участков (рис. 1.45).

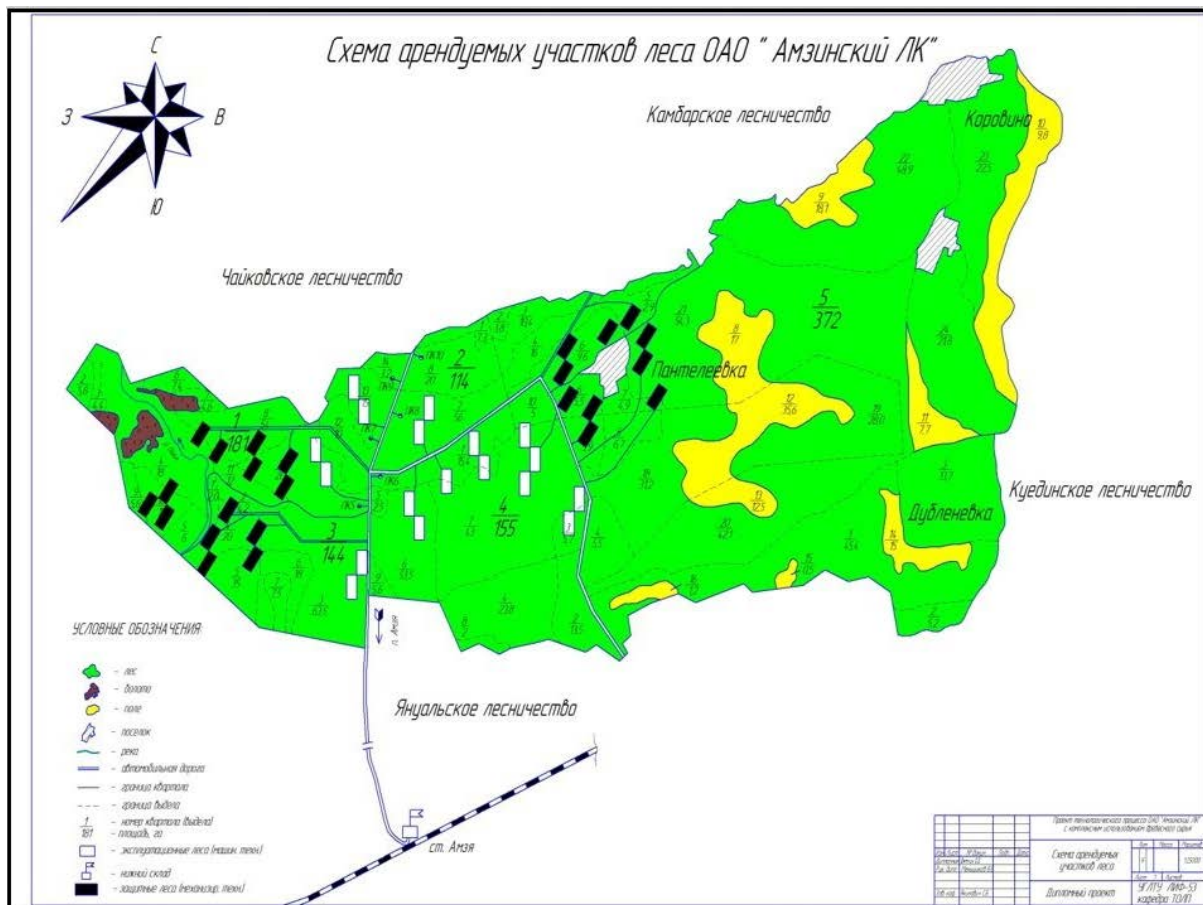


Рис. 1.45. Схема арендуемых участков леса ОАО «Амзинский ЛК»

Рассмотрим пример построения схемы разработки лесосеки с трелевкой деревьев за комли по среднепасечной технологии на базе канатно-чокерных тракторов (рис. 1.46), на которой представлены основные элементы разработки лесосеки (ширина, длина лесосеки, ширина пасеки, погрузочный пункт, зона безопасности) и линии, используемые для построения чертежа в КОМПАС-3D (основные, штриховые, тонкие).

Примеры схем погрузочных пунктов при хлыстовой и сортиментной вывозке показаны на рис. 1.47.

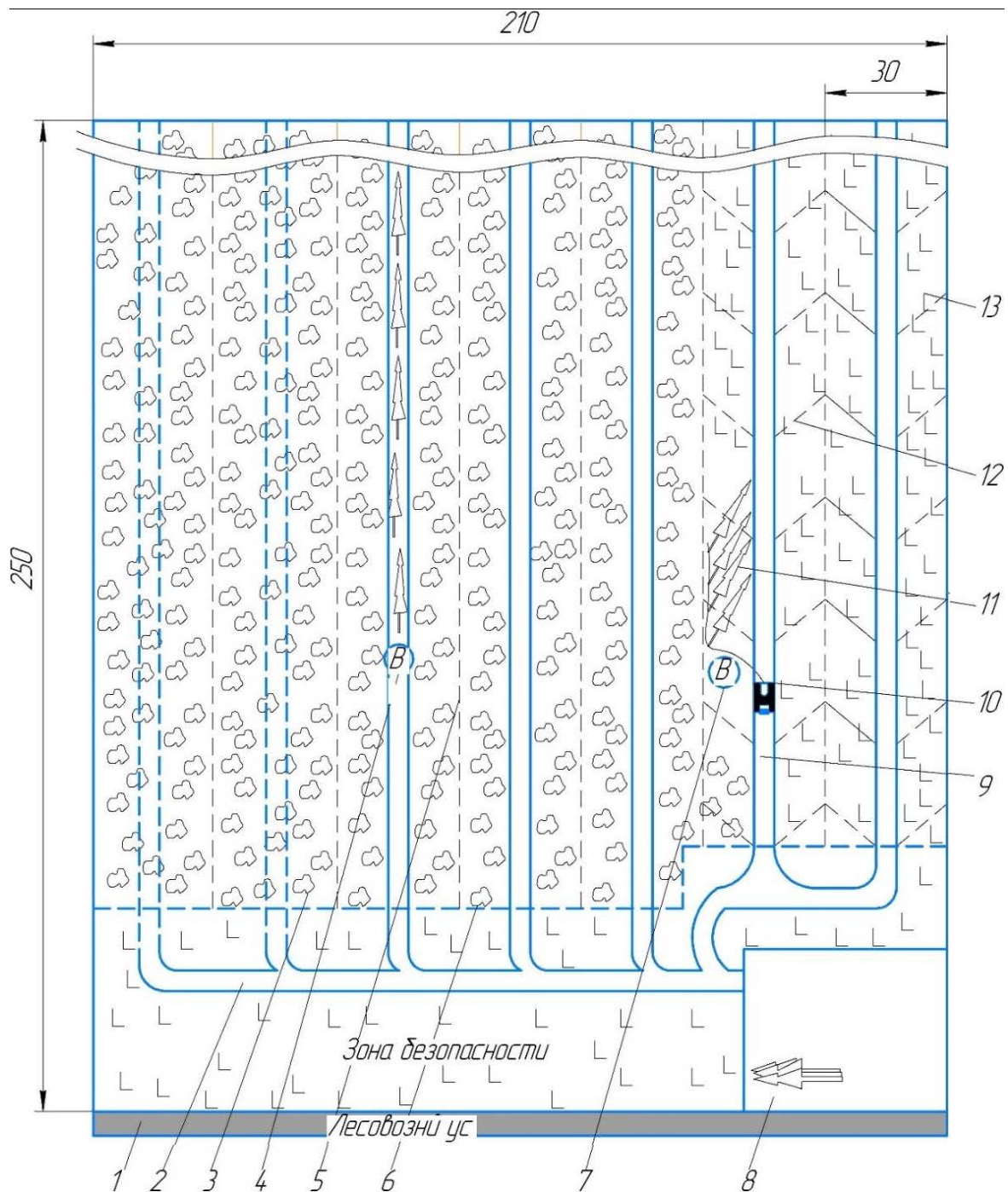
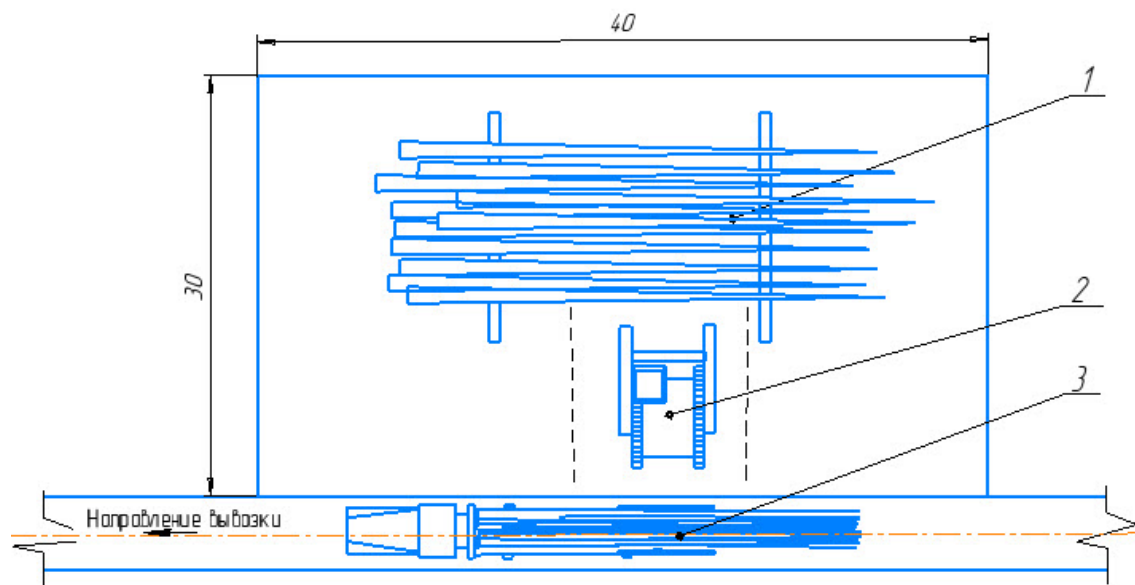
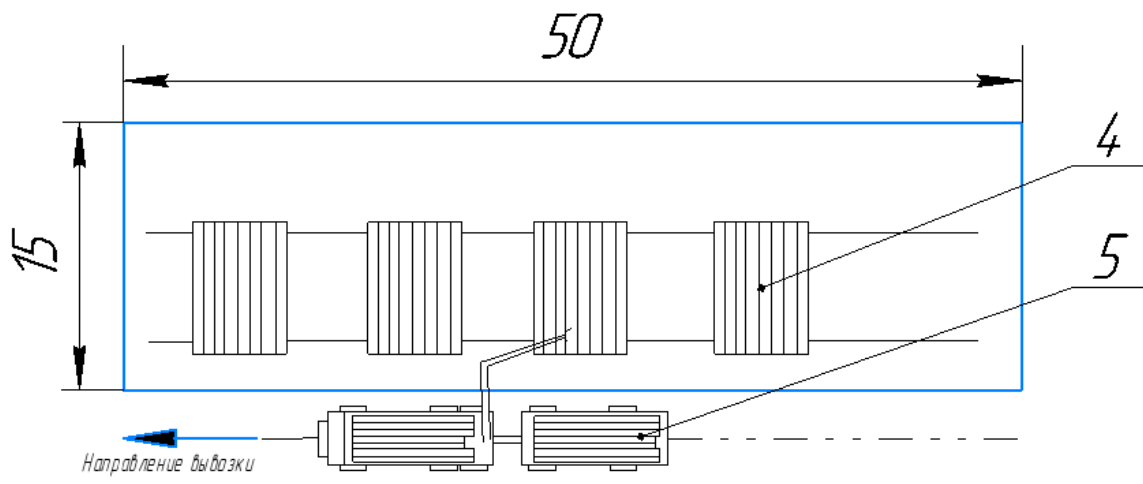


Рис. 1.46. Пример выполнения схемы разработки лесосеки:  
 1 – лесовозный ус; 2 – магистральный волок; 3 – растущий лес; 4 – прорубка волоков с помощью бензопил; 5 – граница пасек; 6 – граница зоны безопасности; 7 – вальщик; 8 – лесопогрузочный пункт; 9 – пасечный волок; 10 – трелевочный трактор; 11 – спиленные деревья; 12 – граница лент; 13 – пни



a



б

Рис. 1.47. Схема погрузочного пункта:

а) при хлыстовой вывозке; б) при сортиментной вывозке:

- 1 – штабель хлыстов; 2 – челюстной погрузчик; 3 – лесовозный автопоезд;
- 4 – штабель сортиментов; 5 – самопогружающийся сортиментовоз

Схема разработки лент с размещением волока по середине пасеки при сплошных рубках показана на рис. 1.48. На данной схеме работает система машин харвестер-форвардер.

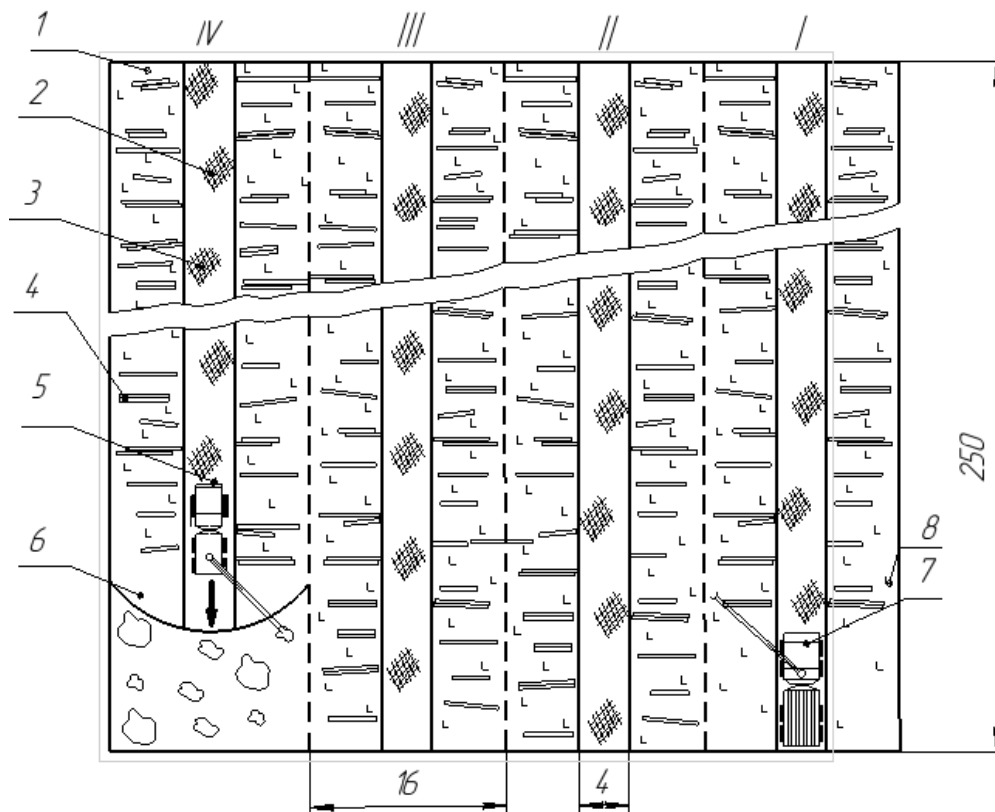


Рис. 1.48. Схема разработки лент с размещением волока по середине пасеки при сплошных рубках:

- 1 – пасека; 2 – пасечный волок; 3 – порубочные остатки; 4 – сортименты;  
5 – харвестер; 6 – растущий древостой; 7 – форвардер; 8 – пни

На чертежах можно использовать следующие условные обозначения лесосечных машин (рис. 1.49).

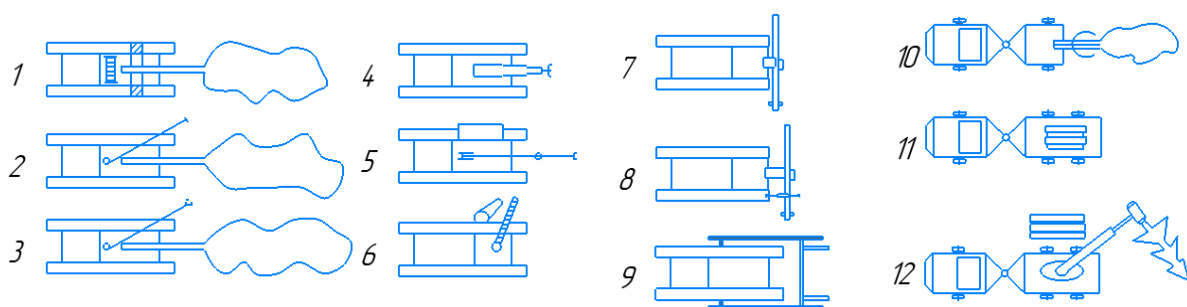


Рис. 1.49. Условные обозначения лесосечных машин:

- 1 – трактор с канатно-чокерным оборудованием (ТТК); 2 – трактор с манипулятором (ПМП); 3 – валочно-трелевочная машина (ВТМ); 4 – трактор с пачковым захватом (ТПЗ); 5 – валочно-пакетирующая машина (ВПМ); 6 – валочная машина (ВМ); 7 – машина для очистки деревьев от сучьев (МОС); 8 – МОС и раскряжковки хлыстов со стрелой (МОСР); 9 – челюстной лесопогрузчик (ЧЛП); 10 – колесный трелевочный трактор; 11 – форвардер; 12 – харвестер

## 1.8. Построение схемы нижнего лесопромышленного склада

Схема склада может чертиться не в масштабе, но с обязательным указанием размеров штабелей, расстояния между цехами и указанием позиций с расшифровкой. Обязательными элементами схемы являются роза ветров, которая располагается в верхнем левом углу, наличие на схеме противопожарного водоема.

При размещении промышленных предприятий необходимо учитывать направление господствующих ветров с тем, чтобы располагать здания и цеха с учетом противопожарных мер. Господствующее направление ветров принимают по розе ветров, которая представляет собой схему распределения ветров по направлению и повторяемости, а иногда по скорости.

## 1.9. Построение чертежа деревообрабатывающего цеха

Проектирование или описание технологического процесса лесозаготовительного предприятия начинают со схемы технологического потока и плана цехов. Технологическая схема потоков является основным документом, на основании которого производится последовательность процессов в каком-либо цехе.

Для примера рассмотрим вариант технологической схемы лесопильного цеха на базе станка «Барс-1А» (рис. 1.50). Цех имеет очень простую компоновку, так как не имеет ни конвейерного оборудования, ни дополнительных станков. Обслуживают линию 3 человека, включая одного оператора и двух подсобных рабочих. Сменная переработка пиловочного сырья такого потока составляет 12 м<sup>3</sup> с выходом 7,72 м<sup>3</sup> пиломатериалов, в том числе с радиальной распиловкой 5 м<sup>3</sup>. Годовой расход пиловочного сырья при двухсменной работе составляет 6 тыс. м<sup>3</sup> [6].

Бревна по накопительной площадке 1 поступают в цех и с помощью устройства поштучной выдачи бревен 2 укладываются на подвижную тележку 6, установленную на рельсовом пути и приводимую в движение электроприводом. Далее тележка с пиловочником перемещается по рельсовому пути через стационарно установленный машинный отсек 3 с двумя расположенными во взаимно перпендикулярных плоскостях пильными дисками. С пульта управления 8 оператор станка подает команды на позиционирование пильных дисков, вводит параметры распила и контролирует процесс пиления. Готовая пилопродукция укладывается в пакеты 10 и по мере накопления вывозится из цеха с помощью тельфера 5.

Структурная схема этого технологического потока приведена на рис. 1.51.

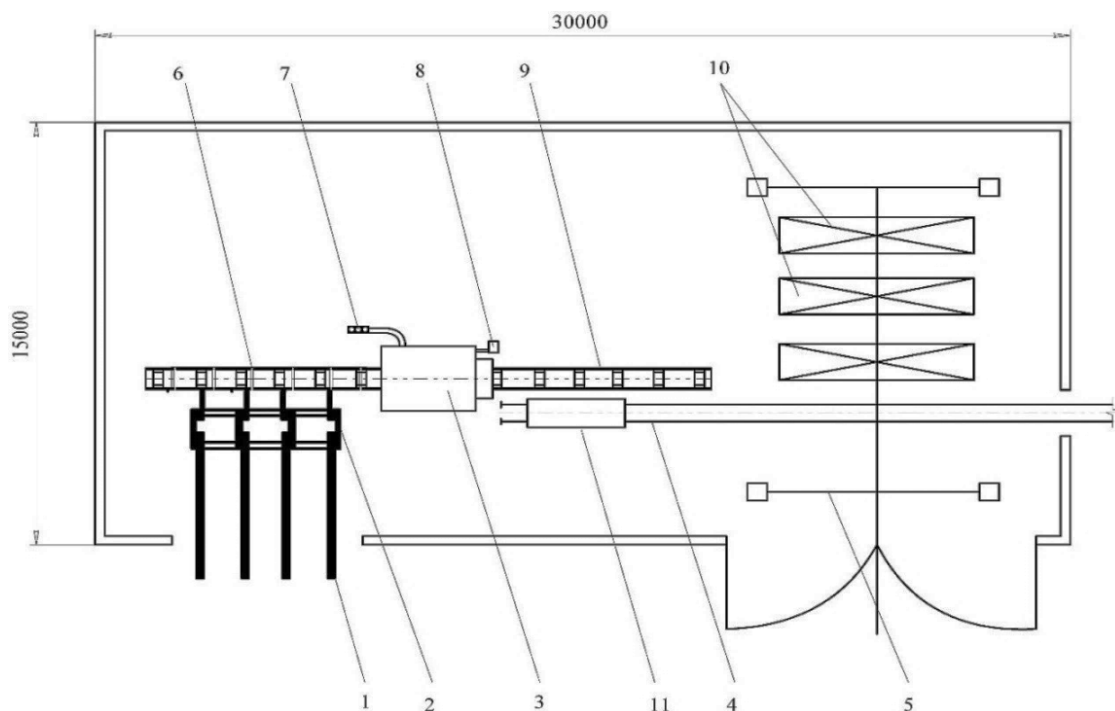


Рис. 1.50. План лесопильного цеха на базе одного станка «Барс-1А»: 1 – накопитель для бревен; 2 – устройство поштучной подачи бревен; 3 – стационарный машинный отсек с пилами; 4 – узкоколейный рельсовый путь; 5 – тельфер; 6 – подвижная тележка на рельсовом пути; 7 – пылеотсос трехместный; 8 – пульт управления; 9 – рельсовый путь; 10 – пакеты пиломатериалов; 11 – тележка для перемещения кусковых отходов

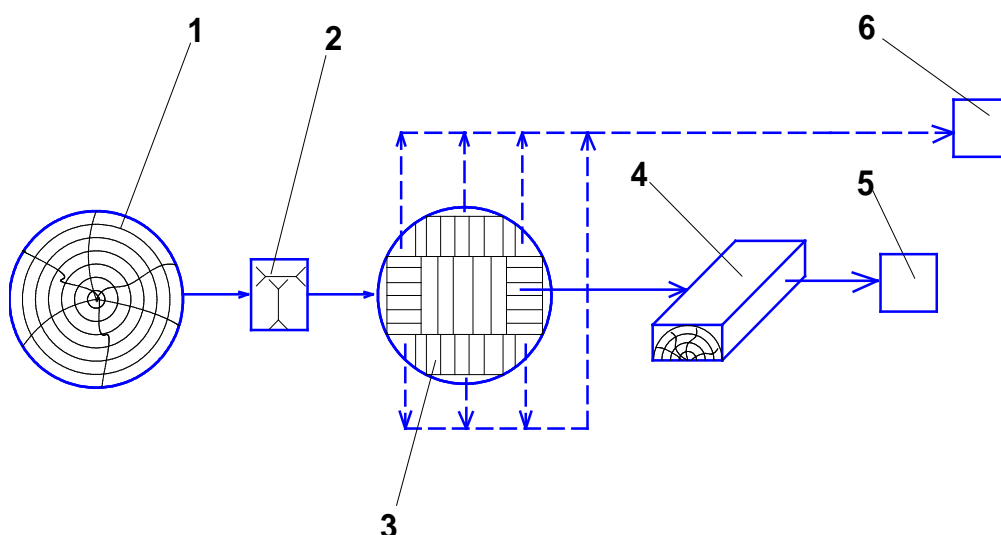


Рис. 1.51. Структурная схема переработки сырья на одном станке «Барс-1А»: 1 – пиловочное сырье; 2 – круглопильный станок «Барс-1А»; 3 – схема раскря бревна; 4 – готовая продукция; 5 – сортировочная площадка; 6 – контейнер для отходов

## Задания для самостоятельной работы

1. Начертить технологическую схему разработки лесосеки (рис. 1.52).

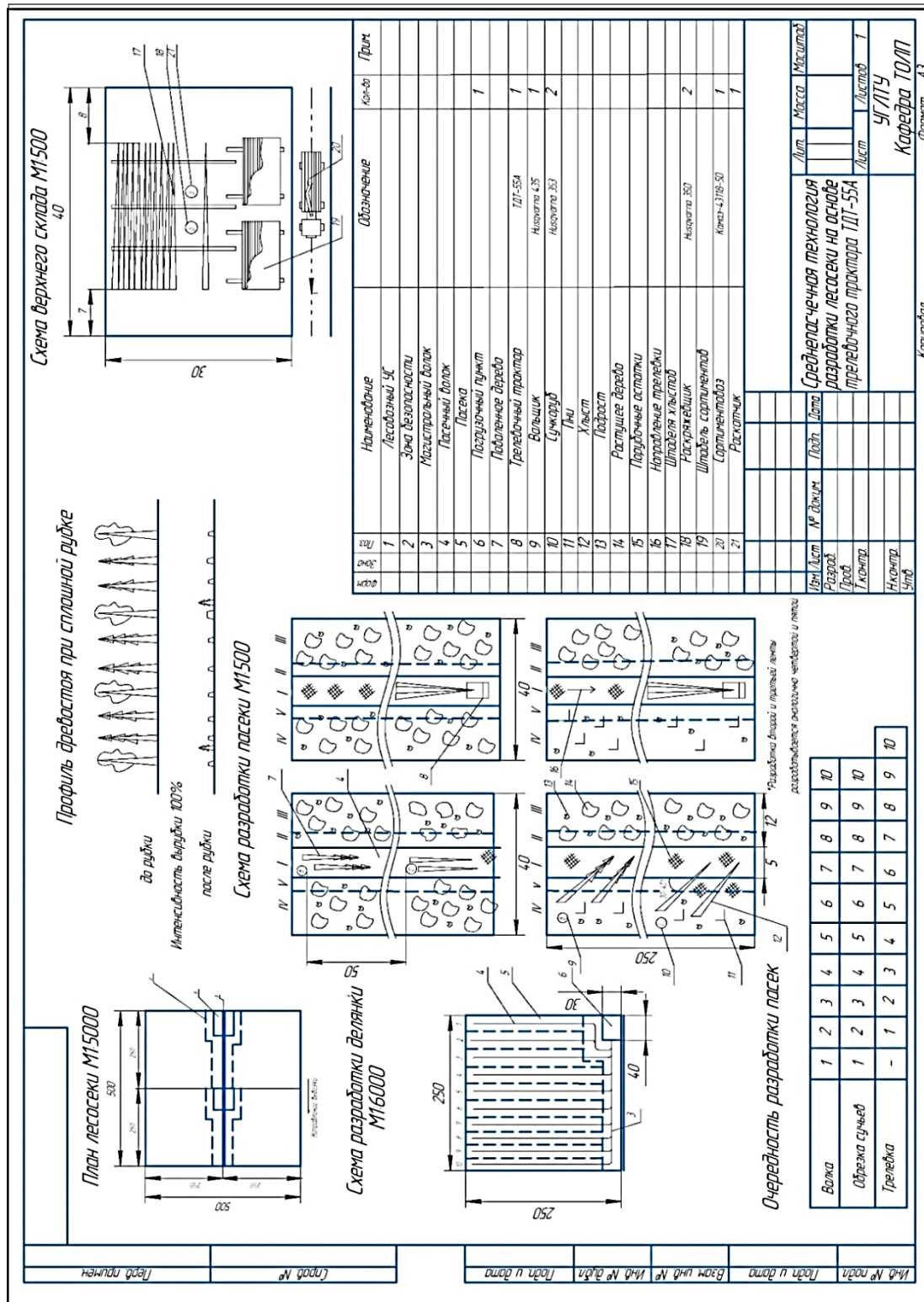


Рис. 1.52. Среднепасечная технология разработки лесосеки на основе трелевочного трактора ТДТ-55А





## 2. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В МАТЕМАТИЧЕСКОМ МОДЕЛИРОВАНИИ И ПОИСКЕ НАИЛУЧШИХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

Примеры моделирования с методикой постановок и решения различных задач оптимизации лесного комплекса с использованием информационных технологий подробно представлены в [7]. Используемые программные среды для этих примеров представлены в [8–10].

### 2.1. Решение распределительной задачи линейного программирования лесопромышленного комплекса в математической программной среде Excel

Компьютерное решение задачи рационального распределения ресурсов технологических дров и отходов лесопиления включает в себя следующие этапы:

- выбор соответствующей программной среды;
- ввод и редактирование поставленной задачи;
- получение оптимального решения;
- проведение задачи анализа на чувствительность.

Рассмотрим использование некоторых сред для решения поставленной задачи оптимизации объемов производства технологической щепы и тарной дощечки. Область допустимых значений и линии функции цели наиболее эффективно строятся в среде Maple [9], содержащей специальную графическую функцию (*inequal*) визуализации областей, ограниченных неравенствами или равенствами, и позволяющей раскрасить различными цветами области, определенные линиями неравенств. Пример применения этой функции для рассматриваемой задачи представлен на рис. 2.1. Среды Mathcad [8] и Excel [10] позволяют лишь построить линии равенств и неравенств с использованием совмещения построения по каждой из зависимостей на одном графике. Однако область допустимых решений лицу, принимающему решение, придется определять самостоятельно. На рис. 2.2 представлен также пример оптимального решения с использованием пакета *simplex* и функции *maximize* среды Maple.

Наиболее подходящей средой для решения оптимизационных задач линейного программирования значительной размерности является Microsoft Excel, входящая в состав пакета Microsoft Office. Основным элементом Excel является ячейка электронной таблицы, отражающая

численные, текстовые, процентные и другие форматы представления данных (рис. 2.2).

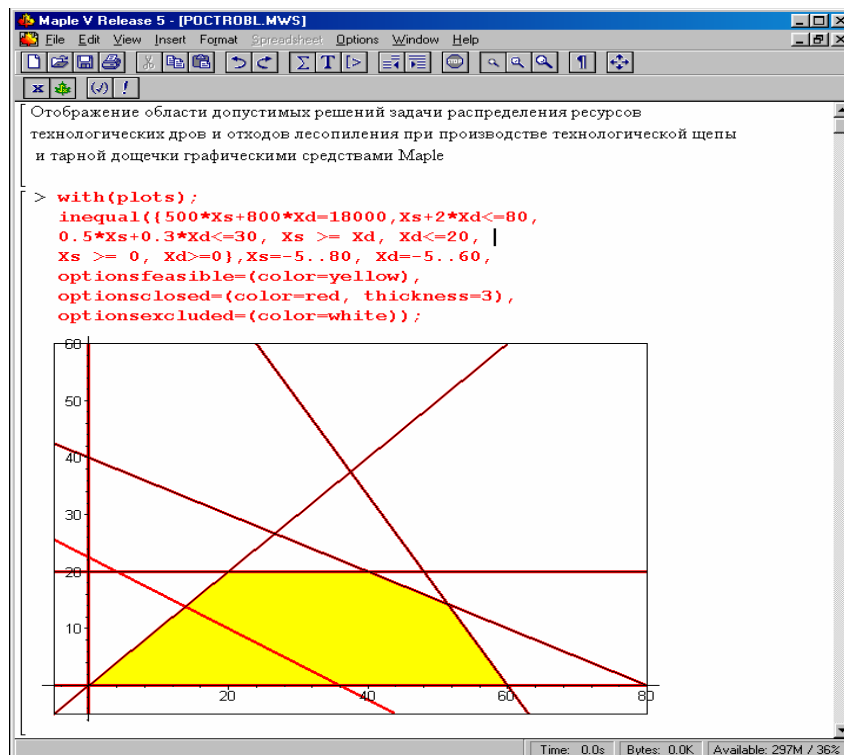


Рис. 2.1. Графическая интерпретация построения области допустимых решений в среде Maple

Преимущества этой среды заключаются в том, что она:

- 1) отображает постановку задачи в привычной форме симплекс-таблицы;
- 2) результаты решения представляются также в форме симплекс-таблицы;
- 3) на основе результатов решения представляет результаты анализа на чувствительность с определением дефицитных и недефицитных ресурсов.

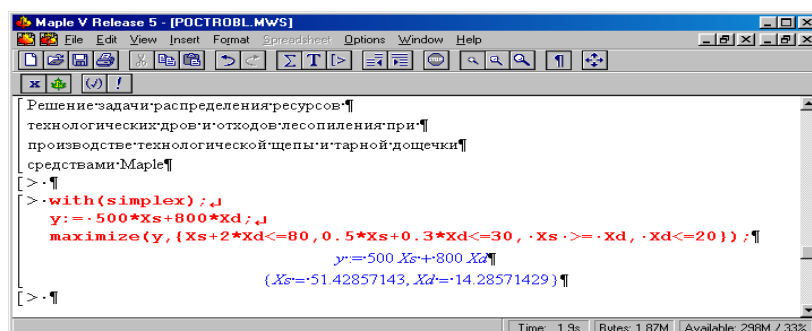


Рис. 2.2. Решение задачи распределения ресурсов технологических дров и отходов лесопиления на производство оптимальных объемов технологической щепы и тарной доски в среде Maple

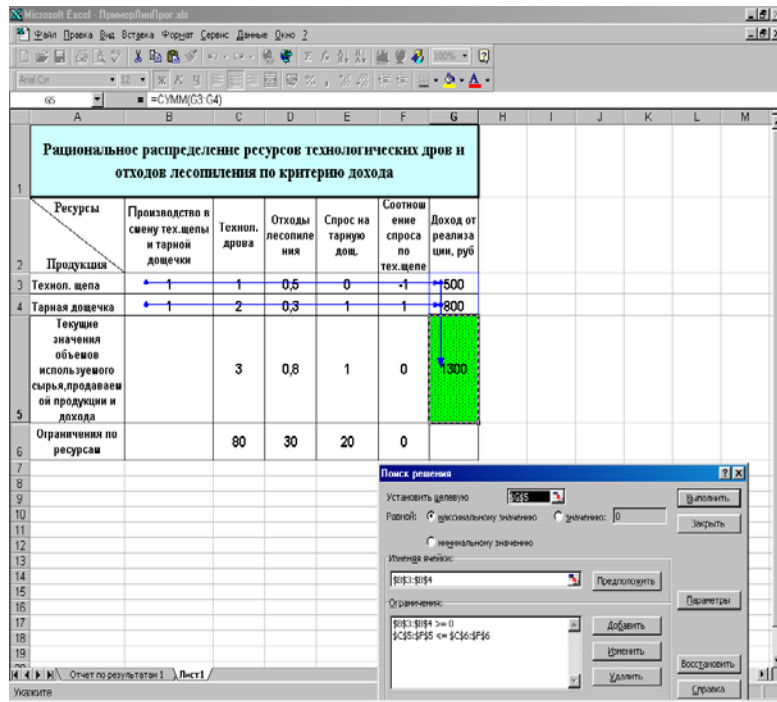


Рис. 2.3. Постановки задачи оптимизации (начальное решение) в среде Excel

Решение оптимизационных задач в Excel основано на возможности определения значения ячейки, когда необходимо изменить значения в нескольких ячейках и удовлетворить нескольким граничным условиям. Эта возможность реализуется процедурой **«Поиск решения»** (в дальнейшем все опции меню выделены жирным), находящейся в меню **«Сервис»**. При использовании средств поиска решения ячейки, которые необходимо использовать, должны быть связаны формулами. В процедуре поиска решения Microsoft Excel используются алгоритмы симплексного метода и метода *«branch-and-bound»* (ветвей и границ) для решения линейных и целочисленных задач с ограничениями, разработанными Джоном Уотсоном (John Watson) и Деном Филстром (Dan Fylstra) из Frontline Systems, Inc. Алгоритм нелинейной градиентной оптимизации Generalized Reduced Gradient (GRG2), разработан Леоном Ласдоном (Leon Lasdon, University of Texas at Austin) и Аланом Уореном (Allan Waren, Cleveland State University).

Пример решения задачи распределения ресурсов технологических дров и отходов лесопиления представлен на рис. 2.3–2.6. Рис. 2.3 отображает начальную постановку задачи в табличной форме и открытое окно диалога **«Поиск решения»**. Постановка задачи в табличной форме несколько изменена. Для удобства (в Excel существует функция суммирования по столбцам) правые части ограничений –

текущие значения и предельные – представлены в столбцах, а не в строках как в симплекс-таблице. Содержание ячеек таблицы постановки задачи представлено следующей информацией:

1) ячейки строк A1-G1, A2-G2 и столбца A1-A6 содержат текстовую поясняющую информацию;

The screenshot shows an Excel spreadsheet with a table titled 'Рациональное распределение ресурсов технологических дров и отходов лесопиления по критерию дохода'. The table has 7 columns and 6 rows. The data is as follows:

Ресурсы	Производство в смену тех. щепы и тарной дощечки	Технол. дрова	Отходы лесопиления	Спрос на тарную дощ.	Соотношение спроса по тех. щепе	Доход от реализации, руб
Продукция						
Технол. щепы	51,42857143	51,429	25,714	0	-51,429	25714
Тарная дощечка	14,28571429	28,571	4,2857	14,28571	14,286	11429
Текущие значения объемов используемого сырья и дохода		80	30	14,28571	-37,143	37143
Ограничения по ресурсам		80	30	20	0	

Below the table, a dialog box titled 'Результаты поиска решения' (Results of Solver) is displayed. It contains the text: 'Решение найдено. Все ограничения и условия оптимальных (или минимальных)'. There are two radio buttons: 'Сохранить найденное решение' (selected) and 'Восстановить исходные значения'. There are also buttons for 'OK', 'Отмена', 'Создать сценарий...', and 'Справка'. On the right side of the dialog, there is a 'Дип. отчеты' (Destination Reports) section with a list containing 'Результаты', 'Устойчивость', and 'Проходы'.

Рис. 2.4. Результаты решения задачи оптимизации (последняя итерация) в среде Excel

2) ячейки B3, B4 содержат начальные значения объемов производства технологической щепы и тарной дощечки (приняты равными единице), которые в процессе поиска решения будут изменяться;

3) ячейки C3-C4 и D3-D4 содержат соответственно значения расхода технологических дров (C3-C4) и отходов лесопиления (D3-D4) на производство технологической щепы (C3, D3) и тарной дощечки (C4, D4), значения их определяются формулами  $C3 = 1 \cdot B3$ ,  $C4 = 2 \cdot B4$ ,  $D3 = 0,5 \cdot B3$ ,  $D4 = 0,3 \cdot B4$ ;

4) ячейки C5, D5 отражают суммарный расход технологических дров (C5) и отходов лесопиления (D5) на производство технологической щепы и тарной дощечки и содержат сумму расходов по каждому из столбцов C, D ( $=\text{СУММ}(C3:C4) = \text{СУММ}(D3:D4)$ );

5) ячейки C6, D6 содержат предельные значения расхода технологических дров и отходов лесопиления на производство технологической щепы и тарной дощечки (ограничения);

6) аналогично определены значения ячеек E3-E6, F3-F6, представляющие ограничения по спросу;

7) ячейки G3-G4 содержат соответственно значения дохода от продажи технологической щепы (C3, D3) и тарной дощечки (C4, D4), значения эти определяются формулами  $G3 = 500 * B3$ ,  $G4 = 800 * B4$ , а ячейка  $G5 = СУММ(G3:G4)$  содержит сумму текущего дохода от реализации одновременно двух видов продукции и определяет значение критерия в процессе поиска максимального значения.

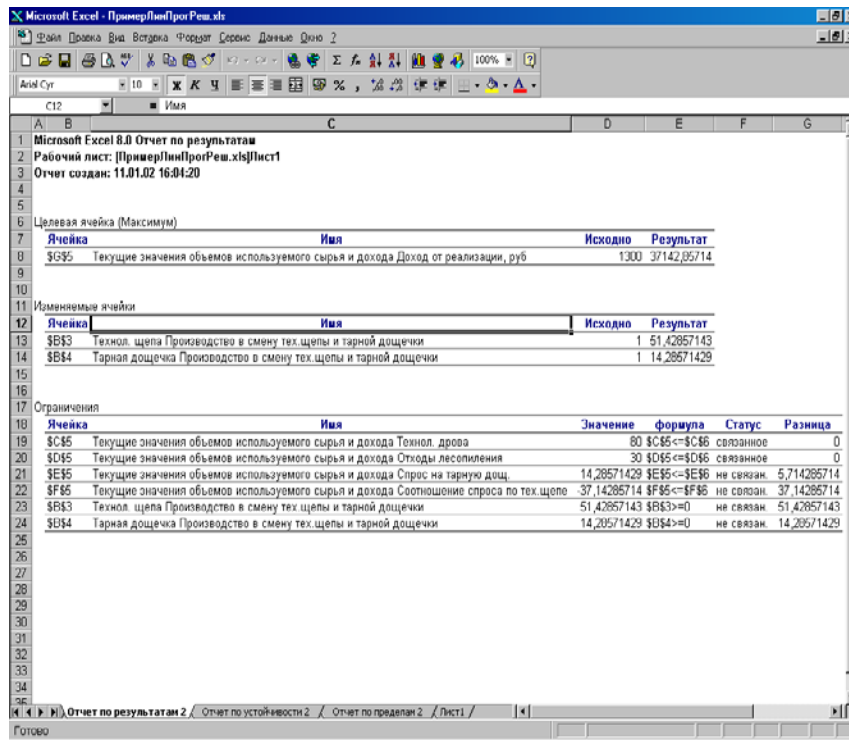


Рис. 2.5. Первая задача анализа на чувствительность в среде Excel

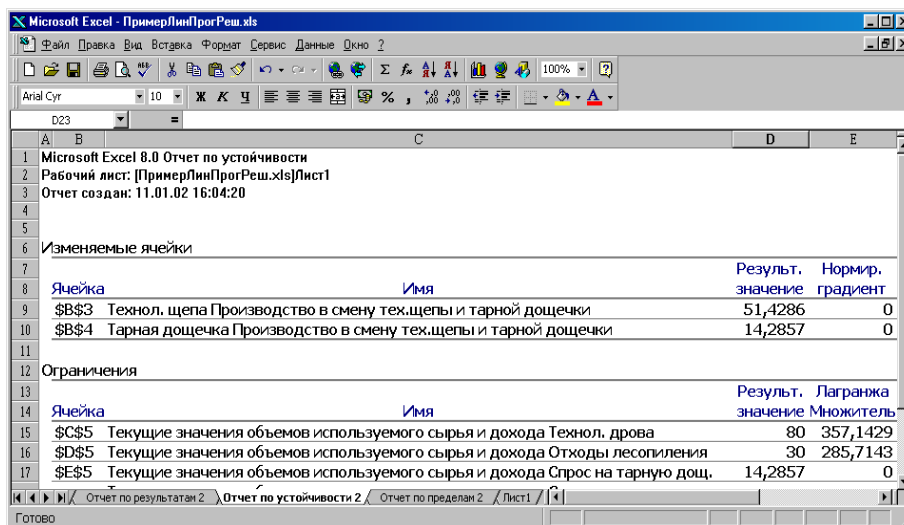


Рис. 2.6. Вторая задача анализа на чувствительность в среде Excel

Диалоговое окно «**Поиск решения**» содержит следующие установки, необходимые для решения поставленной в Excel задачи. **Установить целевую ячейку.** ⇒ Служит для указания целевой ячейки, значение которой необходимо максимизировать, минимизировать или установить равным заданному числу. Эта ячейка должна содержать формулу или ссылку на ячейку, содержащую формулу. В нашем примере это ячейка \$G\$5.

Связи этой ячейки с влияющими на нее данными показаны на рис. 2.3 стрелками. Знаки доллара в обозначении адреса ячейки (подробно об этом в [10] или в help среды) определяют абсолютный адрес. **Равной.** ⇒ Служит для выбора варианта оптимизации значения целевой ячейки – максимизация, минимизация или подбор заданного числа. Чтобы установить число, введите его в поле. В рассматриваемом примере выбран вариант максимизации. **Изменяя ячейки.** ⇒ Служит для указания ячеек, значения которых изменяются в процессе поиска решения до тех пор, пока не будут выполнены наложенные ограничения и условие оптимизации значения ячейки, указанной в поле **Установить целевую ячейку**.

В нашем примере это ячейки \$B\$3:\$B\$4. **Предположить.** ⇒ Используется для автоматического поиска ячеек, влияющих на формулу, ссылка на которую дана в поле **Установить целевую ячейку**. Результат поиска отображается в поле **Изменяя ячейки**. В рассматриваемом примере это поле заполнено постановщиком задачи. **Ограничения.** ⇒ Служит для отображения списка граничных условий поставленной задачи. По условиям задачи введены ограничения на неотрицательность (рис. 2.3) и на ресурсы. Указано, что текущие значения ячеек ресурсов по пятой строке C5-F5 должны быть не более предельных значений в ячейках C6-F6. **Добавить.** ⇒ Служит для отображения диалогового окна **Добавить ограничение**. **Изменить.** ⇒ Служит для отображения диалогового окна **Изменить ограничение**. **Удалить.** ⇒ Служит для снятия указанного ограничения. **Выполнить.** ⇒ Служит для запуска поиска решения поставленной задачи. **Заккрыть.** ⇒ Служит для выхода из окна диалога без запуска поиска решения поставленной задачи. При этом сохраняются установки, сделанные в окнах диалога, появившихся после нажатий на кнопки **Параметры**, **Добавить**, **Изменить** или **Удалить**. ⇒ Служит для отображения диалогового окна **Параметры** поиска решения, в котором можно загрузить или сохранить оптимизируемую модель и указать предусмотренные варианты поиска решения. **Восстановить.** ⇒ Служит для очистки полей окна диалога

и восстановления значений параметров поиска решения, используемых по умолчанию.

Наложение ограничений на поиск решения проводится в следующем порядке:

- 1) в меню **Сервис** выбирают команду **Поиск решения**;
- 2) нажимают кнопка **Добавить**;
- 3) в поле **Ссылка** на ячейку вводят адрес или имя ячейки, на значение которой накладывают ограничения;
- 4) выбирают из раскрывающегося списка условный оператор, который необходимо разместить между ссылкой и ограничением;
- 5) в поле **Ограничения** вводится число, формула или имя ячейки;
- 6) чтобы наложить условие на поиск решения задачи и приступить к набору нового условия, нажимают на кнопку **Добавить**;
- 7) чтобы наложить условие и вернуться в диалоговое окно **Поиск Решения**, нажимают на кнопку **ОК**.

*Дополнительные условия.* Условные операторы целого и двоичного типов можно применять только при наложении ограничений на изменяемые ячейки. Флажок **Линейная модель** в диалоговом окне **Параметры поиска решения** позволяет задать любое количество ограничений. При решении нелинейных задач на значения изменяемых ячеек можно наложить двоичное или целое ограничение с верхней, нижней или обеими границами.

Результаты решения, полученные после нажатия кнопки **Выполнить**, представлены на рис. 2.4. Здесь в ячейках В3, В4 представлены оптимальные объемы производства технологической щепы и тарной доски, в ячейках С3, С4, D3, D4 – объемы технологических дров и отходов лесопиления, распределенных на производство технологической щепы и тарной доски; в ячейках С5–F5 – использованные ресурсы сырья – технологические дрова и отходы лесопиления – и спроса на технологическую щепу и тарную доску; в ячейке G5 – значение максимального дохода.

На основе диалогового окна **Результаты поиска решения** (рис. 4) получены результаты анализа на чувствительность. Первая задача анализа на чувствительность представлена на рис. 2.5, из которого можно определить связанные и не связанные – дефицитные и недефицитные – ресурсы и величину избытка спроса по тарной доске и технологической щепе. Вторая задача анализа на чувствительность представлена на рис. 2.6 и отражает значения ценностей ресурсов под названием «множители Лагранжа». Здесь эти множители характеризуют скорость возрастания функции цели (дохода) или прирост дохода при пропуске  $1 \text{ м}^3$

сырья через технологический поток и реализации продукции, полученной из этого кубометра. Для получения исчерпывающей информации по задачам на чувствительность рекомендуется постановка и решение задачи в Excel в стандартной форме.

## **2.2. Компьютерное решение задачи оптимального управления объектами лесозаготовок в компьютерной среде MathCad**

Постановка и решение задач оптимального управления основано на использовании следующих теоретических вариационных методов: вариационное исчисление [11], принцип максимума Понтрягина [12, 13], динамическое программирование [14]. Перечисленные методы имеют непосредственную связь друг с другом и свои особенности, определяемые классами задач, решаемых на их основе.

Первичной основой задач оптимального управления является вариационное исчисление, получившее начало в XVIII веке в трудах Эйлера и Лагранжа и дальнейшее развитие в XIX веке в трудах ряда математиков и в настоящее время превратившееся в один из важнейших разделов теоретической и прикладной математики. Вариационные принципы предоставляют способ единообразной трактовки различных физических и прикладных задач и общие подходы к их исследованию.

В отличие от задач линейного и нелинейного программирования, являющихся большей частью статическими, задачи управления подразумевают рассмотрение объектов в динамике (во времени) или протяженности (в одно(линия)-двух(плоскость) или трехмерном пространстве). Отсюда вытекает заключение об их изначальной системности и определении методов решения задач управления как наиболее мощных из существующих в аппарате оптимизации. Подтверждается это общеизвестным в научной практике фактом того, что параметрическая оптимизация – задачи ЛП, НЛП и др. – обеспечивает эффективность порядка десятых долей, в то время как оптимизация степени совмещения и количества технических функций, реализуемых лесозаготовительной машиной, возможная лишь на основе методов оптимального управления, определяет эффект порядка 1–6 раз по различным критериям [15, 16].

Компьютерное решение поставленной задачи оптимизации траектории технологического процесса (ТП) и степени совмещения

технических функций лесозаготовительных машин по критерию времени цикла ТП включает в себя следующие этапы:

- преобразование постановки задачи оптимального управления процессами к задаче нелинейного программирования;
- выбор соответствующей программной среды;
- ввод и редактирование поставленной задачи;
- получение оптимального решения;
- проведение задачи анализа на чувствительность.

В связи с тем, что не существует программных сред, реализующих непосредственное решение задач вариационного исчисления и принципа максимума (по образу задач нелинейного и линейного программирования), преобразуем задачу вариационного исчисления поиска оптимальной траектории по критерию времени цикла. Преобразование проводится в следующей последовательности.

1. Преобразование функционала следующее:

$$T = \sum_{i=1}^N \frac{\sqrt{1 + V'^2(l_i)}}{g} \Delta l_i. \quad (2.1)$$

Здесь  $l_i$  – верхнее значение границы интервала, на которые разбивается длина маршрута;  $\Delta l_i = l_i - l_{i-1}$  – длина интервала разбиения длины маршрута ТП.

2. Преобразование производной в подкоренном выражении функционала. Производная от функции изменения объема по  $l$  для каждого  $i$ -го интервала является величиной постоянной и определяется посредством простейшей разностной аппроксимации, т. е.

$$V'_i = \frac{V_{i+1} - V_i}{\Delta l_i}. \quad (2.2)$$

3. Тогда преобразованная постановка задачи с учетом выражений (1) и (2) имеет вид, представленный ниже.

Найти такие допустимые переменные  $V_i$ ,  $l_i$ ,  $\Delta l_i$  при которых функционал будет

$$T = \sum_{i=1}^N \frac{\sqrt{1 + \left( \frac{V_{i+1} - V_i}{\Delta l_i} \right)^2}}{g} \Delta l_i \rightarrow \min. \quad (2.3)$$

Здесь  $V_i = V_i(l_i)$ ;  $V_{i+1} = V_{i+1}(l_{i+1})$ , и удовлетворяются заданные граничные условия:

$$V(0) = 1; \quad V(1) = 0,19. \quad (2.4)$$

**Решение поставленной задачи.** Для приближенного вычисления интегральной суммы, определяющей время цикла ТП, могут быть использованы выражения (квадратурные формулы) приближенного вычисления интегралов: формулы трапеций, парабол (Симпсона), Ньютона-Котеса и другие в зависимости от необходимой точности вычислений. В примере ограничимся простейшим методом прямоугольников.

Упростим несколько задачу, зная, что искомая функция  $V(l)$  является линейной, и рассмотрим два случая: первый – длина маршрута ТП разбивается на два равных интервала (отрезка), т. е.  $\Delta l_i$  принимается величиной постоянной и известной; второй случай рассматривается с целью демонстрации возможностей численного решения и контроля правильности, и здесь длина маршрута ТП разбивается на четыре равных интервала. Скорость  $\vartheta$  как величина постоянная выносится за знак суммы и в процессе компьютерного решения не показывается.

В первом случае длина сегмента ТП  $\{0,1\}$  разбивается на два равных отрезка с границами:  $V_0 = V(0) = 1$ ;  $V_1 = V(0,5)$ ;  $V_2 = V(1) = 0,19$ ;  $\Delta l = 0,5$ . Разностная аппроксимация производной для каждого из отрезков имеет вид  $V'(0) \approx V'_0 = \frac{V_1 - 1}{0,5}$ ;  $V'(0,5) \approx V'_1 = \frac{0,19 - V_1}{0,5}$ . В полу-

ченных выражениях уже учтены граничные условия. Окончательное выражение интегральной суммы времени цикла на основе постановки (4) будет

$$T = \frac{0,5}{\vartheta} \sum_0^1 \sqrt{1 + \left( \frac{V_{i+1} - V_i}{\Delta l} \right)^2} = \frac{0,5}{\vartheta} \left[ \sqrt{1 + \left( \frac{V_1 - 1}{0,5} \right)^2} + \sqrt{1 + \left( \frac{0,19 - V_1}{0,5} \right)^2} \right] = T(V_1). \quad (2.5)$$

Фактически поставленная задача сведена к нахождению минимума времени цикла, представленного выражением суммы, в которой управляемой переменной является величина  $V_1$ . Причем  $V_1$  соответствует заданной и известной координате  $l_1$  расстояния маршрута ТП, равной 0,5. Результаты решения для данного случая в среде Mathcad представлены на рис. 2.7.



Рис. 2.7. Результаты поиска оптимального решения (оптимальной траектории) для случая одномерного поиска

Из решения, представленного на рис. 2.7, следует, что  $V_1 = 0,595$  при  $l_1 = 0,5$  и время цикла ТП  $T(0,595) = 1,287/9$ . Для построения искомой траектории достаточно лишь в координатах  $V$  и  $l$  отложить значения граничных условий  $V(0)=1$ ,  $V(1)=0,19$  по (3) и полученную среднюю точку  $V(0,5)=0,595$ . Хотя при известном линейном виде полученной зависимости для построения достаточно ограничиться двумя точками граничных условий. При нелинейной зависимости построение траектории существенно усложняется.

Если в первом случае проводилась одномерная оптимизация (по одной переменной управления), то во втором оптимизация носит многомерный характер, точнее трехмерный. Длина сегмента ТП  $\{0,1\}$  разбивается на четыре равных отрезка с границами, соответствующими им значениями объема ПТ:  $V_0 = V(0) = 1$ ;  $V_1 = V(0,25)$ ;  $V_2 = V(0,5)$ ;  $V_3 = V(0,75)$ ;  $V_4 = V(1) = 0,19$ ;  $\Delta l = 0,25$ . Разностная аппроксимация производной для каждого из отрезков имеет следующий вид:

$$V'(0) \approx V'_0 = \frac{V_1 - 1}{0,25}; \quad V'(0,25) \approx V'_1 = \frac{V_2 - V_1}{0,25}; \quad V'(0,5) \approx V'_2 = \frac{V_3 - V_2}{0,25};$$

$$V'(0,75) \approx V'_3 = \frac{0,19 - V_3}{0,25}.$$

В полученных выражениях также учтены граничные условия. Аналогично окончательное выражение интегральной суммы времени цикла на основе постановки (3) будет

$$T(V_i) = \frac{0,25}{9} \sum_0^3 \sqrt{1 + \left( \frac{V_{i+1} - V_i}{\Delta l} \right)^2} = \frac{0,25}{9} \left[ \sqrt{1 + \left( \frac{V_1 - 1}{0,25} \right)^2} + \sqrt{1 + \left( \frac{V_2 - V_1}{0,25} \right)^2} + \sqrt{1 + \left( \frac{V_3 - V_2}{0,25} \right)^2} + \sqrt{1 + \left( \frac{0,19 - V_3}{0,25} \right)^2} \right]. \quad (2.6)$$

Здесь управляемыми переменными являются величины  $V_1, V_2, V_3$ , привязанные к соответствующим значениям координат расстояния маршрута ТП (0,25; 0,5; 0,75). Результаты решения для второго случая в среде Mathcad представлены на рис. 2.8.

Полученные результаты, аналогично первому случаю, совпадают с аналитическим и геометрическим решением и обеспечивают построение траектории ТП по пяти точкам, включая точки граничных условий.

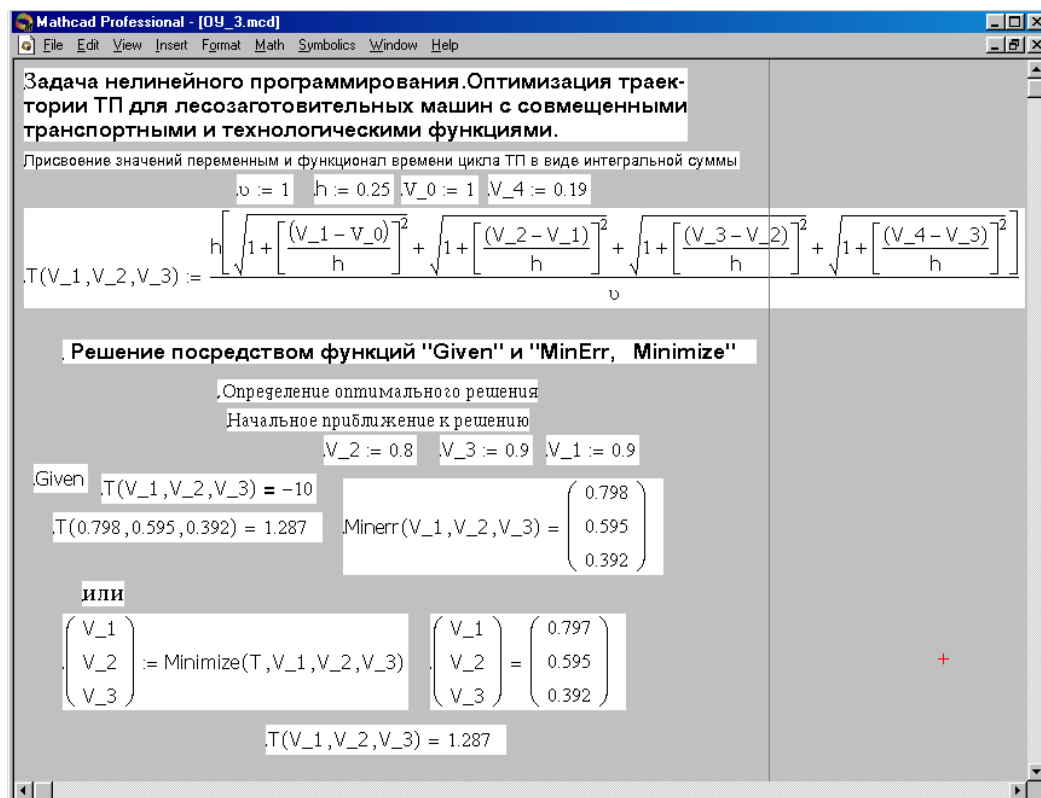


Рис. 2.8. Результаты поиска оптимального решения (оптимальной траектории) при трех переменных управления

## **2.3. Статистическая информация для моделирования стохастических систем и ее обработка в программной среде Statistica**

В данном разделе освещаются вопросы, связанные со сбором исходной информации для моделирования и ее обработкой в программной среде Statistica.

### **2.3.1. Понятие информации, сбор и обработка статистической информации**

Информация для моделирования носит разнообразный характер – детерминированная и случайная, нормативная и расчетная, достоверная и недостоверная, репрезентативная и нерепрезентативная, независимая от деятельности человека и зависимая (изменяющаяся), значимая (ценная) и незначимая, производственная и природная, экономическая и техническая и так далее. Каждый из перечисленных видов информации требует своих подходов для сбора и обработки. Проще всего оперировать с детерминированной технико-экономической информацией, отраженной в экономико-бухгалтерской отчетности предприятий. Это различные стоимостные показатели – себестоимость, прибыль, приведенные затраты и другие – на валке, обрезке сучьев, трелевке, погрузке, раскряжевке, т. е. по операциям и в целом по всему циклу лесозаготовительного производства; временные показатели – коэффициент использования машин и рабочего времени – и прочие. Однако при сборе подобной информации следует обратить особое внимание на ее достоверность – правильность и адекватность представления реальности, ибо готовят такую информацию люди, которым свойственны различные ошибки.

Обработка результатов наблюдений (выборки), имеющих у обработчика в том порядке, в каком они были получены в ходе наблюдений, т. е. в случайном (хаотичном), проводится в следующей последовательности:

- 1) упорядочивание значений ряда наблюдений по возрастанию;
- 2) проверка результатов наблюдений на аномальность;
- 3) пересчет параметров статистических оценок;
- 4) выбор закона распределения, выравнивание ряда по выбранному закону и проверка согласия эмпирического и теоретического распределений.

Перечисленные пункты отражены в ГОСТ Р 50779.6\* «Статистические методы обработки результатов измерений и испытаний» и ГОСТ Р 50779.2\* «Статистические методы. Правила определения и методы расчета статистических характеристик по выборочным данным». Знак \* определяет конкретный номер соответствующей рубрики ГОСТа. Например, ГОСТ Р 50779.21–96 «Статистические методы. Правила определения и методы расчета статистических характеристик по выборочным данным. Часть 1. Нормальное распределение». Упорядочивание результатов наблюдений осуществляется посредством размещения их значений по возрастанию – от меньшего к большему.

Проверка на аномальность проводится в предположении, что ошибки наблюдения подчиняются нормальному закону распределения.

Результат наблюдений является грубым или аномальным, если он существенно отличается по значению от остальных значений наблюдений в выборке.

Причинами появления подобных результатов могут быть сбои в работе измерительной аппаратуры, ошибки (промахи) наблюдателя, природная аномальность и пр. Вполне естественно, что для предотвращения искажения в описании статистическими данными сущности объекта грубые результаты должны быть исключены из выборки. Для этого выполняются следующие действия. Если проверка проводится по критерию Греббса (существуют также критерии Ирвина и Романовского), определяются среднее арифметическое выборки

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (2.7)$$

и выборочное среднее квадратическое

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} . \quad (2.8)$$

Затем, поскольку более вероятны существенные отклонения для крайних значений выборки, оценивается принадлежность первого и последнего элементов выборки ( $x_1$  – минимальное и  $x_n$  – максимальное значения) к выборочной совокупности. Процедура оценки осуществляется посредством вычисления так называемых  $u$ -статистик:

$$u_1 = \frac{\bar{x} - x_1}{S}, \quad u_n = \frac{x_n - \bar{x}}{S} . \quad (2.9)$$

Здесь  $u_1$  и  $u_n$  характеризуют относительные величины наибольших отклонений от среднего, которые подчиняются  $\beta$ -распределению. При известном объеме выборки  $n$  и заданном уровне  $\alpha$  из таблиц, приведенных в [17], определяется табличное значение величины  $h$  (квантиль  $\beta$ -распределения), которое в последующем сравнивается с  $u_1$  и  $u_n$ . В случае соблюдения неравенств  $u_1 \geq h$ ,  $u_n \geq h$  первый и последний элементы выборки считаются аномальными и могут быть исключены из ряда наблюдений. Далее процедура проверки результатов наблюдений на аномальность повторяется в той же последовательности, однако при этом в качестве проверяемых берутся следующие первый и последний элементы выборки, которые ранее закрывались исключенными элементами. Таким образом, процедура повторяется до тех пор, пока не будут соблюдаться следующие неравенства:  $u_1 < h$ ,  $u_n < h$ . Отметим также, что в каждом случае отбрасывания аномальных результатов производится пересчет статистических оценок – среднего арифметического, оценки дисперсии, среднего квадратического выборки.

В ряде случаев, когда определены предварительно частоты, для определения  $\bar{x}$  и  $S^2$  возможно использовать иные выражения, снижающие трудоемкость вычислений. Среднее арифметическое (оценка математического ожидания) вычисляется по выражению

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^k x_i n_i, \quad (2.10)$$

где  $x_i$  –  $i$ -й вариант для дискретной случайной величины или середина интервала  $x_i = (x_{i-1} + x_i)/2$  для непрерывной случайной величины;

$n_i$  – частота  $i$ -го варианта или интервала;

$k$  – количество вариантов или интервалов.

*Выборочная дисперсия* – статистическая оценка дисперсии – определяется как сумма квадратов отклонений вариантов или середин интервалов от среднего арифметического, деленная на объем выборки  $n$  минус единица:

$$S^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^k (x_i - \bar{x})^2 n_i. \quad (2.11)$$

Единица, вычитаемая из объема выборки  $n$  в выражении (2.11), учитывает одну степень свободы, использованную на вычисление среднего арифметического, и позволяет получить несмещенную оценку дисперсии для случаев, когда среднее арифметическое предварительно (априорно) неизвестно.

Среднеквадратическое отклонение определяется по выражению

$$S = \sqrt{S^2}. \quad (2.12)$$

И последний, завершающий этап обработки производственной информации случайного характера – это выбор закона распределения. Данная процедура позволяет в дальнейшем не занимать долговременную память компьютеров и не хранить записи с таблицами эмпирических данных. Выбранный закон распределения представляется в удобном формульном виде и позволяет в любой момент получать теоретические (сглаженные), более широко представляющие выборку, значения случайной величины и ее статистических оценок.

Графически законы распределения интерпретируются в виде графиков плотностей распределения (дифференциальной функции) и графиков функций распределения (интегральной функции) (рис. 2.9).

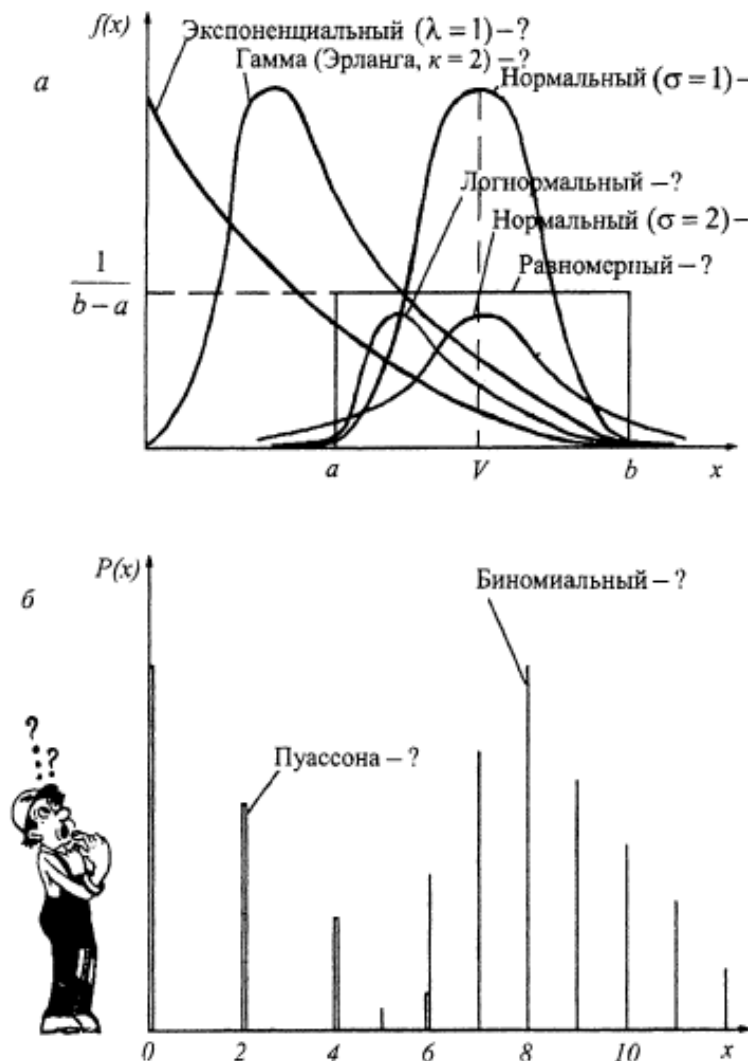


Рис. 2.9. Плотности различных законов распределения случайных величин:  
 а – непрерывных; б – дискретных

График кривой плотности распределения представляет собой предельное положение гистограммы при стремлении объема выборки  $n \rightarrow \infty$ . Поэтому в процессе выбора закона распределения для описания эмпирической выборки необходимо руководствоваться видом построенной гистограммы (для непрерывной) и многоугольника распределения (для дискретной) случайных величин, представлением физической сущности обрабатываемой случайной величины и знанием графического представления кривых плотностей известных законов распределения (рис. 2.9). Более подробно с информацией о моделировании стохастических систем и законах распределения можно познакомиться в [18, 19–21]. Пример снятия статистической неопределенности и выбор наиболее эффективных систем машин заготовки древесины в условиях этой неопределенности представлен в [22].

Поскольку законов распределения существует определенное множество, то при выборе конкретного закона и выравнивания по нему эмпирического ряда необходимо пользоваться общим алгоритмом, приведенным ниже и определяющим порядок проведения данной процедуры.

1. На основе выборочных данных определяются статистические оценки математического ожидания (среднее арифметическое), дисперсии (выборочная дисперсия), среднего квадратического отклонения, если они не определены.

2. Построение многоугольника распределения для дискретной или гистограммы для непрерывной случайной величины. Методика и правила построения многоугольников и гистограмм в частотах и частностях (относительных частотах) приведены в [20]. По оси ординат гистограмм откладываются частоты, в скобках, и соответствующие им плотности частот для гистограммы частот или частости (относительные частоты). По графической интерпретации эмпирического распределения в виде гистограммы (многоугольника) и физической сущности рассматриваемой случайной величины подбирается соответствующий закон распределения на основе сравнительного анализа графиков плотностей известных законов распределения (рис. 2.9). Следует отметить, что это не единственный путь выбора закона распределения. При соответствующем опыте или наличии априорной информации нет необходимости в построении гистограмм (многоугольников), однако при отсутствии оных без гистограмм и многоугольников не обойтись.

3. В выражение плотности выбранного закона распределения подставляют вычисленные ранее статистические оценки (среднее арифметическое, среднее квадратическое отклонение или выборочная

дисперсия) параметров (математического ожидания, дисперсии) выборки.

4. Подстановкой значений границ интервалов  $x_{i-1}$  и  $x_i$  в качестве пределов интегралов от выражения плотности выбранного закона распределения либо, используя таблицы, вспомогательных функций (функция Лапласа для нормального распределения) [20], вычисляют теоретические вероятности  $p_i$  попадания случайной величины  $x$  в соответствующий  $i$ -й интервал. Для дискретной случайной величины при вычислении  $p_i$  текущие значения  $x_i$  подставляют непосредственно в выражение плотности выбранного закона распределения. Для сопоставимости теоретической кривой с экспериментальной на гистограммах частостей и частот (многоугольниках для дискретной случайной величины) строят соответственно кривую плотности в вероятностях (посредством откладывания вычисленных значений  $p_i$  на оси ординат для  $i$ -х интервалов непрерывной случайной величины или для  $i$ -х значений вариантов дискретной случайной величины) и в теоретических частотах, которые определяются из выражения  $n'_i = np_i$  и откладываются на оси ординат гистограммы частот для  $i$ -х интервалов непрерывной случайной величины или для  $i$ -х вариантов дискретной случайной величины.

5. Проводят проверку согласия эмпирического распределения с выбранным теоретическим, где в качестве меры расхождения между теоретическим и эмпирическим распределениями может быть выбран один из следующих критериев: Колмогорова, Пирсона ( $\chi^2$ , хи-квадрат) и  $\omega^2$  (омега-квадрат).

|| Сущность перечисленных критериев согласия заключается в том, что они определяют допустимую случайную меру расхождения между теоретическим и эмпирическим распределениями. ||

Если найден закон и параметры случайной величины, то она перестает быть неизвестной. Для анализа статистическое (эмпирическое) распределение необходимо заменить теоретическим. Теоретическое распределение свободно от тех случайных колебаний, которые наблюдаются в статистических распределениях вследствие ограниченного числа наблюдений и других погрешностей. Однако как бы хорошо ни была подобрана теоретическая кривая распределения, между нею и статистическим распределением неизбежны некоторые расхождения. Возникает вопрос: объясняются ли эти расхождения только случайными обстоятельствами, связанными с ограниченным

числом наблюдений в статистическом ряду, или расхождения являются существенными и связаны с неправильным выбором теоретического закона распределения?

Процедура оценки расхождения напоминает ситуацию, когда покупатель, взяв костюм при его предполагаемой покупке, находится в стадии его примерки и принятия решения относительно покупки. При проведении проверки на согласие необходимо соблюдение ряда условий: исследуемая выборочная совокупность должна быть однородна, т. е. наблюдения случайной величины должны проводиться в одинаковых условиях; для критериев Колмогорова и Пирсона объем выборки должен быть не менее 100, для  $\omega^2$  не менее 50; приборы и инструменты, фиксирующие наблюдаемую случайную величину, должны иметь цену деления не более 0,2 предполагаемой величины среднего квадратического отклонения исследуемого распределения. Схема применения критерия А. Н. Колмогорова следующая: строятся статистическая и предполагаемая теоретическая функции распределения случайной величины и определяется максимум модуля разности между ними  $R$  (рис. 10).

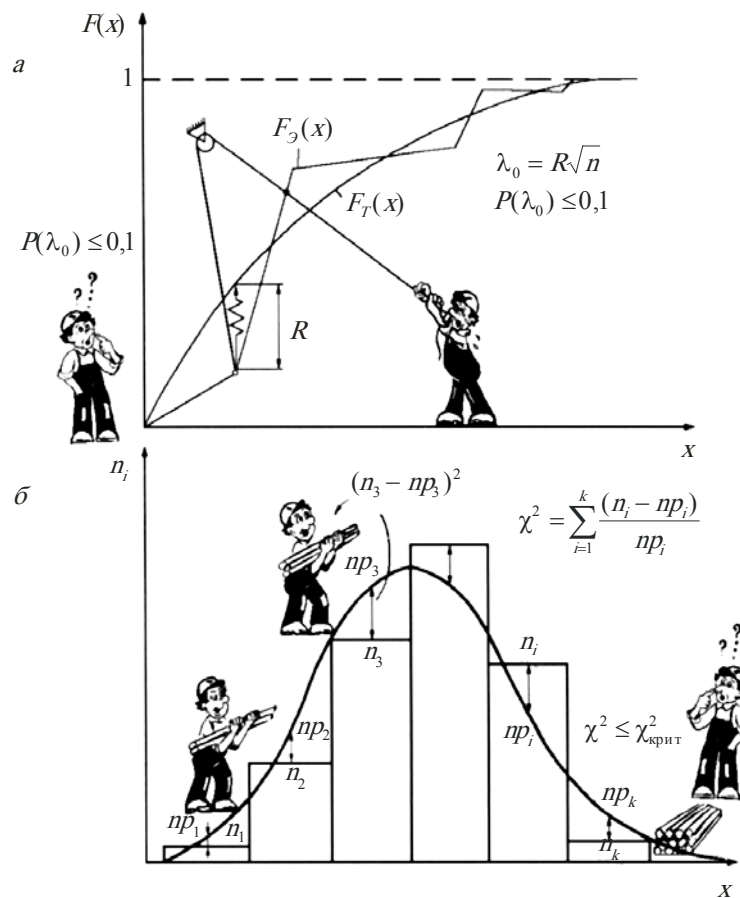


Рис. 2.10. Графическая интерпретация критериев:  
а – Колмогорова; б – Пирсона

Далее определяется максимальное значение модуля разности (рис. 2.10, *a*) между эмпирической функцией распределения  $F_3(x)$  и теоретической  $F_m(x)$ :

$$R = \max |F_3(x) - F_m(x)| \quad (2.13)$$

$$\text{и величина } \lambda_0 = R\sqrt{n}. \quad (2.14)$$

Далее по табл. 2.1 определяют вероятность  $p(\lambda_0)$

Таблица 2.1

Вероятность  $p(\lambda_0)$

$\lambda_0$	$p(\lambda_0)$	$\lambda_0$	$p(\lambda_0)$	$\lambda_0$	$p(\lambda_0)$	$\lambda_0$	$p(\lambda_0)$
0,0	1,000	0,5	0,964	1,0	0,270	1,5	0,022
0,1	1,000	0,6	0,864	1,1	0,178	1,6	0,012
0,2	1,000	0,7	0,711	1,2	0,112	1,7	0,002
0,3	1,000	0,8	0,544	1,3	0,068	1,8	0,003
0,4	0,997	0,9	0,393	1,4	0,040	1,9	0,002

Это есть вероятность того, что если случайная величина действительно распределяется по предполагаемому закону, то за счет чисто случайных причин максимальное расхождение между теоретической и статистической функциями будет не меньше фактически полученного. Если вероятность  $p(\lambda_0)$  весьма мала, гипотезу следует отвергнуть как неправдоподобную; при сравнительно больших  $p(\lambda_0)$  ее можно считать совместимой с опытными данными. Минимальное значение  $p(\lambda_0)$  принимается равным 0,01. Однако, если точность выбора закона распределения может в последующих расчетах повлиять на надежность работы особо ответственных систем, связанных, например, с безопасностью работы людей, минимальное значение  $p(\lambda_0)$  должно быть заведомо выше.

Этот критерий применяется в случаях, когда распределение обрабатываемой случайной величины известно из априорной информации, т. е. предварительно известны вид и статистики (оценки параметров) функции распределения. Более подробно о методике применения данного критерия можно ознакомиться в [20, 21].

В тех случаях, когда предварительно неизвестны ни вид распределения, ни статистики – оценки математического ожидания и дисперсии, используется более мощный критерий согласия – критерий Пирсона (хи-квадрат):

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \left[ \frac{(n_i - np_i)^2}{np_i} \right] \quad \text{или} \quad \chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(F_i - f_i)^2}{f_i}, \quad (2.15)$$

где  $n_i$  ( $F_i$ ) – количество элементов выборки, попавших в  $i$ -й интервал для непрерывной случайной величины (частота  $i$ -го интервала) или количество элементов  $i$ -го варианта для дискретной случайной величины (частота  $i$ -го варианта);

$n$  – объем выборки;

$k$  – количество интервалов или вариантов;

$p_i$  – теоретическая вероятность для  $i$ -го варианта или интервала (вычисляется для каждого интервала или варианта по формуле плотности принятого закона распределения);

$f_i = np_i$  – значения частоты теоретического распределения.

Графическая интерпретация критерия представлена на рис. 2.10, б.

Проверка согласия выбранного закона распределения с эмпирическим проводится в следующей последовательности:

а) определяется  $\chi^2$  критерий по выражению (2.15);

б) определяется число степеней свободы  $r = k - c - 1$ , где  $c$  – количество параметров (оценки математического ожидания, дисперсии), вычисленных на основе эмпирического распределения и подставленных в выражение плотности выбранного закона распределения;

в) задается уровень значимости  $\alpha$  (обычно в отрасли  $\alpha$  принимают равным 0,05) и с помощью таблиц для  $\chi^2$ -распределения [20] определяется табличная величина  $\chi^2_{\text{крит}}$ , характеризующая предельную величину расхождения для данного числа степеней свободы  $r$  и уровня значимости  $\alpha$ .

г) если  $\chi^2 \leq \chi^2_{\text{крит}}$ , то гипотеза о согласии выбранного закона распределения принимается, в противном случае отвергается, и в дальнейшем необходимо рассматривать какой-либо другой закон распределения с той же самой процедурой проверки его согласия.

### 2.3.2. Обработка статистических данных в среде STATISTICA

Изложенные выше теоретические положения и методики обработки стохастической информации, полученной в ходе различных экспериментов, реализуются в различных математических программных средах. К ним относятся Mathcad, Maple, в какой-то мере Excel и другие. Однако перечисленные среды лишь частично используют методики статистических процедур обработки случайной величины и определения статистических зависимостей. Так, например, в них не предусмотрена возможность сравнения теоретического распределения с эмпирическим и соответственно выбор или подгонка наиболее подходящего распределения к реальным данным.

Полностью отвечают требованиям ГОСТа по обработке статистических данных лишь специализированные программные среды, например STATGRAPHICS или STATISTICA [23]. Наибольшее распространение в обработке статистических результатов получила последняя из названных сред. Поэтому далее приводится пример компьютерной обработки и выбора закона распределения в среде STATISTICA.

TEXT VALU	1
	ВР ЦИКЛА
35	17,500
36	430,000
37	15,000
38	31,000
39	20,000
40	27,000
41	22,000
42	17,000
43	22,000
44	16,000
45	25,000
46	14,000
47	19,500
48	18,000
49	37,000
50	16,500
51	16,000
52	22,000
53	18,000
54	17,000
55	18,000
56	21,000
57	13,500
58	31,000
59	21,000
60	37,000
61	15,500
62	21,000
63	33,000
64	17,000
65	16,000
66	25,000
67	18,000
68	19,000
69	21,000
70	17,000
71	21,000

TEXT VALU	1
	ВР ЦИКЛА
35	14,000
36	14,000
37	14,000
38	14,000
39	14,000
40	14,000
41	14,500
42	15,000
43	15,000
44	15,000
45	15,000
46	15,000
47	15,000
48	15,500
49	16,000
50	16,000
51	16,000
52	16,000
53	16,000
54	16,000
55	16,000
56	16,000
57	16,000
58	16,000
59	16,000
60	16,000
61	16,000
62	16,000
63	16,500
64	16,500
65	16,500
66	17,000
67	17,000
68	17,000
69	17,000
70	17,000
71	17,000

Рис. 2.11. Фрагменты выборки значений времени цикла ВПМ: слева – неупорядоченная; справа – после исключения аномальных результатов и упорядоченная

В результате наблюдений за работой ВПМ ЛП-19 получена выборка значений времени цикла объемом  $n$ , равным 192. Наблюдения проводились при запасе на гектар, равном  $275 \text{ м}^3$ , и среднем объеме хлыста, равном  $0,21 \text{ м}^3$ . Последовательность обработки наблюдений в математической программной среде STATISTICA представлена на рис. 2.11–2.14. Аномальные результаты исключаются лицом, принимающим решение (ЛПР), посредством сравнения рассчитанного им же критерия Греббса и его табличного значения при программном пересчете статистических оценок.

После исключения аномальных результатов объем выборки для рассматриваемого примера составил 187 значений. Исключению подверглись пять последних значений упорядоченного ряда. Окончательные статистические оценки представлены на рис. 2.12. Здесь дан доверительный интервал  $\{19; 15; 21; 46\}$  для среднего равного 20,3, минимальное (3) и максимальное (47) времени цикла в выборке, а также СКО, равное 8,02.

На рис. 2.13 представлены разбивка на восемь интервалов, заданная ЛПР (STATISTICA может также выполнять разбивку на интервалы без вмешательства ЛПР) и частоты соответствующих интервалов (по каждому

и накопленные) в абсолютном и процентном выражении. Процентное выражение частот, деленное на сто, является частотой.

Continue...	Valid N	Mean	Confid. -95,000%	Confid. +95,000%	Minimum	Maximum	Std. Dev.	Standard Error
	187	20,30481	19,14848	21,46115	3,000000	47,00000	8,015317	,586138

Рис. 2.12. Значения статистических оценок выборки

Процедура этапов построения гистограммы, таблиц вычисления значений теоретических и эмпирических частот для расчета критерия Пирсона, гистограммы и кривой плотности наиболее подходящего закона распределения, окна задания количества интервалов (категорий) и их границ представлена на рис. 2.14. Английский текст на рисунке преобразован с авторской редакцией в русский.

Границы интервал	Частота	Кумуляч Частота	Частота в %	Кумулятив частота в %
3,00000<=x<9,00000	9	9	4,81283422	4,8128342
9,00000<=x<15,0000	30	39	16,04278075	20,8556150
15,0000<=x<21,0000	70	109	37,43315508	58,2887701
21,0000<=x<27,0000	44	153	23,52941176	81,8181818
27,0000<=x<33,0000	20	173	10,69518717	92,5133690
33,0000<=x<39,0000	7	180	3,74331551	96,2566845
39,0000<=x<45,0000	5	185	2,67379679	98,9304813
45,0000<=x<51,0000	2	187	1,06951872	100,0000000
Missing	0	187	0,00000000	100,0000000

Рис. 2.13. Таблица границ интервалов и частот в абсолютном и процентном выражениях

По результатам компьютерной подгонки теоретического распределения к эмпирическому определено: выбранный закон – нормальный, критерий согласия (хи-квадрат) равен 15,626 при уровне значимости  $\alpha = 0,001$  (среда вместо  $\alpha$  выводит обозначение  $p$ ) и числе степеней свободы  $cc = 5$  (этот показатель откорректирован авторами, среда представляет число связанных степеней, равное трем). Далее достаточно сравнить полученные значения хи-квадрат критерия при  $\alpha = 0,001$  с табличным [20], равным 18,5, и принять гипотезу о приемлемости нормального распределения. Более эффективно сравнивать на предмет подбора несколько распределений между собой. Эта возможность весьма быстро реализуется в среде STATISTICA.

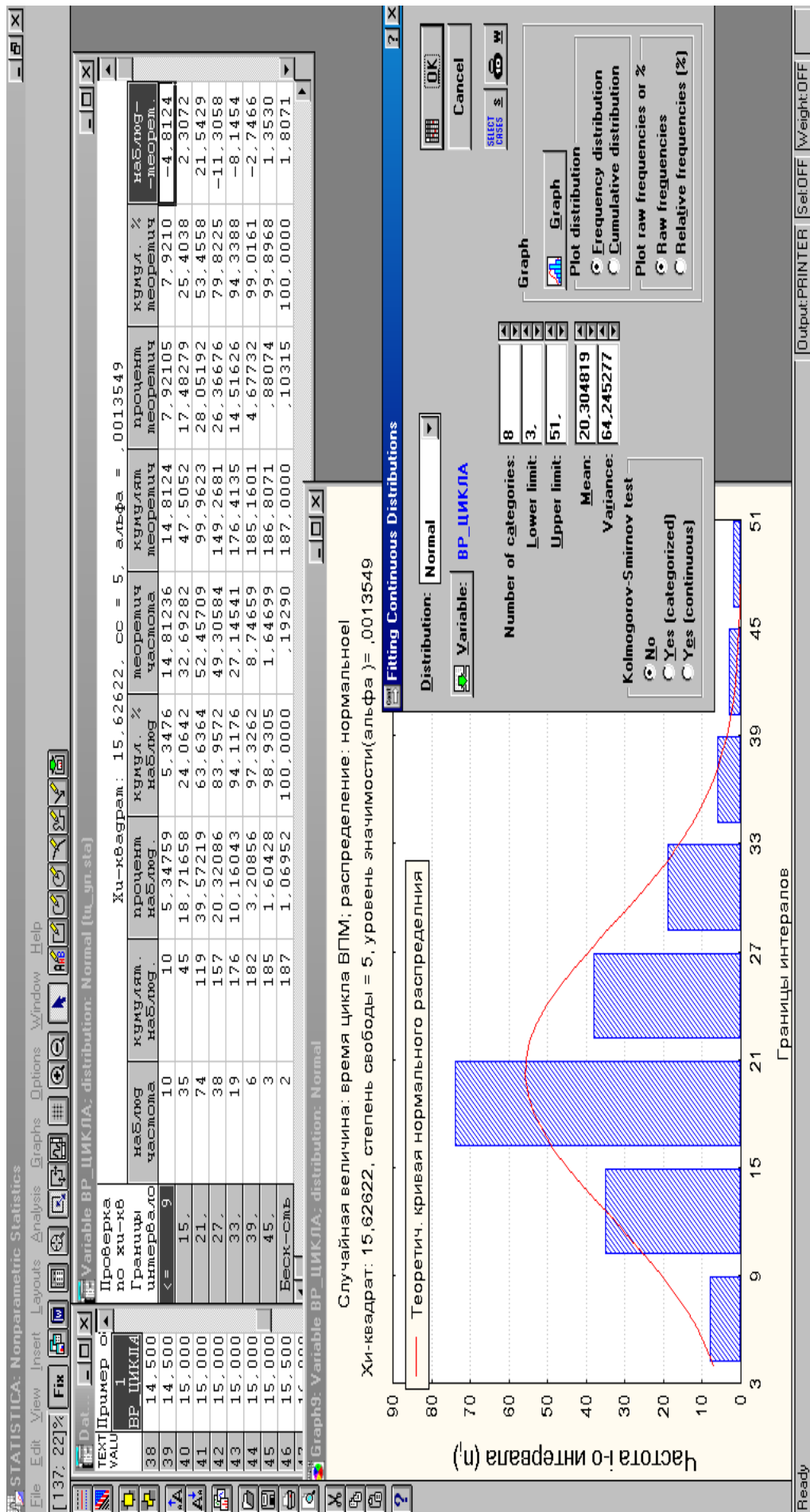
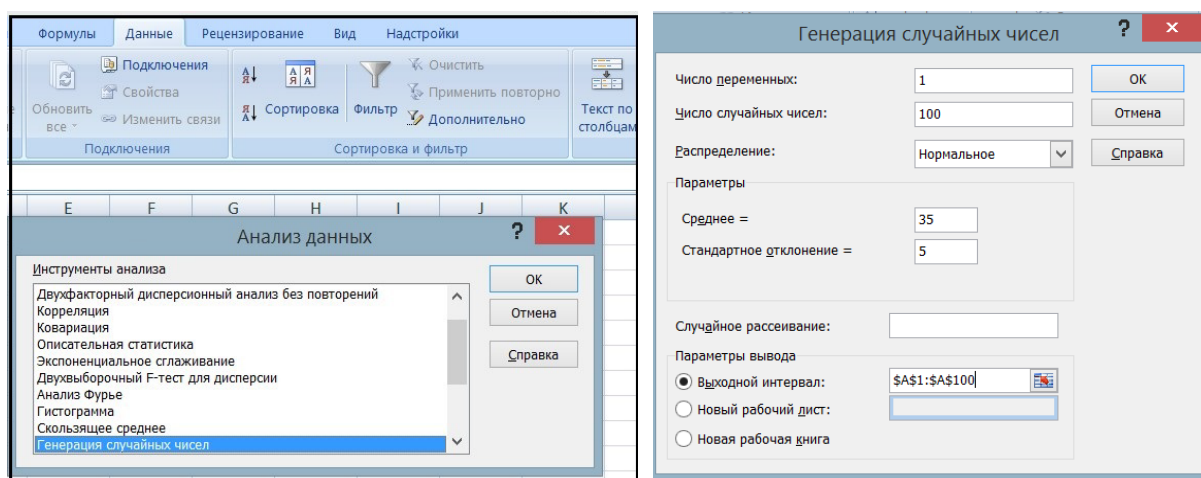


Рис. 2.14. Результаты подбора нормального распределения к эмпирической выборке

## 2.3.3. Алгоритм и пример практической работы по выбору закона распределения диаметра среза дерева в среде STATISTICA

### Последовательность шагов алгоритма

1. Генерация выборки на основе заданных значений среднего и дисперсии для случайной величины диаметра среза дерева в среде Excel. Например, 100 значений при среднем  $D_{cp} = 35$  см, дисперсии  $D = 25 \text{ см}^2$  (среднее квадратическое отклонение 5 см), генерация на основе нормального распределения (рис. 2.15).



A1

	A	16	24,41034
1	33,49884	17	32,16038
2	28,61158	18	32,97976
3	36,22129	19	35,67427
4	41,38237	20	33,17254
5	40,99175	21	33,36505
6	43,66567	22	33,1488
7	24,08206	23	41,71321
8	33,82909	24	34,57358
9	40,47511	25	34,06921
10	29,5665	26	32,43396
11	31,54898	27	44,86106
12	26,54784	28	39,32836
13	25,76545	29	46,87827
14	30,11185	30	31,72547
15	31,13246	31	43,30728

Рис. 2.15. Копии экранов генерации выборки случайной величины диаметра среза дерева, включая фрагмент выборки

2. Создание нового файла (формы) и вставка в нее сгенерированных значений по функциям Copy и Paste (рис. 2.16–2.17).

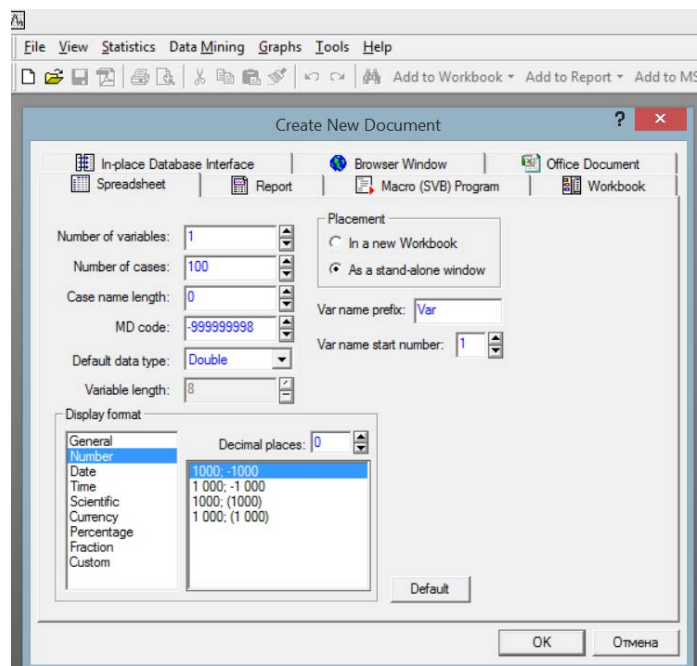


Рис. 2.16. Копия экрана создания формы, вставки выборки случайной величины диаметра среза дерева

Номер по порядку	Диаметр среза
1	33
2	29
3	36
4	41
5	41
6	44
7	24
8	34
9	40
10	30
11	32
12	27
13	26
14	30
15	31
16	24
17	32
18	33
19	36
20	33
21	33
22	33
23	42
24	35
25	34
26	32
27	45
28	39
29	47
30	32
31	43
32	27
33	38
34	40
35	45

Рис. 2.17. Вид фрагмента выборки

## 3. Упорядочивание выборки по возрастанию

На рис. 2.18, 2.18.1 подставлены копия экранов процедуры сортировки выборки по возрастанию и фрагмент значений выборки по возрастанию (рис. 2.19).

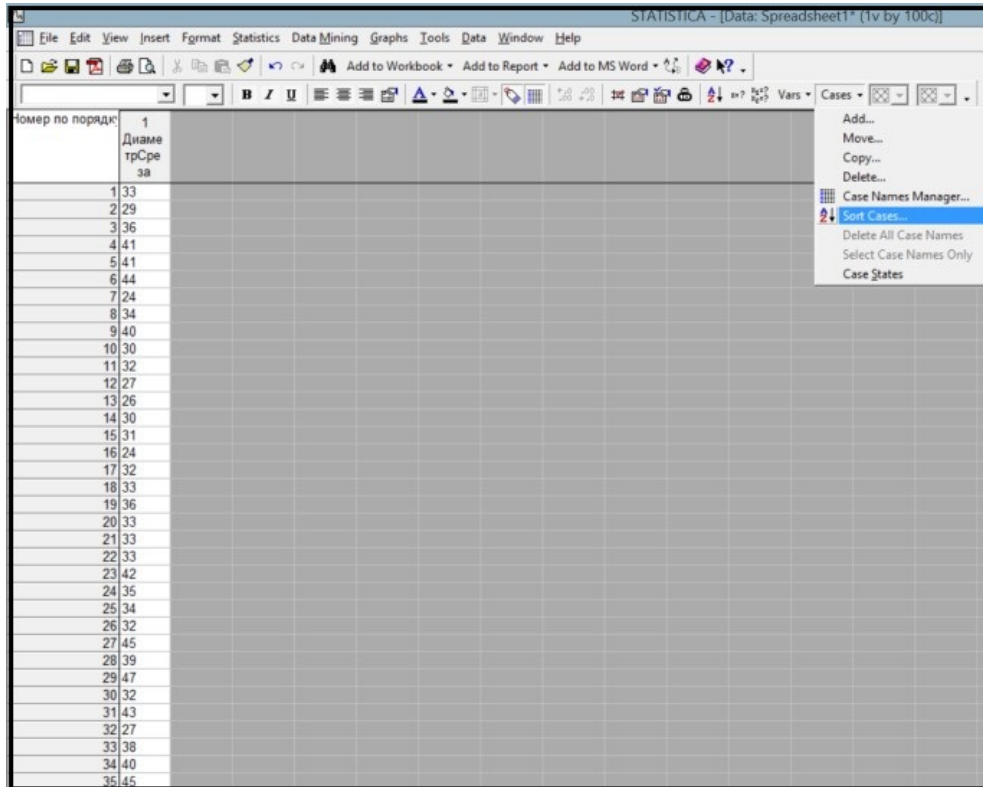


Рис. 2.18. Копия экрана процедуры сортировки

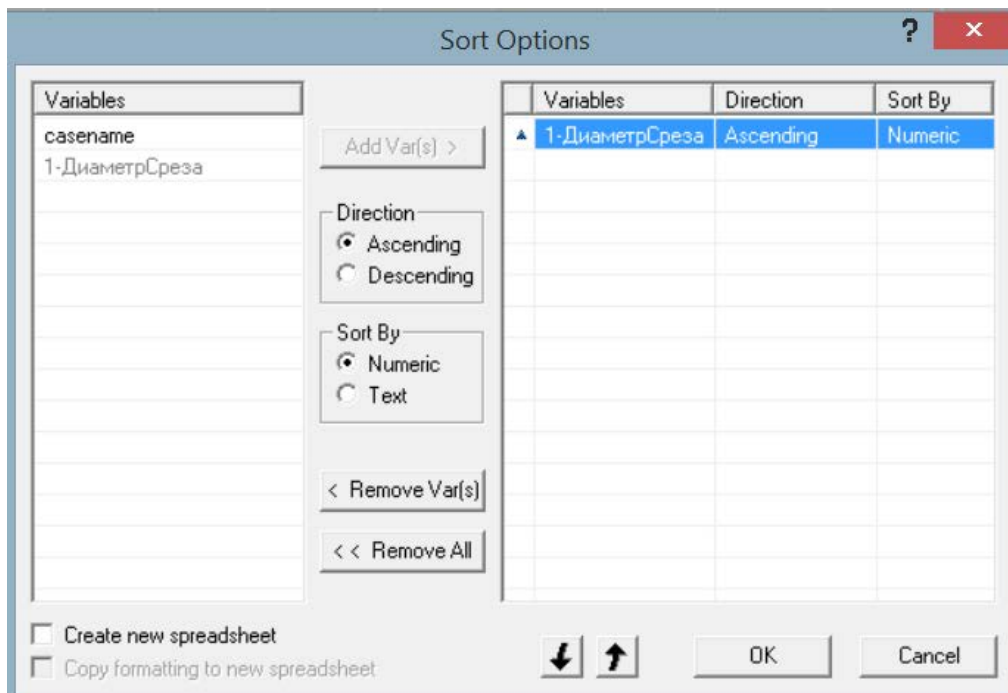


Рис. 2.18.1. Копии экранов процедуры сортировки выборки по возрастанию

Номер по порядку	ДиаметрСреза
1	22
2	24
3	24
4	26
5	26
6	26
7	27
8	27
9	27
10	27
11	28
12	28
13	29
14	29
15	29
16	29
17	30
18	30
19	30
20	30
21	30
22	30
23	30
24	31
25	31
26	31
27	31
28	31
29	32
30	32
31	32
32	32
33	32
34	32

Рис. 2.19. Фрагмент значений выборки по возрастанию

#### 4. Анализ данных функцией <Основные статистики и таблицы> (рис. 2.20).

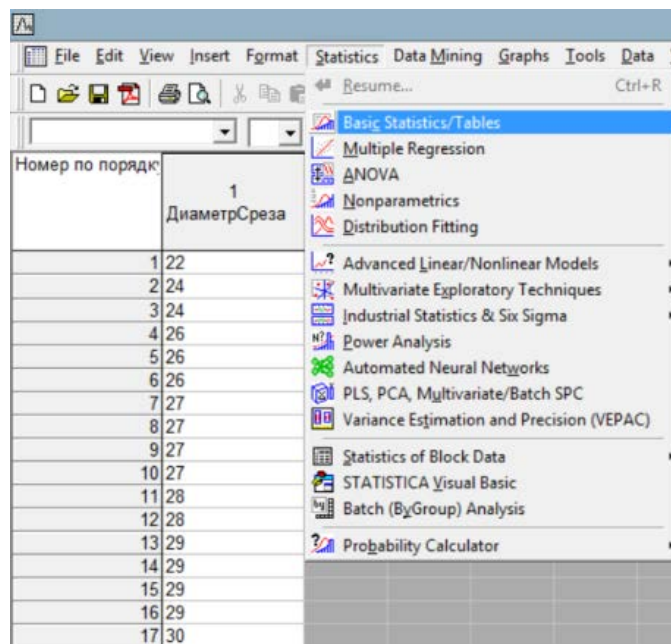


Рис. 2.20. Копия экрана использования функции <Основные статистики и таблицы>

На рис. 2.21–2.23 представлены копии экранов расчета статистических оценок.

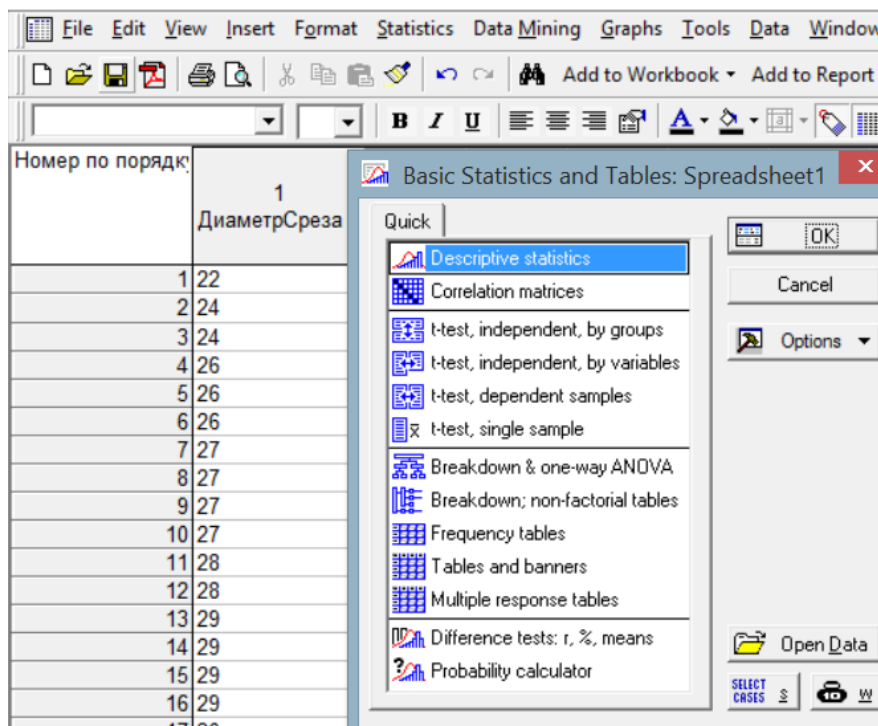


Рис. 2.21. Копия экрана выбора «Описательной статистики»

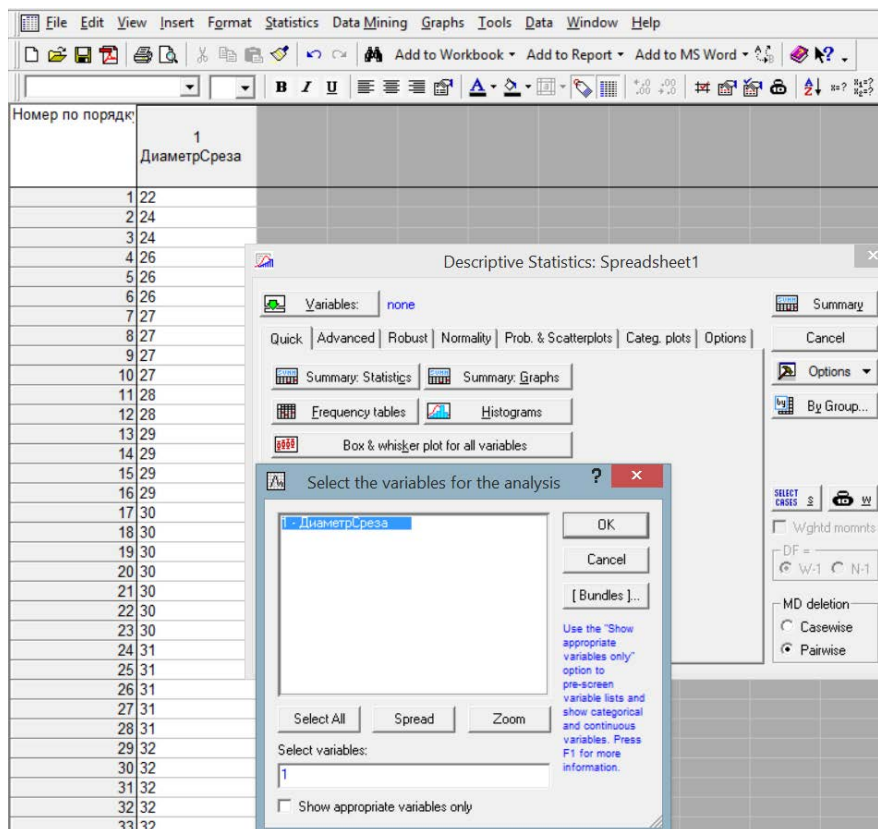


Рис. 2.22. Копия экрана выбора переменной диаметра среза дерева

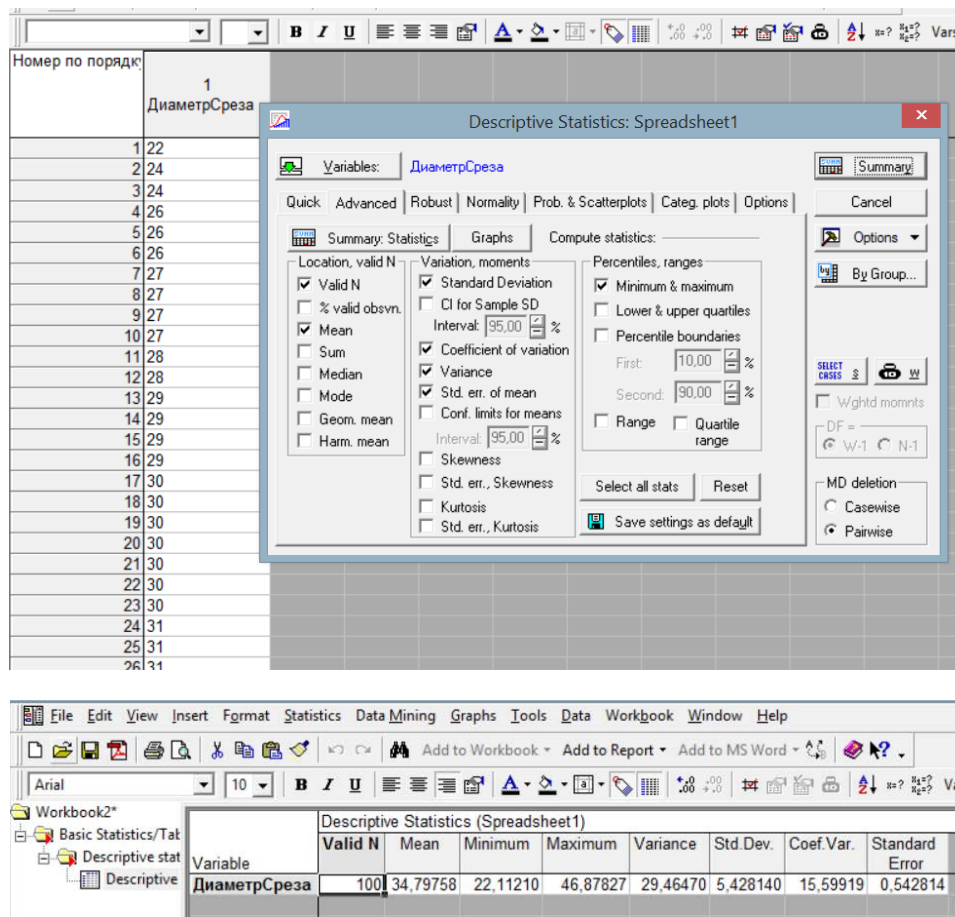


Рис. 2.23. Копия экрана задания параметров для статистического анализа и расчет статистических оценок

На рис. 2.24 представлено построение предварительной гистограммы для оценки возможной формы закона распределения.

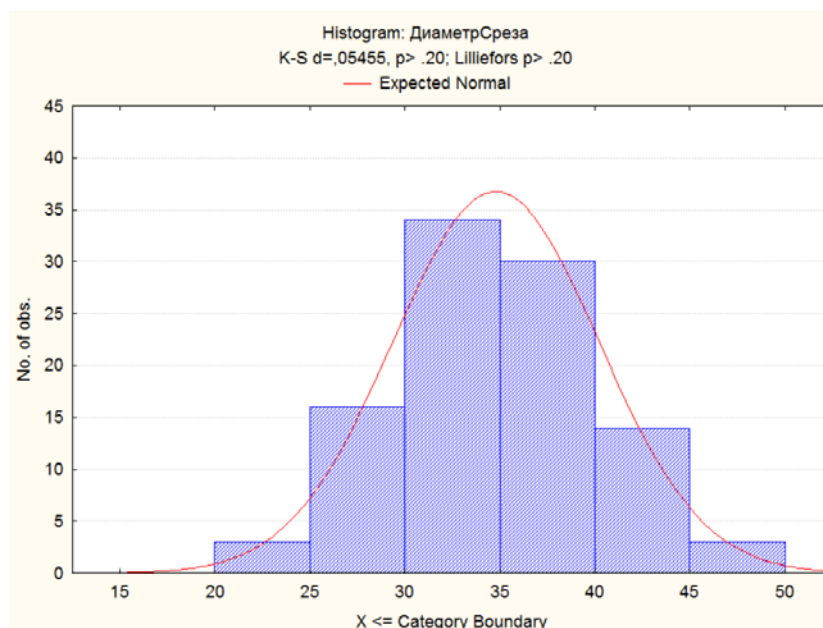


Рис. 2.24. Построение предварительной гистограммы

5. Выбор и построение закона распределения. На рис. 2.25 представлена функция «Подгонка распределений».

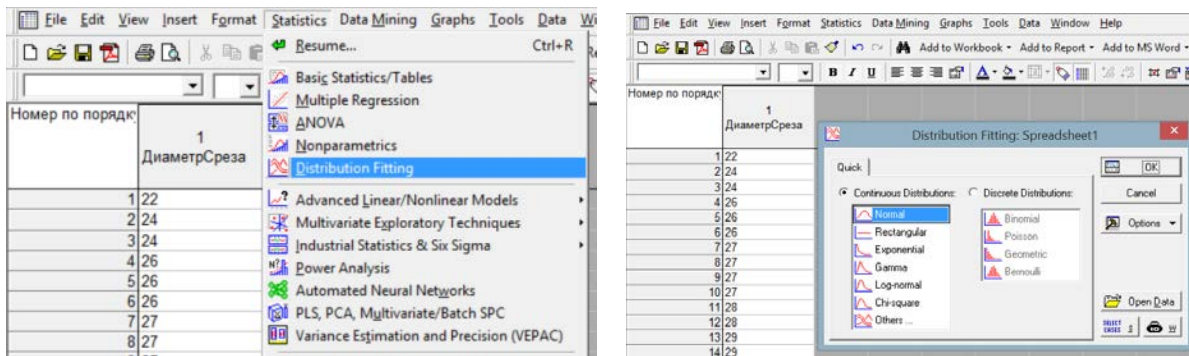


Рис. 2.25. Использование функции «Подгонка распределений»

При нажатии кнопки <Ок> появляется панель «Подгонка к непрерывным распределениям», в которой выбирается переменная диаметра среза дерева и задаются необходимые параметры (рис. 2.26).

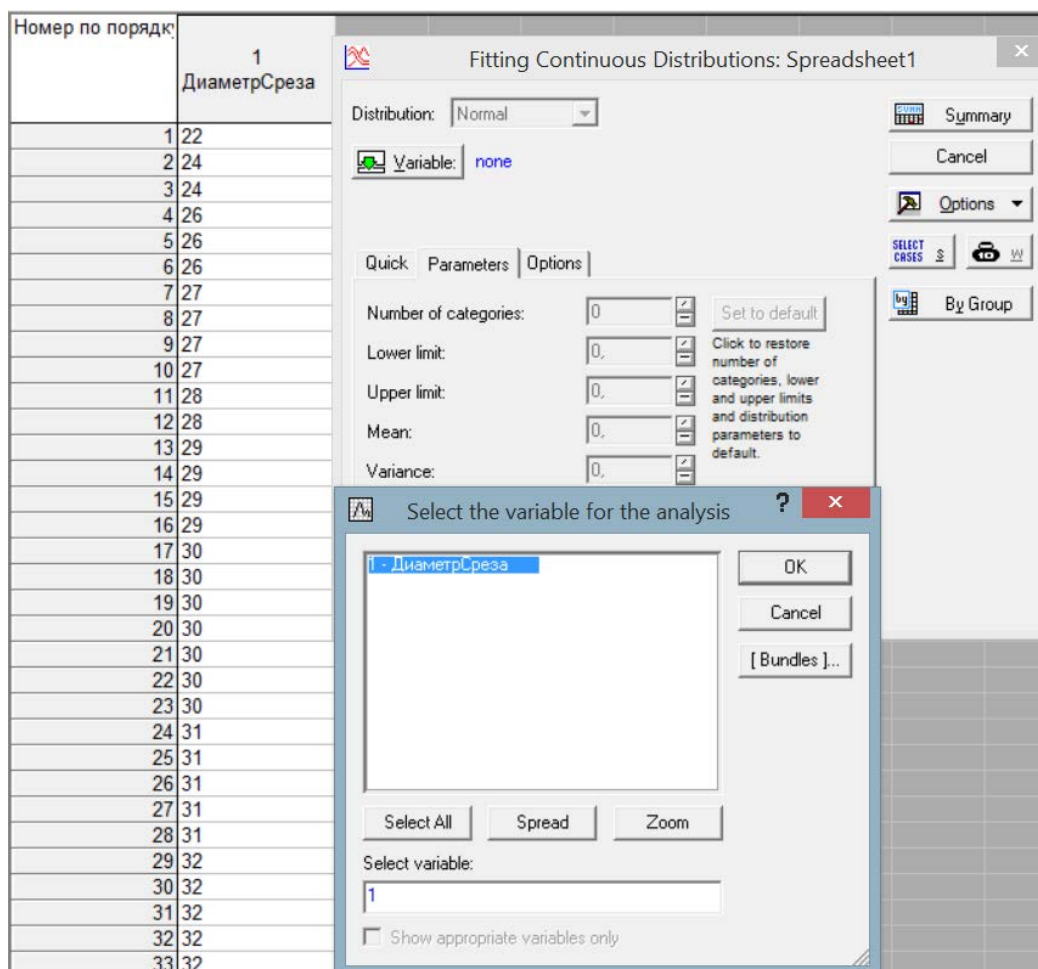


Рис. 2.26. Копия экрана выбора переменной диаметра среза дерева

Во вкладке <Quick> (рис. 2.27) нажимаем <Observed and expected distribution> (Наблюдаемые и ожидаемые частоты) и получаем таблицу данных для построения закона распределения (рис. 2.28).

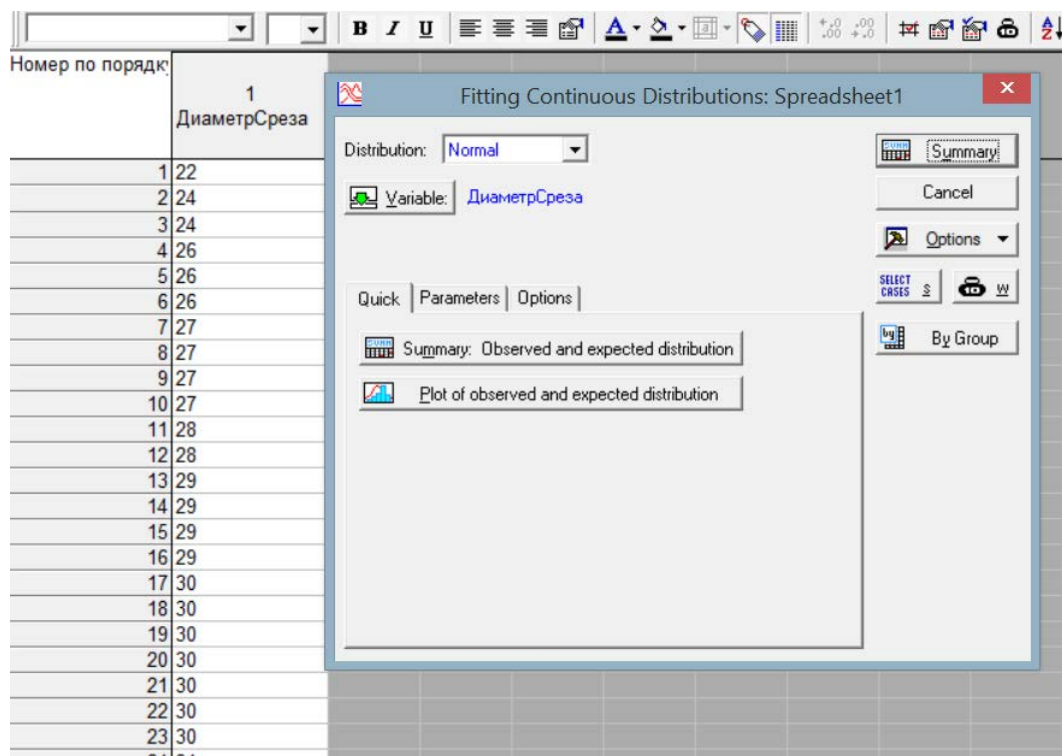


Рис. 2.27. Копия экрана перехода на вкладку <Quick>

Variable: ДиаметрСреза, Distribution: Normal (Spreadsheet1)  
Chi-Square = 3,31880, df = 7 (adjusted), p = 0,85403

Upper Boundary	Наблюдаемые частоты Frequency	Кумулятивные (накопленные) частоты Observed	Процент наблюдаемых частот по интервалам Observed	Cumul. % Observed	Теоретические (предсказанные) частоты по интервалам	Накопленные теоретические частоты Expected	Процент (доля) частот по интервалам Expected	Cumul. % Expected	Observed-Expected
<= 20,00000	0	0	0,00000	0,0000	0,32045	0,3205	0,32045	0,3205	-0,32045
22,00000	0	0	0,00000	0,0000	0,59914	0,9196	0,59914	0,9196	-0,59914
24,00000	1	1	1,00000	1,0000	1,41445	2,3340	1,41445	2,3340	-0,41445
26,00000	3	4	3,00000	4,0000	2,91969	5,2537	2,91969	5,2537	0,08031
28,00000	7	11	7,00000	11,0000	5,26958	10,5233	5,26958	10,5233	1,73042
30,00000	8	19	8,00000	19,0000	8,31598	18,8393	8,31598	18,8393	-0,31598
32,00000	13	32	13,00000	32,0000	11,47496	30,3142	11,47496	30,3142	1,52504
34,00000	16	48	16,00000	48,0000	13,84498	44,1592	13,84498	44,1592	2,15502
36,00000	12	60	12,00000	60,0000	14,60627	58,7655	14,60627	58,7655	-2,60627
38,00000	10	70	10,00000	70,0000	13,47387	72,2394	13,47387	72,2394	-3,47387
40,00000	13	83	13,00000	83,0000	10,86802	83,1074	10,86802	83,1074	2,13198
42,00000	7	90	7,00000	90,0000	7,66499	90,7724	7,66499	90,7724	-0,66499
44,00000	4	94	4,00000	94,0000	4,72687	95,4992	4,72687	95,4992	-0,72687
46,00000	4	98	4,00000	98,0000	2,54877	98,0480	2,54877	98,0480	1,45123
48,00000	2	100	2,00000	100,0000	1,20165	99,2497	1,20165	99,2497	0,79835
< Infinity	0	100	0,00000	100,0000	0,75033	100,0000	0,75033	100,0000	-0,75033

Рис. 2.28. Таблица данных для построения закона распределения

На рис. 2.29 изображена гистограмма в результате «Подгонки» нормального распределения.

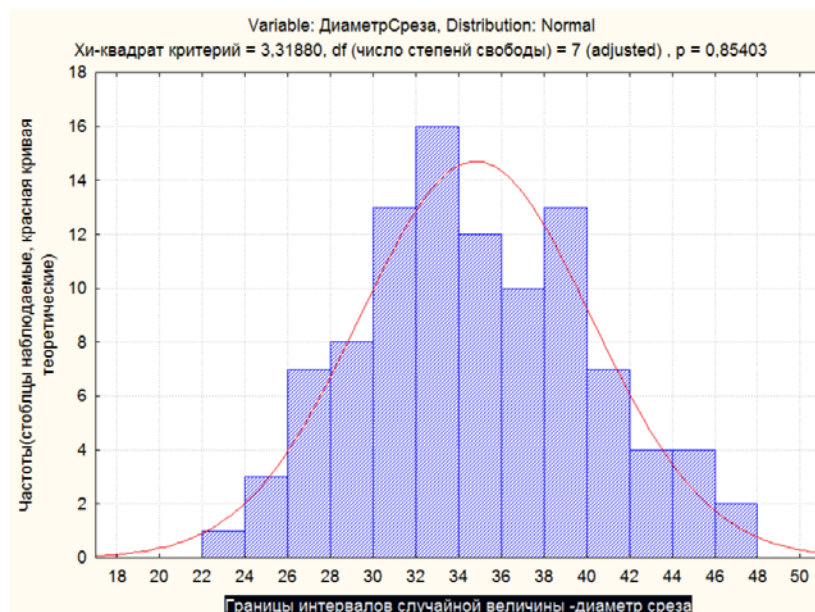


Рис. 2.29. Гистограмма нормального распределения

## Задание для самостоятельной работы

Проведите подготовку к наблюдению любой случайной величины, не требующей значительных временных затрат для обработки. В качестве случайной величины можно выбрать при нахождении на производственной или учебной практике – объем хлыста, диаметр сортимента, время цикла лесозаготовительной машины, интервалы времени между прибытиями автопоездов; при нахождении в стенах вуза или дома – времена циклов лабораторных установок, другие технологические факторы лабораторных установок и процесса их функционирования.

Определите частоты, частоты и вид случайной величины – дискретная или непрерывная.

Проведите упорядочивание и представьте ряд распределения для этого же примера.

Проведите проверку результатов наблюдений для случайной величины и данных, полученных в упражнении к разделу 2.2, на аномальность.

Вычислите среднее арифметическое, выборочную дисперсию и среднее квадратическое отклонение на основе выражений (2.10), (2.11), (2.12) для данных после исключения аномальных результатов.

Постройте гистограмму или многоугольник на основе данных, полученных в предыдущих упражнениях.


На основе гистограммы (многоугольника) и графиков плотности (см. рис. 2.9.) подберите наиболее приемлемый закон распределения.

Проведите проверку согласия выбранного закона распределения по наиболее подходящему критерию (Пирсона, Колмогорова).

## 3. ОСНОВЫ ПРОГРАММИРОВАНИЯ В СРЕДЕ LabVIEW

Среда LabVIEW – это среда разработки прикладных программ, в которой используется язык графического программирования G и не требуется написания текстов программ. Графический язык программирования G, используемый в LabVIEW, основан на архитектуре потоков данных. Последовательность выполнения операторов в таких языках определяется не порядком их следования (как в императивных языках программирования), а наличием данных на входах этих операторов. Операторы, не связанные по данным, выполняются параллельно в произвольном порядке [24]. Основное отличие от других языков программирования – это уникальное средство представления кода путем использования блок-диаграмм. Простота программы заключается в читабельности и понятности пользовательского интерфейса. Использование системы LabVIEW позволяет создавать на компьютере образы реальных измерительных приборов [25, 26].

### 3.1. Вход в среду LabVIEW

Запуск программы LabVIEW производится путем двойного клика левой кнопки мыши на значок National Instruments , расположенного на рабочем столе. Если значок на рабочем столе отсутствует, то запуск производится через панель запуска программ рис. 3.1.

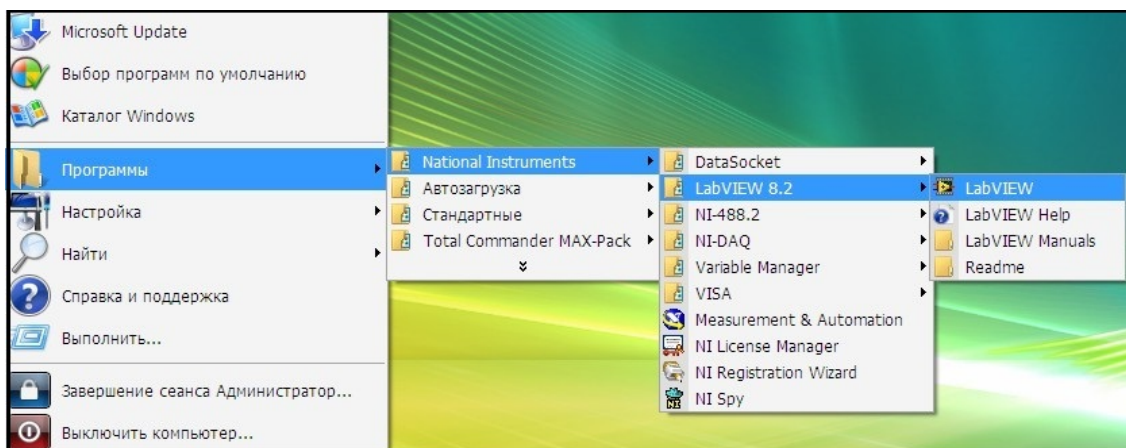


Рис. 3.1. Запуск программы LabVIEW

## 3.2. Создание нового виртуального прибора

Программы, созданные в среде LabVIEW, называются виртуальными приборами или сокращенно ВП, потому что их внешний вид и выполняемые ими функций схожи с внешним видом и функциями реальных физических приборов, таких как осциллограф или мультиметр. Среда LabVIEW содержит обширный набор инструментальных средств для сбора, анализа, представления и хранения данных, а также инструменты, помогающие отладить создаваемый код.

Написание программы в LabVIEW начинается с создания интерфейса пользователя (или лицевой панели), содержащего элементы управления и индикаторы. Примерами элементов управления являются ручки управления, кнопки, круговые шкалы и другие элементы ввода. Индикаторами являются графики, светодиодные индикаторы и другие элементы вывода. После создания интерфейса пользователя вы можете создать на блок-диаграмме код, используя другие виртуальные приборы (ВП) и структуры для управления объектами лицевой панели.

При запуске LabVIEW на экране появится окно первоначального запуска **Getting Started** (рис. 3.2). Это окно используется, когда требуется создать новый ВП, открыть созданный ранее файл LabVIEW, найти примеры или обратиться к справке. Здесь же вы можете найти дополнительную информацию и ресурсы, помогающие освоить работу в среде LabVIEW, такие как специальные руководства и разделы справочника, а также интернет-ресурсы на сайте *ni.com* компании National Instruments.

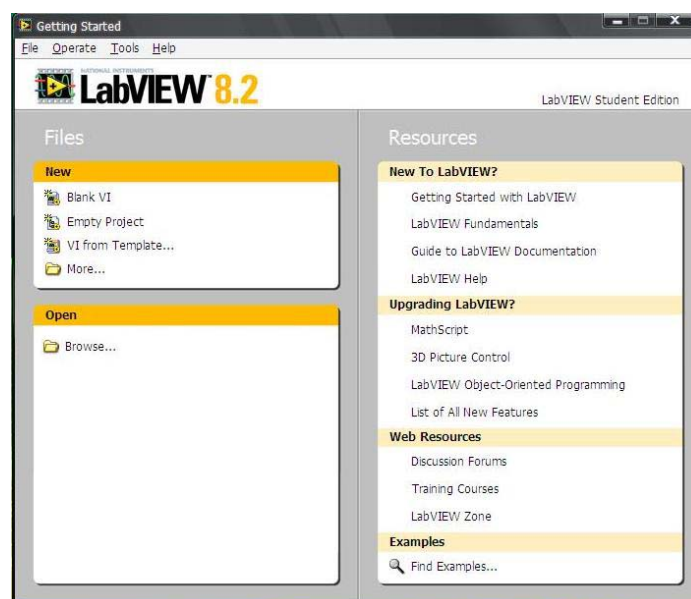


Рис. 3.2. Окно Getting Started

В LabVIEW содержатся готовые шаблоны ВП, содержащие виртуальные подприборы (под ВП), функции, структуры и объекты лицевой панели, которые могут потребоваться при создании базовых приложений для выполнения различных измерений.

## Задание для самостоятельной работы

Выполните следующие шаги для создания ВП, который генерирует сигнал и отображает его на лицевой панели.

1. Запустите LabVIEW.
2. В окне **Getting Started** щелкните по ссылке **New**, или **VI from Template** (ВП из Шаблона), чтобы появилось диалоговое окно **New**.
3. Из списка **Create New** выберите **VI → From Template → Tutorial (Getting Started) → Generate and Display** (ВП → Из шаблона → Обучение (Введение) → Генерация и Отображение).

Этот шаблон предназначен для создания ВП, который генерирует и отображает сигнал. Предварительный просмотр и краткое описание шаблона ВП можно увидеть в разделе **Description** (Описание).

На рис. 3.3 показано диалоговое окно **New** и эскиз шаблона ВП **Генерация и Отображение**. На рис. 3.4 представлены Блок-диаграмма и лицевая панель ВП **Генерация и Отображение**.

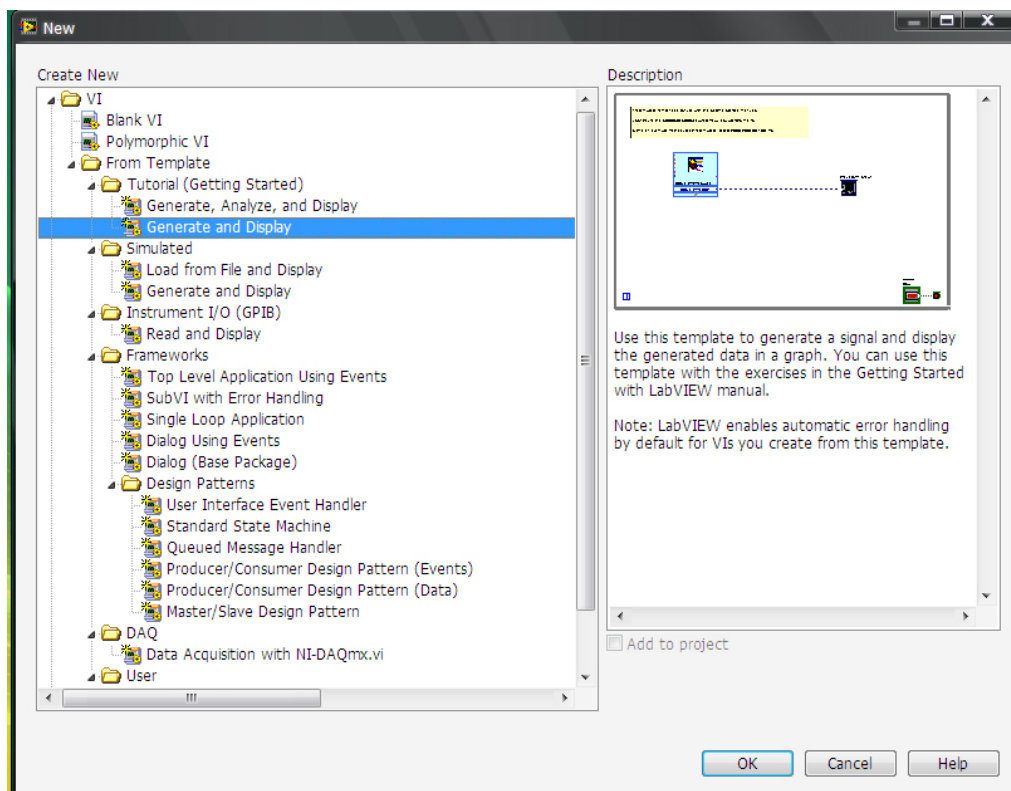


Рис. 3.3. Эскиз шаблона ВП «Генерация и Отображение»

После нажатия **Generate and Display** появятся два диалоговых окна: первое – Блок-диаграмма окна ВП (**Block Diagram**), второе – Лицевая панель ВП (**Front Panel**).

*Лицевая панель* – это интерфейс пользователя ВП. В ней используются элементы управления и индикаторы, они соответственно расположены в палитре элементов управления (**Controls Palette**). Примеры элементов управления – ручки управления, кнопки, круговые шкалы и другие элементы ввода. Они моделируют реальные устройства ввода значений и поставляют данные на блок-диаграмму ВП.

*Блок-диаграмма* содержит графический исходный код, также известный как код на языке G, который описывает работу ВП. Для управления объектами лицевой панели на блок-диаграмме используется графическое представление функций. Объекты лицевой панели имеют на блок-диаграмме вид иконок терминалов.

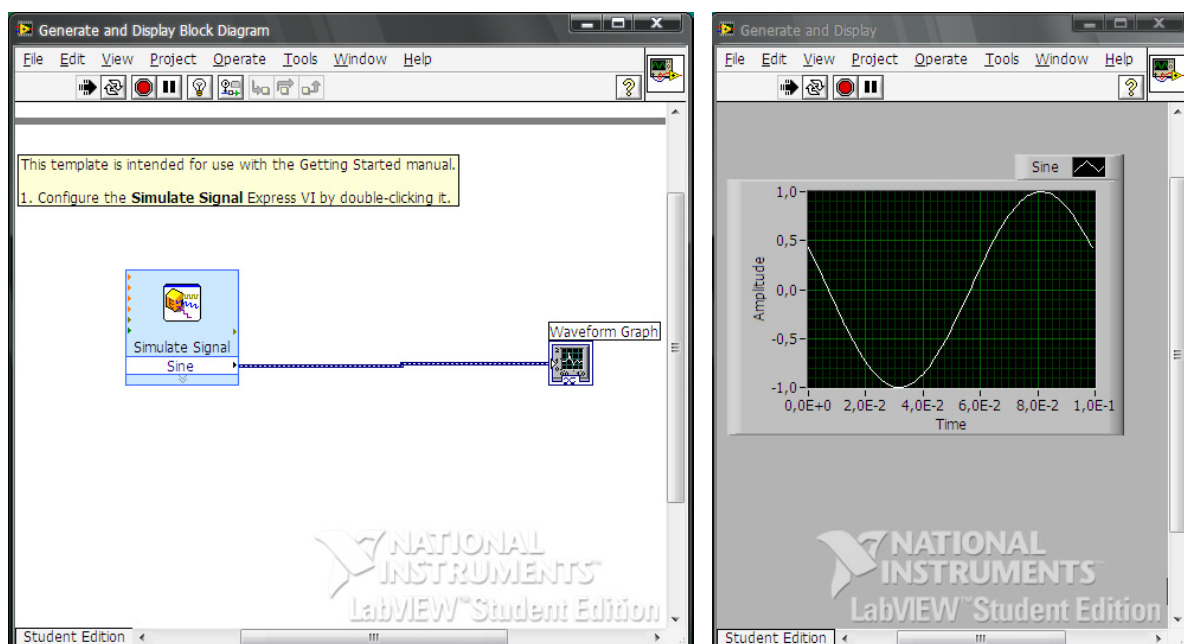


Рис. 3.4. Блок-диаграмма и лицевая панель ВП «Генерация и Отображение»

Если в шаблонах нет варианта для нужной вам задачи, то можно открыть пустой ВП и добавить в него экспресс – ВП. Для того чтобы открыть пустой ВП (**Blank VI**), нужно выполнить следующие действия.

1. В окне первоначального запуска **Getting Started** щелкните по ссылке **Blank VI** (Пустой ВП) в разделе **New** (Новый) или нажмите сочетание клавиш «Ctrl+N». Появятся пустые окна лицевой панели и блок-диаграммы.

2. Если палитра функций (Functions palette) не видна, щелкните правой кнопкой мыши в любом свободном месте блок-диаграммы. Нажмите на значок «булавки», показанный слева, в левом верхнем углу Палитры функций, чтобы закрепить палитру, и тогда она будет присутствовать постоянно (рис. 3.5).

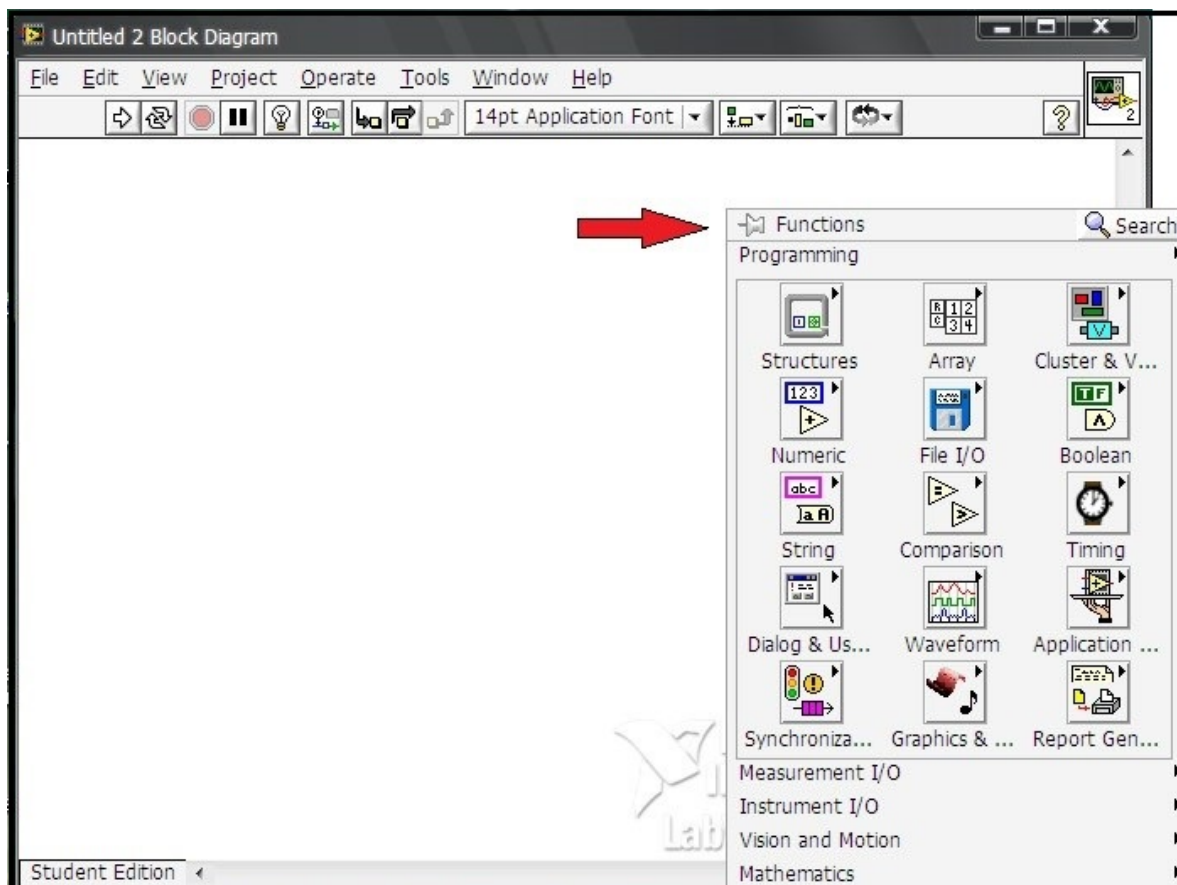


Рис. 3.5. Отображение палитры функций

Пустой ВП можно открыть также, если выбрать меню **File** → **New VI** (Файл → Новый ВП) или **File** → **New** (Файл → Новый) и выбрать **Blank VI** (Пустой ВП) из списка **Create New** (Создать новый).

### 3.3. Сбор и запись экспериментальных данных

Сбор данных (**Data Acquisition – DAQ**) упрощенно можно определить как процесс измерения реального сигнала, например электрического напряжения, и передачи этой информации в компьютер для обработки, анализа, преобразования и хранения.

На рис. 3.6 показаны компоненты типичной системы сбора данных. Физические явления – это сигналы, которые мы пытаемся

измерить: скорость, температура, влажность, давление, текучесть, рН, пространственное положение, радиоактивность, интенсивность света, напряжение, мощность и т. д. Датчики воспринимают действие физических явлений и преобразуют их в электрические сигналы согласно определенным пропорциям. Например, ваттметр преобразует значения мощности в аналоговый выход (сила тока), который может быть измерен при помощи аналого-цифрового преобразователя (АЦП). В каждом случае электрический сигнал напрямую связан с явлением, которое воспринимается датчиком.



Рис. 3.6. Схема сбора данных

Для взаимодействия с датчиками LabVIEW управляет многофункциональными платами ввода/вывода, чтобы считать аналоговые входные сигналы или сформировать аналоговые выходные сигналы, считать и записать цифровые сигналы, может также запрограммировать встроенные в DAQ-платы счетчики для измерения частоты сигналов или генерации последовательности импульсов и т. д. Например, аналоговый входной сигнал (электрическое напряжение) поступает с датчика на установленную в компьютер плату ввода/вывода, которая преобразует напряжение в код и отправляет эту информацию в память для обработки, хранения и других операций.

## Сбор данных и USB

Наиболее распространенным средством обмена информацией между компьютером и периферийным устройством является USB порт. USB присутствует во всех компьютерах и обеспечивает гораздо большую, по сравнению с последовательным портом, скорость передачи данных. Возможность организации сбора данных и передачи их в компьютер по интерфейсу USB особенно востребована для переносных систем на базе ноутбука, не имеющего PC I разъема для платы. В настоящее время компания National Instruments предлагает широкий спектр устройств, обеспечивающих организацию системы автоматизации с подключением по USB. Устройства сбора данных начинаются от экономичной серии (USB-6008 – 10 кГц, 12 бит, 8 каналов) до устройств серии M со внешним питанием (USB-6259 – 1,25 МГц, 16 бит) и до высокопроизводительных серии X (USB-6366 – 16 МГц, 16 бит). Эти устройства позволяют подключить к одному порту только одно многофункциональное устройство. Для подключения нескольких плат (аналогового, цифрового сбора данных и генерации) предназначено шасси.

CompactDAQn имеет около 50 различных специализированных модулей. Все эти приборы поддерживаются драйверами и средствами NI (рис. 3.7).



Рис. 3.7. Устройства сбора данных

Наиболее полный набор оборудования National Instruments для систем измерения, обработки данных и управления экспериментом представлен на сайте [ni.com/russia](http://ni.com/russia).

## Выбор частоты дискретизации в LabVIEW

Одной из важнейших характеристик ввода аналоговых сигналов, выполняемых измерительной системой, является частота, с которой дискретизируется входной сигнал. Частота дискретизации, которая задается для функций NI-DAQmx, определяет, как быстро осуществляется аналого-цифровое преобразование. При высокой частоте дискретизации входного сигнала собирается больше отсчетов в течение заданного интервала времени и это дает лучшее представление об исходном сигнале, чем при низкой частоте дискретизации [25].

Для управления процессом измерения сигналов используется аппаратная синхронизация, при которой частоту измерений задает тактовый генератор устройства сбора данных USB 6008.

## Получение сигнала и создание DAQmx задачи

Для получения сигнала необходим инструментальный драйвер DAQmx (драйвер сбора данных) и поддерживаемое им устройство сбора данных. Нами будет использоваться устройство сбора данных USB 6008.

Для решения общих измерительных задач используются экспресс ВП (**Express VI**), которые представляют собой узлы с минимальным числом соединений, поскольку пользователь может сконфигурировать их с помощью диалоговых окон (рис. 3.8).

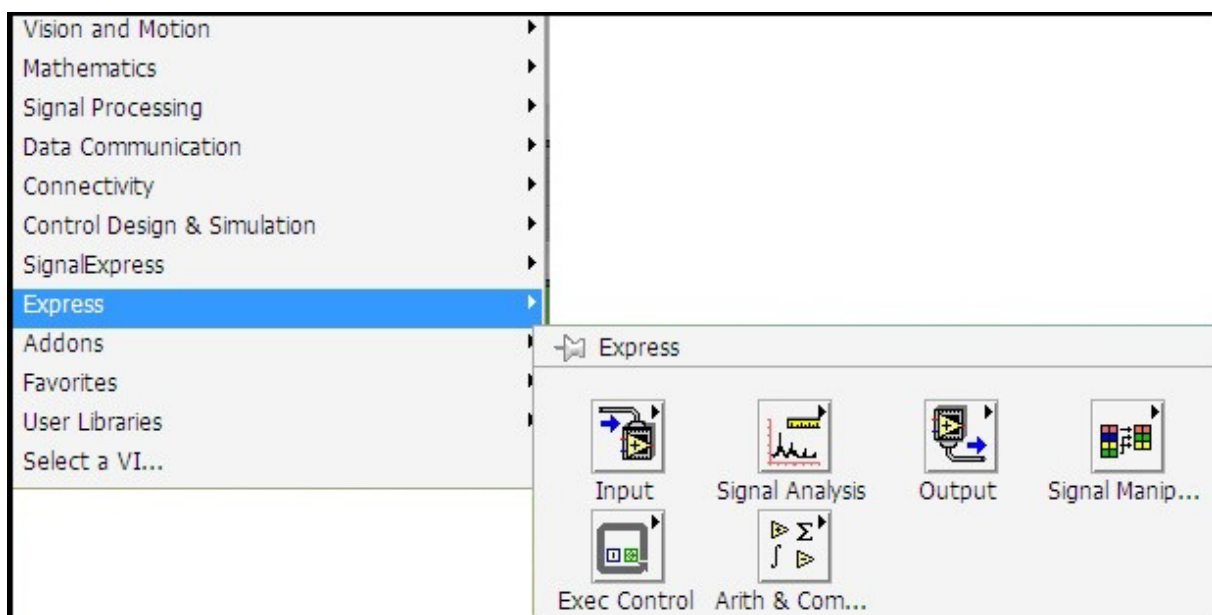


Рис. 3.8. Диалоговые окна экспресс ВП

Входы и выходы экспресс ВП зависят от того, как его предполагается настроить. На блок-диаграмме экспресс ВП имеет вид растяжимого узла с иконкой (рис. 3.9).

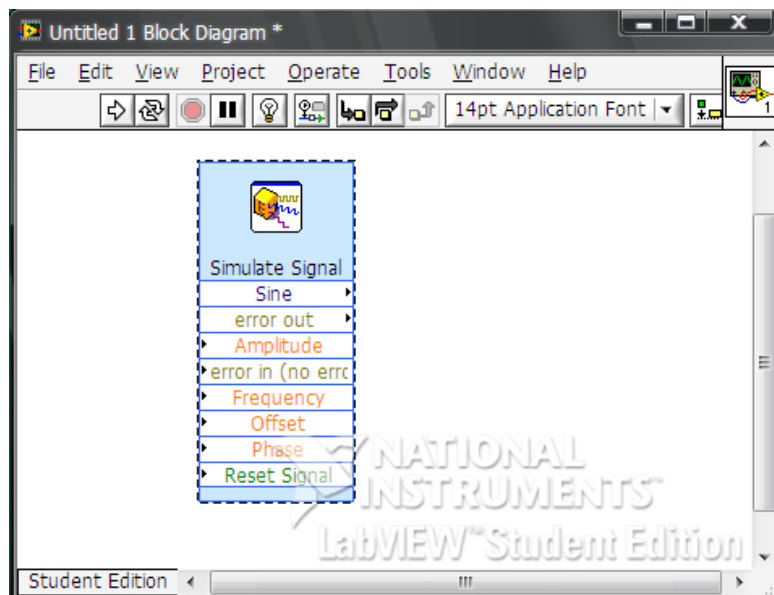


Рис. 3.9. Блок-диаграмма симуляции сигнала

Каждый экспресс ВП является самостоятельным блоком, состоящим из стандартных функций LabVIEW, и все что нужно для его функционирования – ввести несколько параметров и проставить нужные флажки в диалоговом окне (рис. 3.10).

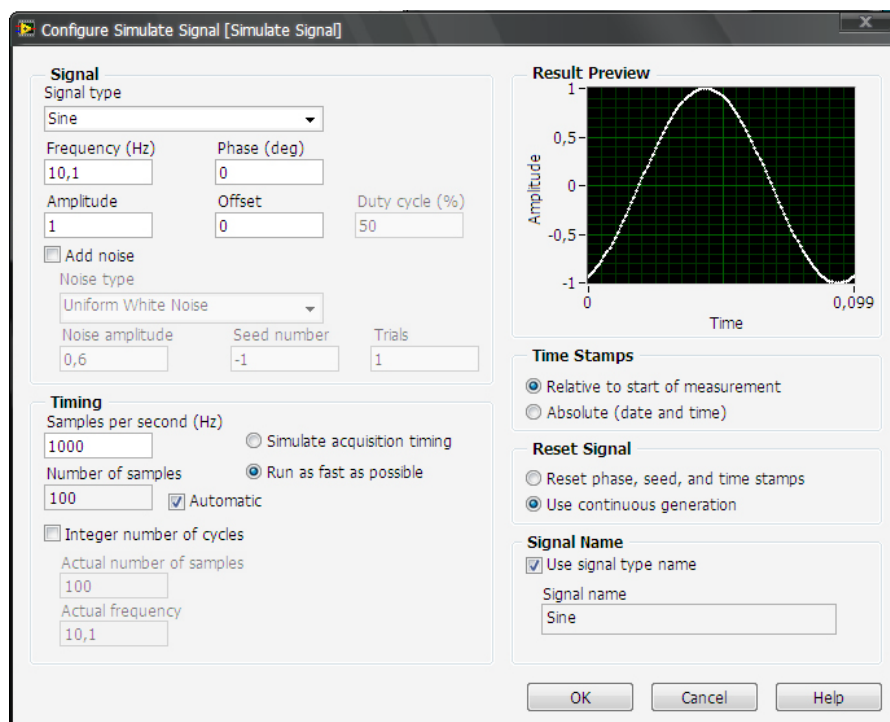


Рис. 3.10. Диалоговое окно блок-диаграммы симуляции сигнала

## Задание для самостоятельной работы

Для создания задачи, которая считывает уровень напряжения с помощью DAQ устройства, нужно выполнить действия, представленные ниже.

1. Откройте новый ВП.
2. На блок-диаграмме в палитре функций выберите **Express** → **Input**.
3. В подпалитре **Input** выберите экспресс ВП DAQ Assistant, показанный слева, и поместите его на блок-диаграмму. После этого запустится помощник по сбору данных DAQ Assistant и на экране появится диалоговое окно **Create New** (Создать Новый).
4. Щелкните на **Analog Input** (Аналоговый ввод), чтобы отобразить опции ввода аналоговых сигналов (рис. 3.11).

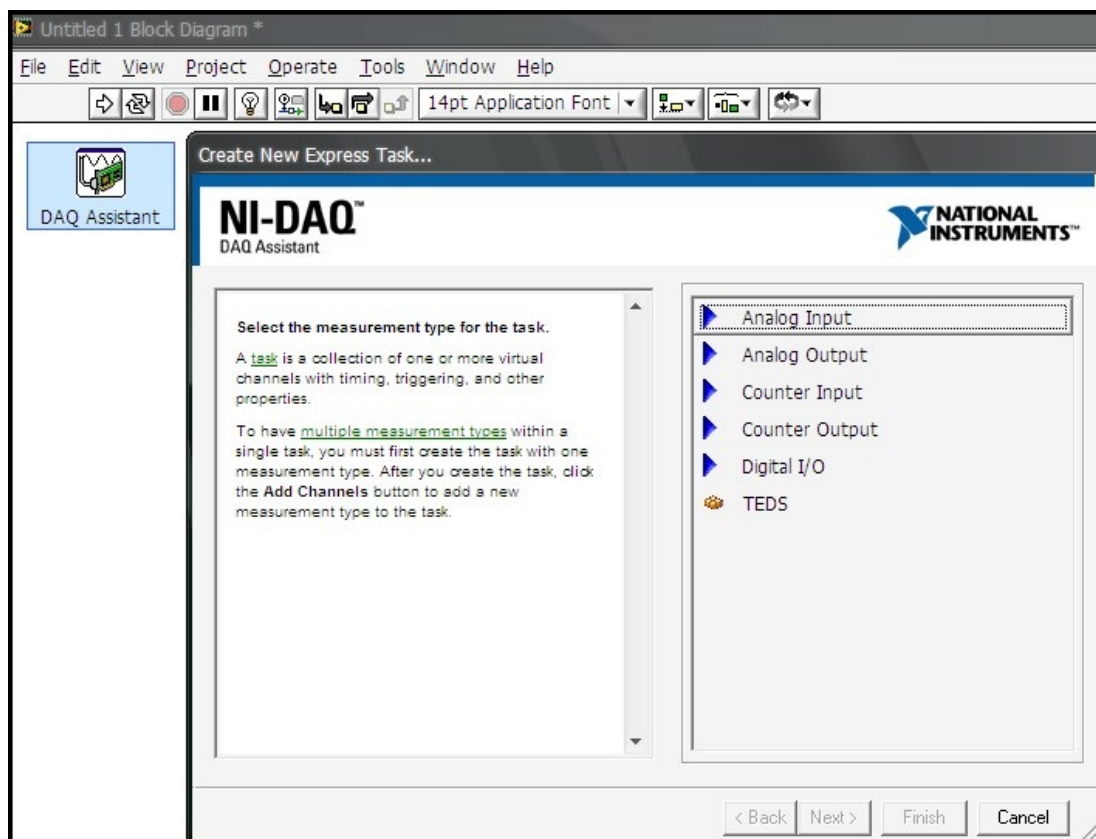


Рис. 3.11. Создание нового ВП и выбор аналогового выхода

5. Выберите **Voltage** (Напряжение) для создания задачи по измерению напряжения в канале аналогового ввода. В диалоговом окне появится список каналов для каждого из установленных устройств сбора данных. Число каналов в списке зависит от количества каналов, которое имеется в устройстве сбора данных (рис. 3.12).

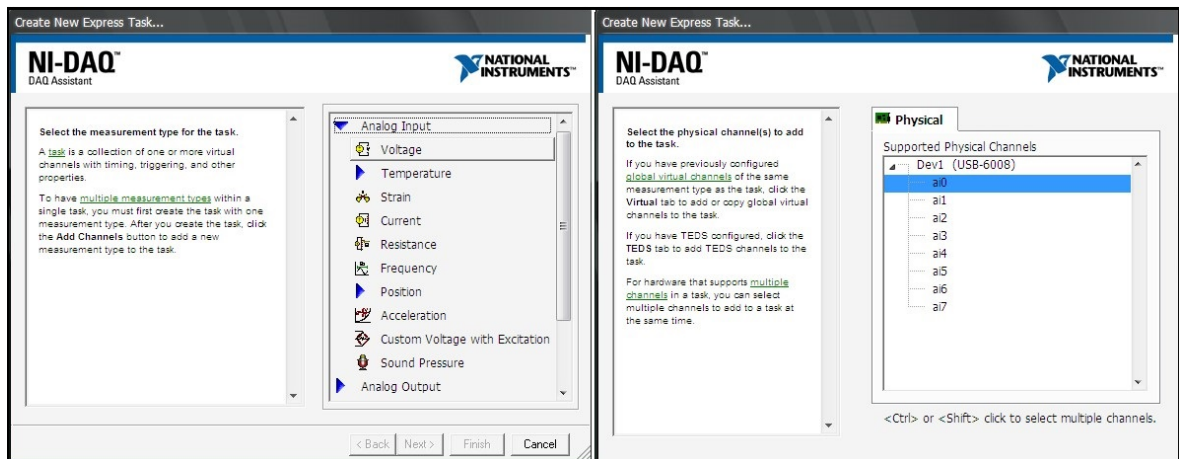


Рис. 3.12. Выбор аналогового входа и канала связи устройства сбора данных

6. В списке **Supported Physical Channels** выберите физический канал, в который поступает сигнал, в нашем случае **ai0**, и затем нажмите кнопку **Finish**. Помощник по сбору данных откроет новое диалоговое окно, показанное на рис. 3.13, в котором отобразятся опции для настройки канала.

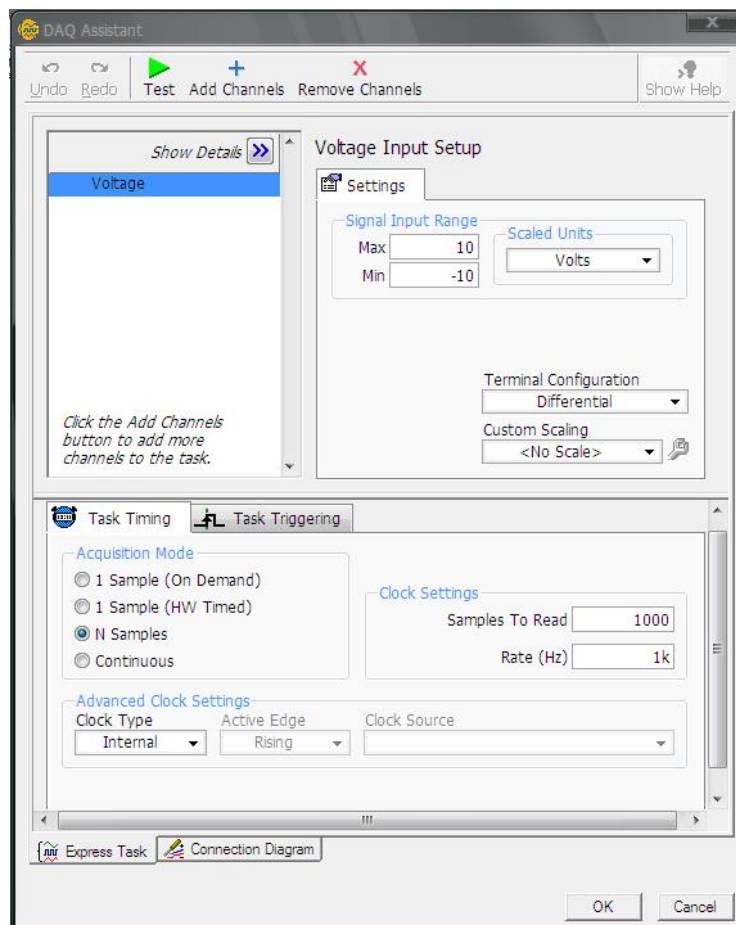


Рис. 3.13. Окно опций для настройки канала

## Тестирование задачи

Для того чтобы убедиться, что данные поступают на устройство сбора данных, можно протестировать задачу.

1. Нажмите кнопку **Test** в окне опций настройки канала. На экране появится диалоговое окно **DAQ Assistant**.

2. Нажмите кнопку **Start** (Пуск) несколько раз, убедитесь, что данные получены (рис. 3.14), затем нажмите кнопку **Close**, чтобы вернуться к **DAQ Assistant**.

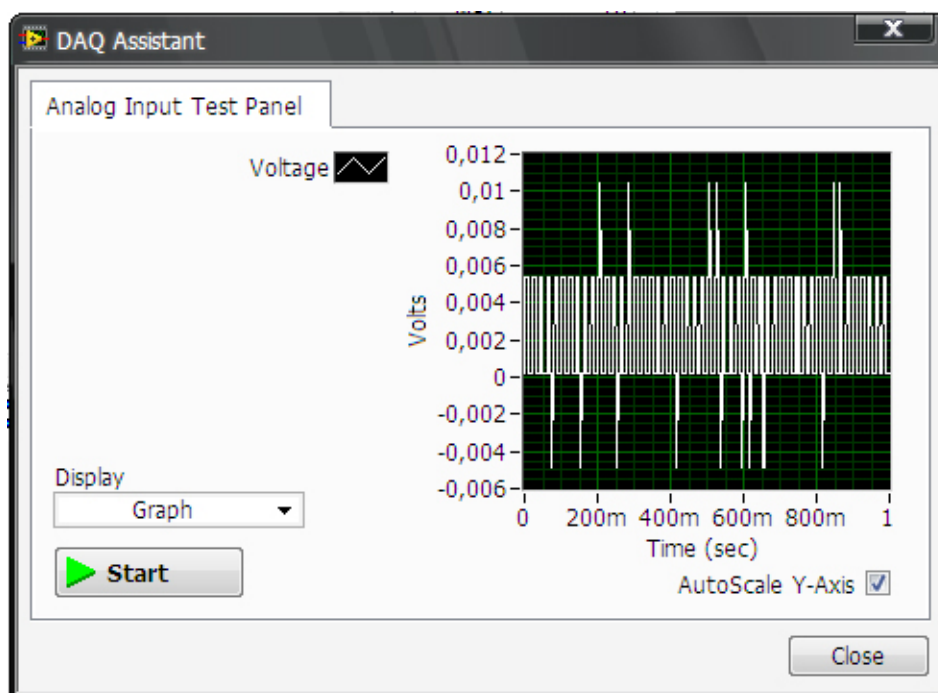


Рис. 3.14. Тестирование канала сбора данных

3. Нажмите кнопку **OK**, чтобы сохранить текущую конфигурацию и закрыть **DAQ Assistant**. LabVIEW автоматически создаст ВП.

4. Сохраните ВП как Напряжение.vi в заранее определенном месте.

## Отображение получаемых данных

Для отображения данных, полученных с помощью DAQ устройства. Выполните следующие шаги, чтобы построить на графике осциллограмм данные из канала.

1. На блок-диаграмме, щелкните правой кнопкой мыши по выводу **data** (данные) и выберите опцию **Create** → **Graph Indicator** из контекстного меню (рис. 3.15).

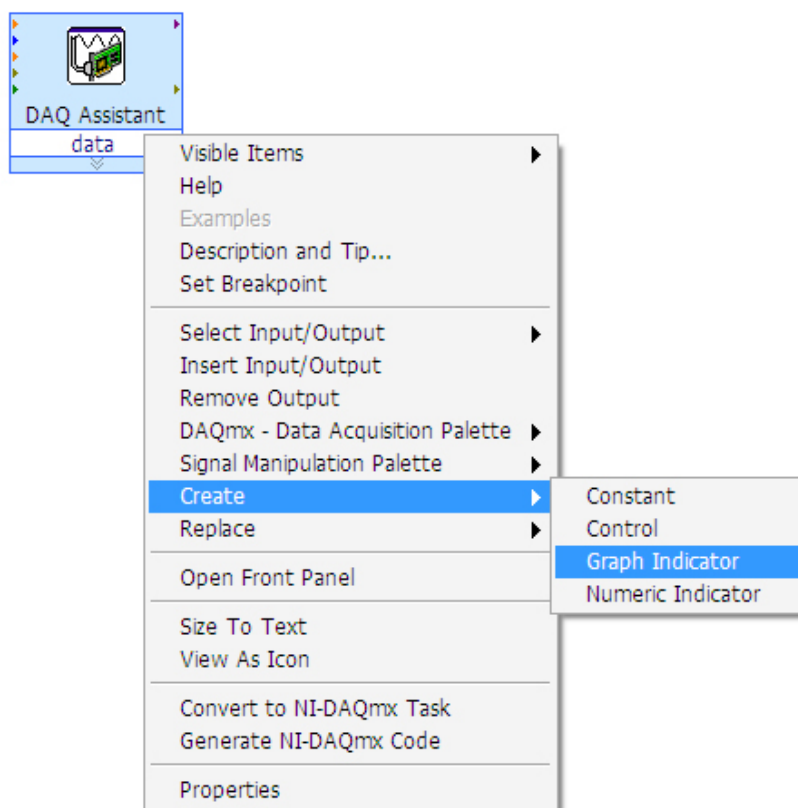


Рис. 3.15. Создание графика осциллограмм

2. Переключитесь на лицевую панель и запустите ВП, затем наблюдайте за графиком диаграммы. На панели условных обозначений графика (plot legend), находящейся над графическим индикатором, появится слово **Voltage** (рис. 3.16).

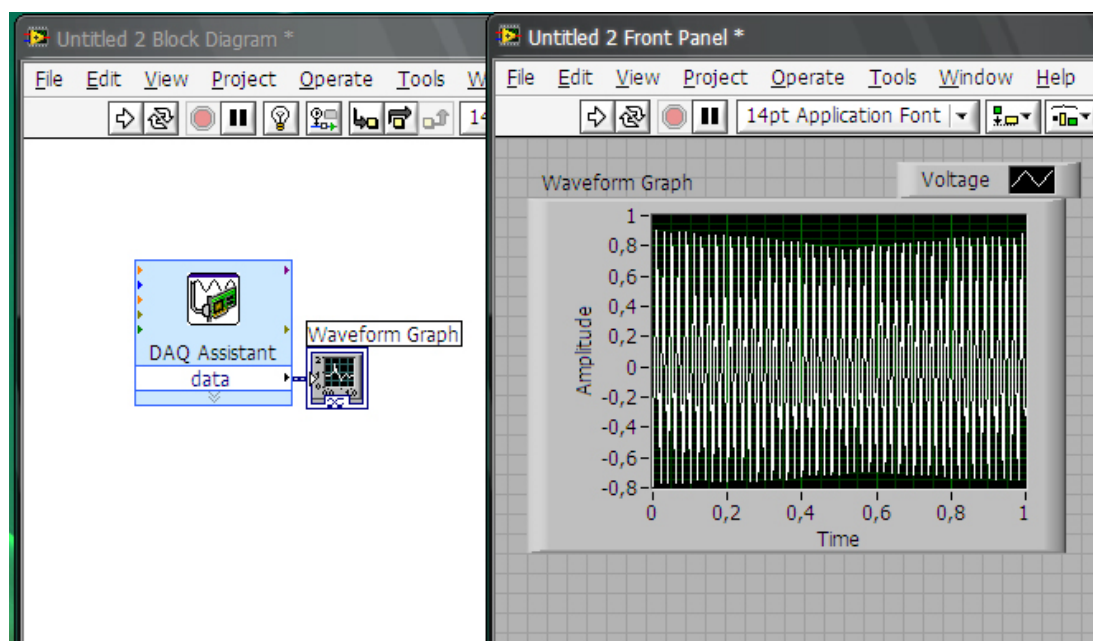


Рис. 3.16. Фрагмент отображения графика осциллограммы на лицевой панели

## Запись полученных данных и чтение записанных данных

Для сохранения информации полученных данных используется экспресс ВП **Write To Measurement File** (рис. 3.17). Для сохранения данных в файл необходимо выполнить следующие шаги.

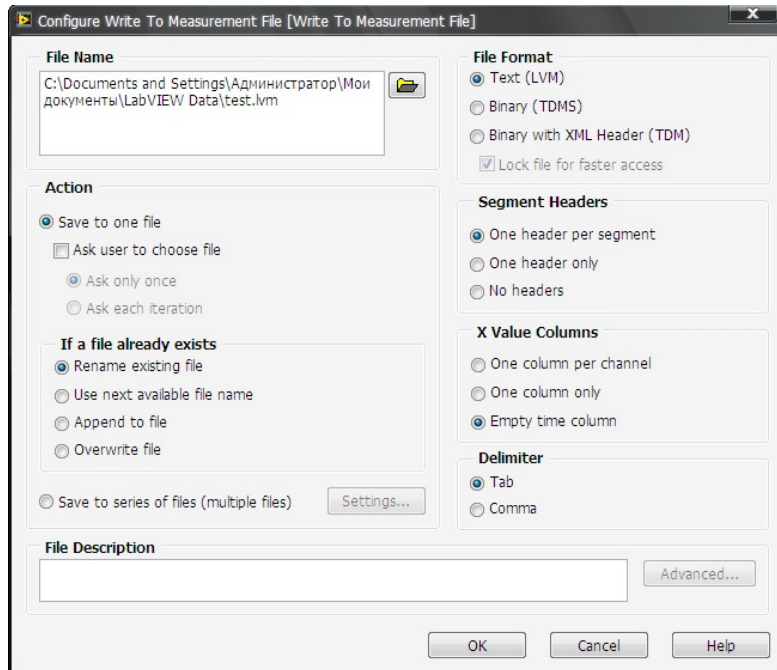


Рис. 3.17. Окно настройки экспресс ВП записи данных

1. Найдите экспресс ВП **Write To Measurement File** и поместите его на блок-диаграмму ниже и правее экспресс ВП **Amplitude and Level Measurements**. На экране появится диалоговое окно настройки **Configure Write To Measurement File**. Текстовое поле **File Name** содержит полный путь к выходному файлу test.lvm. Данные в файл.lvm записывают в виде таблицы, состоящей из столбцов, разделенных символом табуляции. Среда LabVIEW сохраняет данные с шестью разрядами точности. По умолчанию файл сохранится в папке LabVIEW Data. Среда LabVIEW располагает папку LabVIEW Data в заданном по умолчанию каталоге файлов операционной системы.

2. В разделе **If a file already exists** (если файл уже существует) диалогового окна **Configure Write To Measurement File** выберите опцию **Use next available file name**, чтобы записать данные в отдельные файлы test.lvm.

3. В разделе **Segment Headers** (Заголовки Сегмента) выберите опцию **One header only**, чтобы создать только один заголовок файлу, в который LabVIEW записывает данные.

4. В текстовое поле **File Description** введите следующий текст: Sample of peak to peak values (пример значений размаха сигнала). LabVIEW прикрепит этот текст к заголовку файла.

5. Нажмите кнопку **ОК**.

Далее сохраненный файл можно открыть с помощью приложений для просмотра и редактирования электронных таблиц – Excel или текстовых файлов – Блокнот.

### **3.4. Исследование случайных процессов пиления древесины на тарной раме ТРЛ-2М**

Для проведения экспериментальных исследований на кафедре ТОЛП Уральского государственного лесотехнического университета создан измерительный комплект, состоящий из цифрового ваттметра ЦП 8506-120 с аналоговым выходом и устройства сбора данных USB 6008. Данный комплект может подключаться к любому действующему деревообрабатывающему оборудованию лаборатории кафедры ТОЛП.

Принцип работы измерительного комплекта состоит в следующем: аналоговые сигналы цифрового ваттметра преобразуются в цифровую форму с помощью УСД USB 6008, который состыкован с портативным компьютером. Компьютер при помощи среды графического программирования LabVIEW 8.20 осуществляет вывод на экран полученных данных, их обработку и запись результатов.

На рис. 3.18 и 3.19 представлены блок-диаграмма и лицевая панель ВП измерения мощности продольного пиления.

На блок-диаграмме изображены основные функции ВП создания и конфигурирования задачи – связь и сбор данных с программой управления модулями NI-DAQmx, каналы передачи и умножение, элементы индикации и функции записи данных.

Лицевая панель ВП представляет собой две осциллограммы: одна из них необходима для отображения зависимости напряжения от времени, вторая – мощности от времени. Также имеется индикатор для контроля полученных значений.

Запуск ВП измерения мощности производится путем нажатия кнопки Run с лицевой панели ВП, а для остановки – кнопка STOP. Полученные данные записываются в текстовый файл результатов измерений LabVIEW с расширением .lvm, который впоследствии может быть открыт любым текстовым редактором или MS Excel.

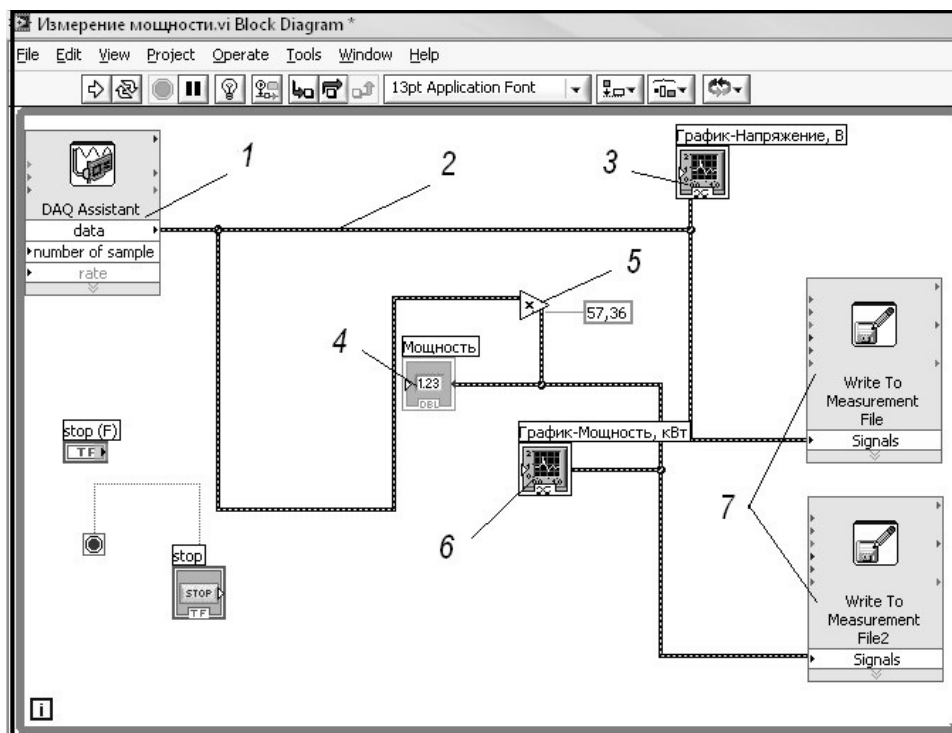


Рис. 3.18. Блок-схема ВП измерения мощности продольного пиления:  
 1 – экспресс ВП сбора данных; 2 – канал передачи сигнала; 3 – терминал графика осциллограммы напряжения; 4 – элемент индикации значения мощности; 5 – функция умножения сигнала на переводной коэффициент; 6 – терминал графика осциллограммы мощности; 7 – экспресс ВП сохранения данных

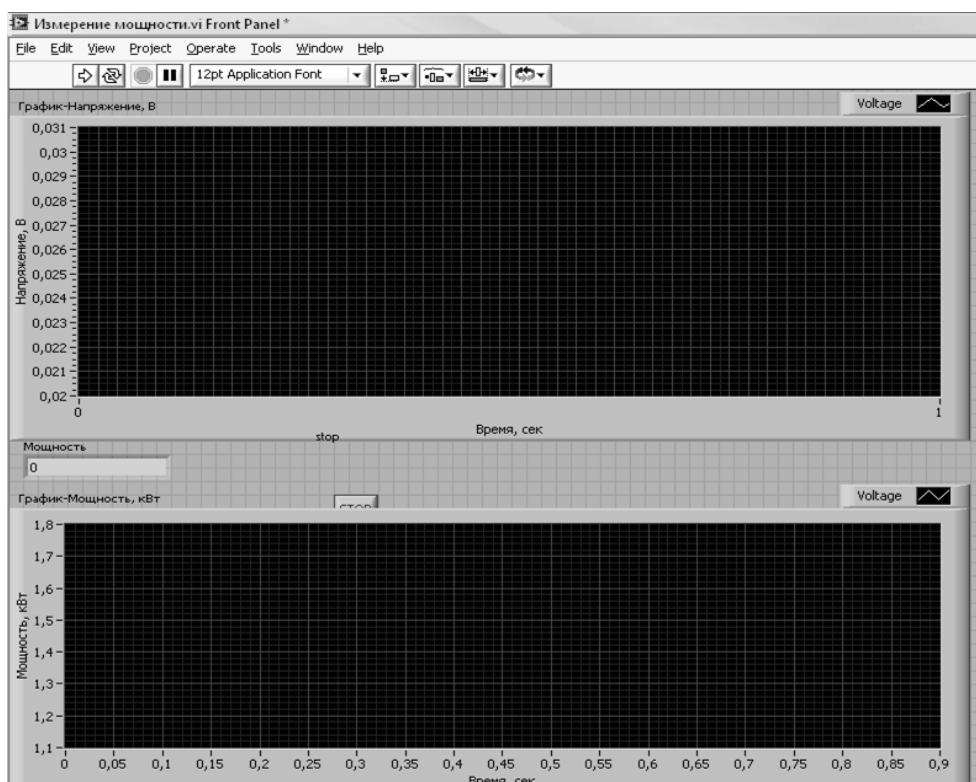


Рис. 3.19. Лицевая панель ВП измерения мощности продольного пиления

Методика экспериментальных исследований основана на определении случайных параметров процесса продольного пиления древесины и изначально была представлена в работе [27]. Экспериментальные работы проводились на вертикальном ленточнопильном станке. В итоге на основе амплитудно-частотных характеристик выделены доли мощности и энергозатрат на пиление сучков пропила, кантования, холостых возвратных движений и поперечных перемещений пилочника [27, 28].

Методика по определению значений случайных параметров процесса продольного пиления на тарном станке ТРЛ-2М и результаты исследований представлены в работах [29].

Суть методики заключается в оценке потребления составляющих мощности: на холостой ход, пиление различными поставами, с различными высотами пропилов, а также на пиление сучьев в пропилах.

Для определения доли составляющих затрат мощности необходимо перейти от временного представления выборок данных процесса продольного пиления в частотное.

Алгоритм, использующийся для перевода выборок данных из временной области в частотную, известен как дискретное преобразование Фурье или ДПФ. Он широко используется в областях спектрального анализа, прикладной механики, акустики, воспроизведении изображений в медицине, численного анализа, приборостроения и телекоммуникаций [30].

Для перехода от временного представления процесса продольного пиления к частотному необходимо построить частотный спектр сигнала.

Средством для вычисления частотного спектра является спектральный анализ. Спектральный анализ объединяет два важных теоретических подхода: статистический анализ временных рядов и методы анализа Фурье [29].

Наиболее подходящей средой для обработки данных и построения амплитудно-частотных характеристик является MathCAD. Для быстрого преобразования Фурье в среде MathCAD служит функция *FFT*.

*FFT* ( $v$ ) – возвращает быстрое преобразование Фурье вектора [29]. Результатом является вектор с  $1+2^{n-1}$  элементами, где  $k$ -й элемент определяется по формуле

$$c_j = 1/n * \sum_k v_k e^{-i(2\pi j/n)k}, \quad (3.1)$$

где  $n$  – число элементов в векторе;  $i$  – мнимая единица.

Аргумент быстрого преобразования, т. е. вектор  $v$ , должен иметь ровно  $2^n$  элементов ( $n$  – целое число). При недостатке данных производится дополнение их нулями.

Для примера запишем данные мощности при холостом ходе тарной лесопильной рамы ТРЛ-2М. Для записи используем созданный ВП «Измерение мощности», в настройках указана частота дискретизации, равная 10 Гц.

Откроем сохраненный документ с записанными данными в формате **.lvnm** с помощью среды MS Excell.

В этой среде можно построить график записанного процесса, определить статистические характеристики сигнала: математическое ожидание, дисперсию, СКО и т. д. (рис. 3.20).

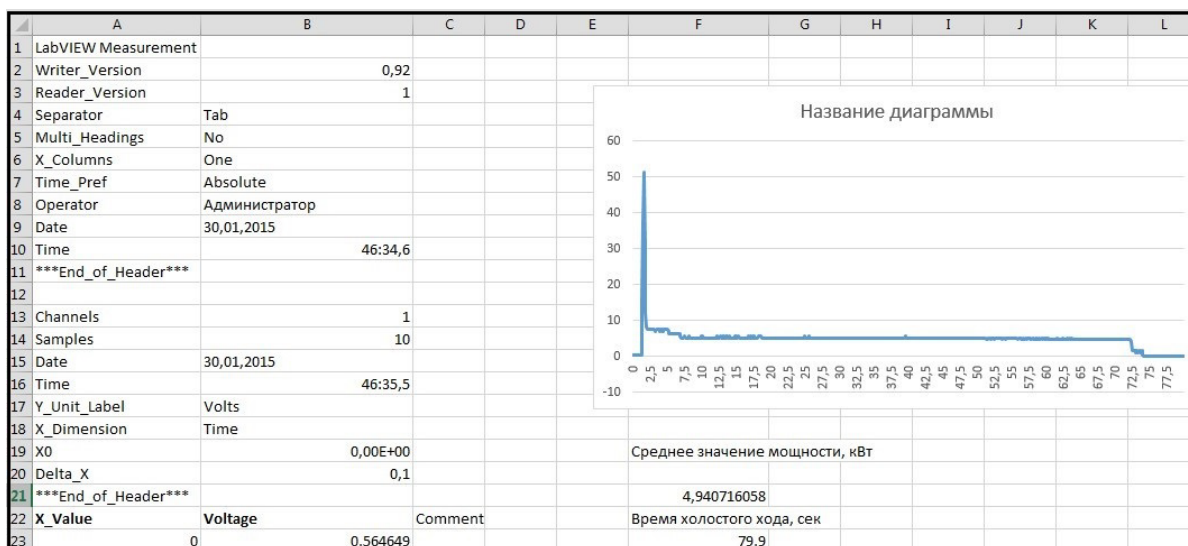


Рис. 3.20. Фрагмент чтения и отображения экспериментальных данных в среде MS Excell

Для дальнейшей обработки данных в среде Mathcad нужно выделить и сохранить данные мощности в текстовом файле формата **.txt**. В случае необходимости произвести дополнение нулями.

Следующим шагом является написание команды для определения АЧХ.

1. Запустим программу Mathcad.
2. Поставим курсор в левом верхнем углу.
2. В меню Insert выберем **Data** → **Data Import Wizard**.
3. В файловых опциях укажем путь к сохраненному текстовому файлу.

4. Обозначим импортированные данные буквой **M** (рис. 3.21).

Mathcad - [Untitled:1]

File Edit View Insert Format Tools Symbolics Window Help

Normal Arial 10 B I U

My Site

M :=

	0
0	0
1	0.565
2	0.565
3	0.565
4	0.565
5	0.565
6	0.565
7	0.565
8	0.565
9	0.565
10	0.565
11	0.565
12	0.565
13	0.565
14	16.342
15	...

Рис. 3.21. Фрагмент импорта данных в среду Mathcad

5. Проводим дискретизацию данных и строим график функции математического ожидания мощности при холостом ходе тарной рамы. Для этого обозначим количество данных  $N = 1024$ , интервал дискретизации –  $\Delta = 0,1$  (рис. 3.22).

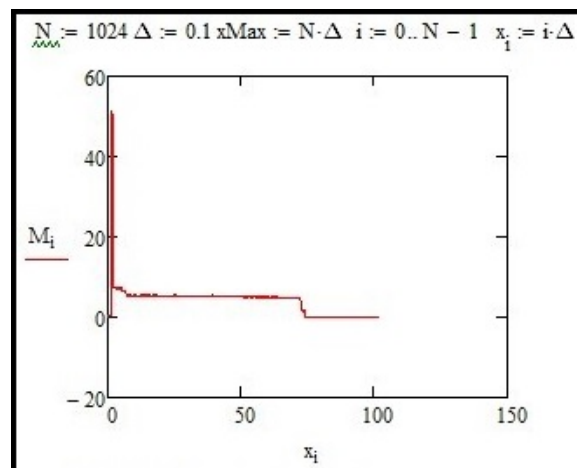


Рис. 3.22. Фрагмент операции дискретизации данных

6. Вычисляем быстрое преобразование Фурье с помощью функции FFT, определяем амплитудные и частотные значения, производим сопоставление значений частот амплитуде (рис. 3.23).

7. По полученным данным делаем вывод: частота холостого хода равна 0,00976 Гц, амплитудное значение мощности всего процесса равна 3,86 кВт. Потребляемая энергия равна 0,11 кВт·ч.

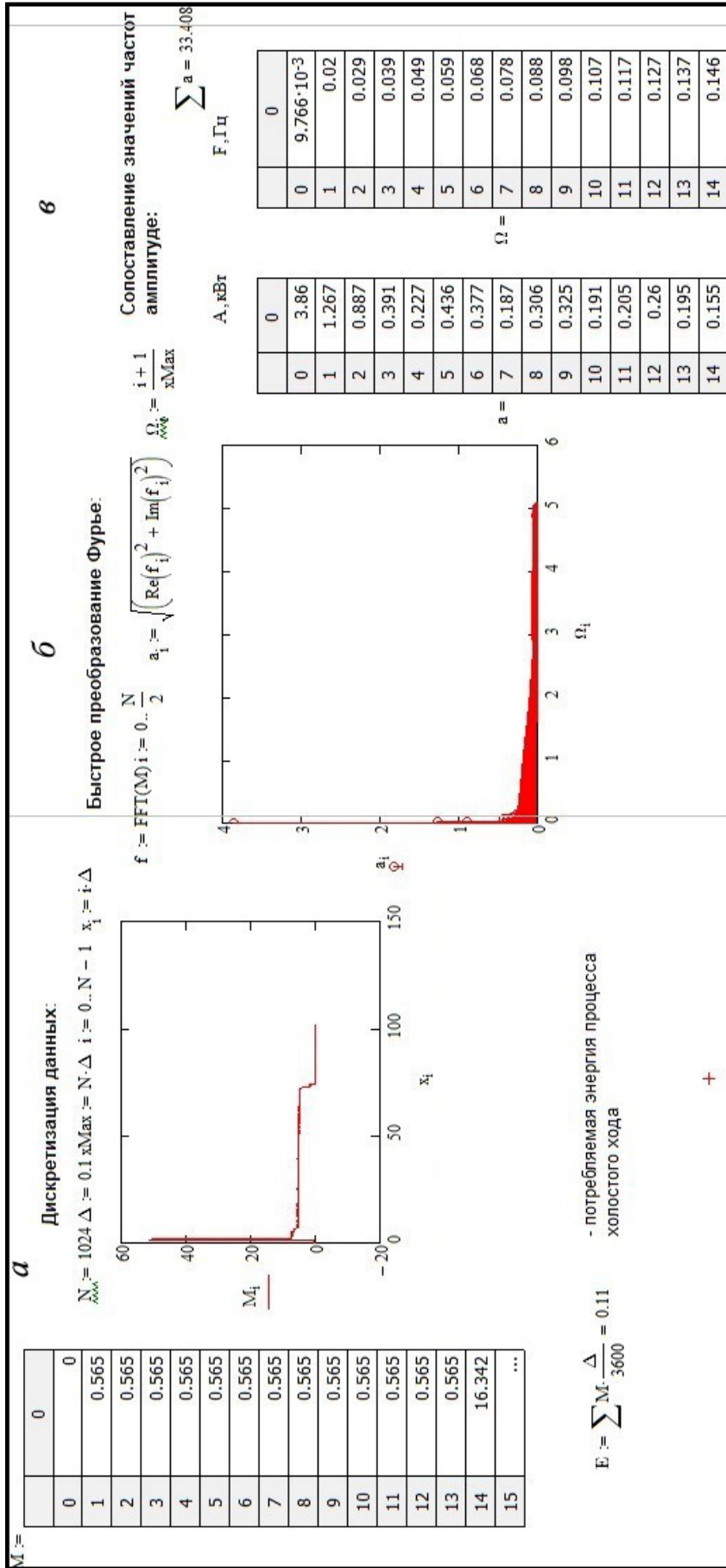


Рис. 3.23. Спектральный анализ холостого хода тарной рамы:  
 а) импорт и дискретизация данных; б) применение функции БПФ;  
 в) сопоставление амплитудных и частотных составляющих

Определение частоты встречаемости сучка  $F_c$  в ходе пропила выполняется по следующей методике:

частота встречаемости сучьев:

$$F_c = 1 / t_c, \quad (3.2)$$

где  $t_c = l_{м.с} / v_{ср}$  – среднее время встречаемости сучьев, с;

$l_{м.с}$  – среднее расстояние между сучьями, м;

$$l_{м.с} = \frac{\sum_{i=1}^n l_{ci}}{n-1}, \quad (3.3)$$

где  $l_{ci}$  – расстояние между соседними сучьями, м;

$n$  – количество сучьев.

Средняя скорость на пропил определяется выражением:

$$v_{ср} = l_n / t_n, \quad (3.4)$$

где  $t_n$  – время на пропил, с;

$l_n$  – длина заготовки, м.

Среднее расстояние между сучьями  $l_{м.с}$  определяется методом масштабных линеек в каждом пропиле. Средняя скорость пиления тарного станка ТРЛ-2М в ходе вычислений составила 0,04 м/с или 4 см/с или 2,4 м/мин.

В дальнейшем для определения амплитудной составляющей мощности на пиление сучка производится сопоставление частотной составляющей встречаемости сучьев с амплитудной. Затем определяется доля затрат мощности на пиление сучка от мощности самого процесса продольного пиления. Путем умножения полученной доли мощности пиления сучка на количество сучьев в пропиле определяем окончательную долю затрат мощности на пиление всех сучьев в пропиле.

В качестве примера представлен рез заготовки с одной пилой в поставе (рис. 3.24).



Рис. 3.24. Установка одного пильного полотна в поставе

Производился пропил заготовки с высотой пропила 50 мм и длиной 89 см (рис. 3.25). Частота дискретизации принята равной 10 Гц.

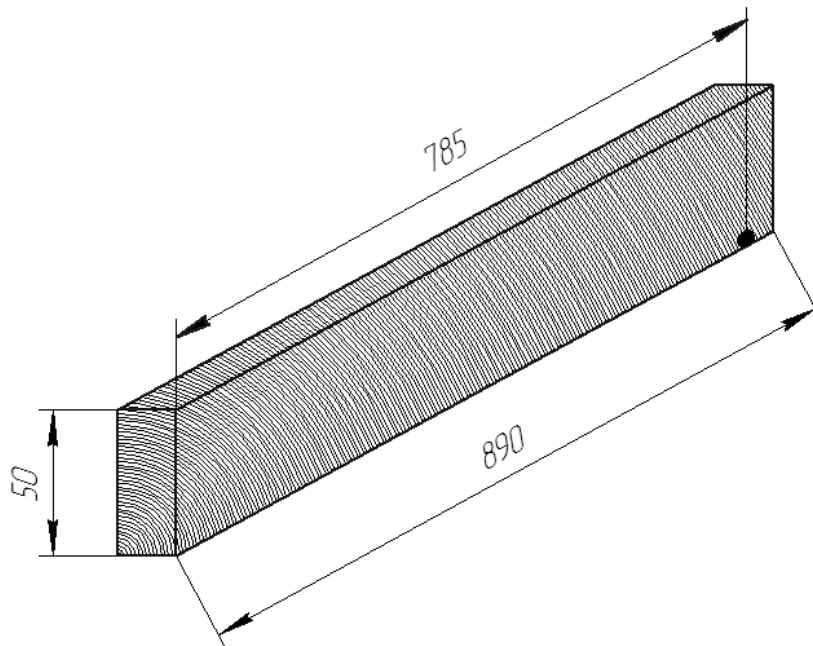


Рис. 3.25. Продольный рез заготовки. Диаметр сучка 20 мм

Запись процесса продольного пиления на станке ТРЛМ-2М, обработанная в среде MS Excell, представлена на рис. 3.26.

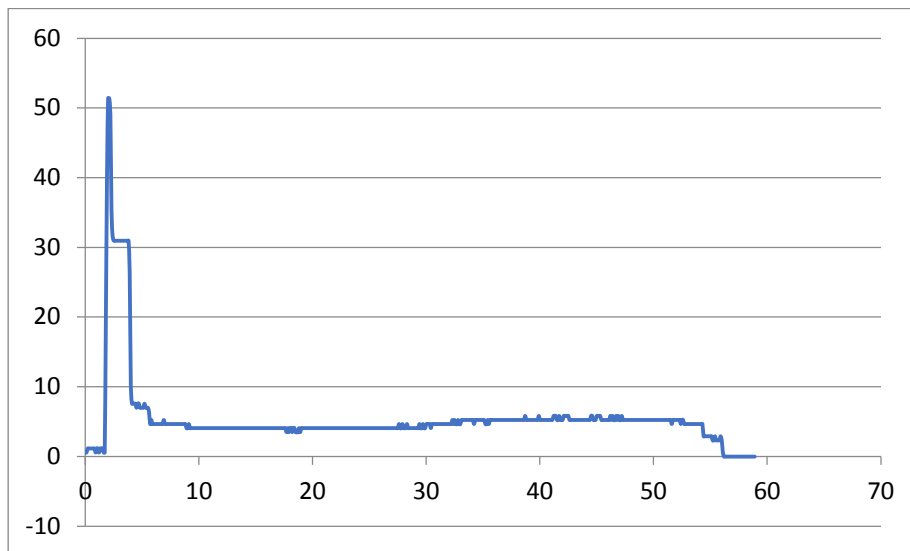


Рис. 3.26. Запись процесса продольного пиления

Ручной расчет частоты встречаемости сучка в пропиле:

$$F_c = 1 / t_c = 1/21.8 = 0,046 \text{ Гц.}$$

$$t_c = l_m.c/v_{cp} = 0,785/0,036 = 21,8 \text{ с.}$$

$$v_{cp} = l_{\pi} / t_{\pi} = 0,89/24,9 = 0,036 \text{ м/с}$$

Фрагмент спектрального анализа представлен на рис. 3.27.

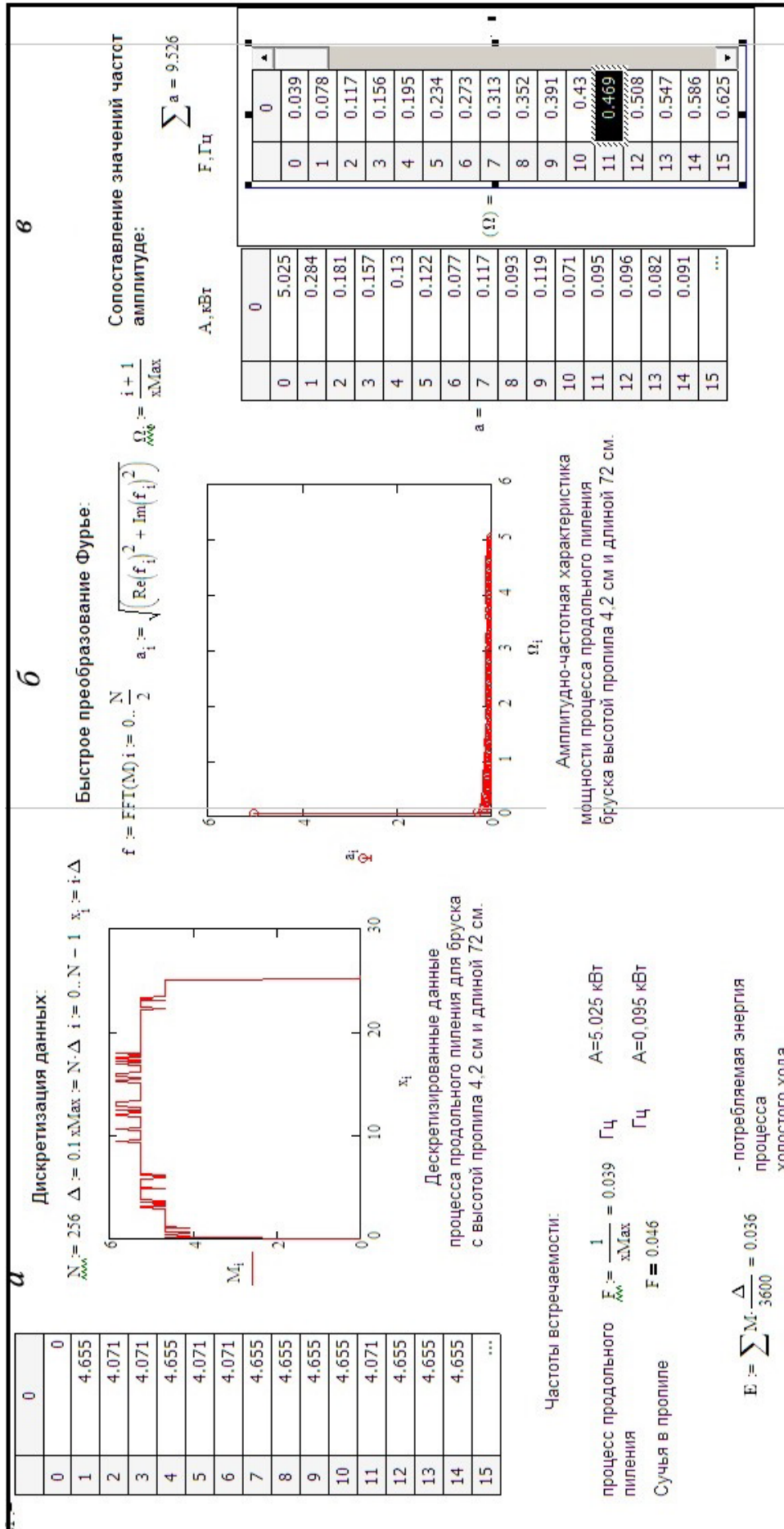


Рис. 3.27. Фрагмент спектрального анализа продольного пиления заготовки с высотой пропила 50 мм:

- а) импорт и дискретизация данных; б) применение функции БПФ;
- в) сопоставление амплитудных и частотных составляющих

## 4. РАБОТА В ЭЛЕКТРОННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ LMS Moodle

Электронная информационно-образовательная среда УГЛТУ (ЭИОС) – совокупность электронных информационных ресурсов, электронных образовательных ресурсов, информационных технологий, телекоммуникационных технологий, соответствующих технологических средств, обеспечивающих освоение обучающимися образовательных программ или их частей, а также взаимодействие обучающихся с педагогическим, учебно-вспомогательным, административно-хозяйственным персоналом и между собой.

Доступ к LMS Moodle располагается на главной странице сайта вуза УГЛТУ (usfeu.ru) во вкладке ЭИОС (рис. 4.1) или по ссылке: <http://lmsstudy.usfeu.ru>.

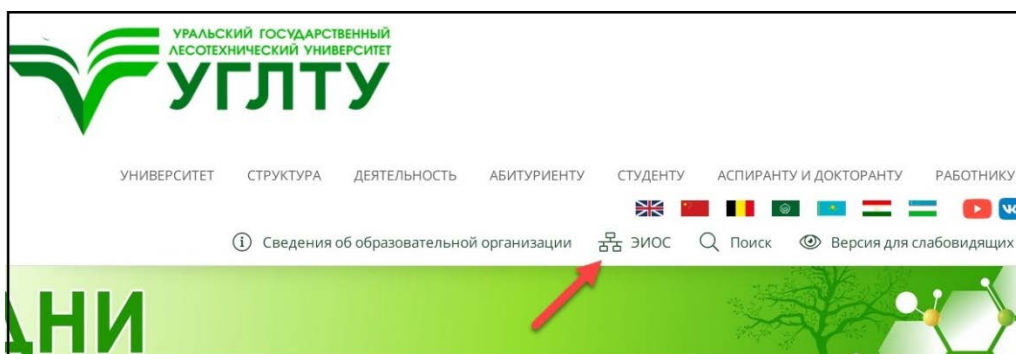


Рис. 4.1. Доступ к сайту ЭИОС LMS Moodle через главную страницу сайта вуза

Для каждого студента имеется логин и пароль для доступа к обучающим дисциплинам курса (рис.4.2).

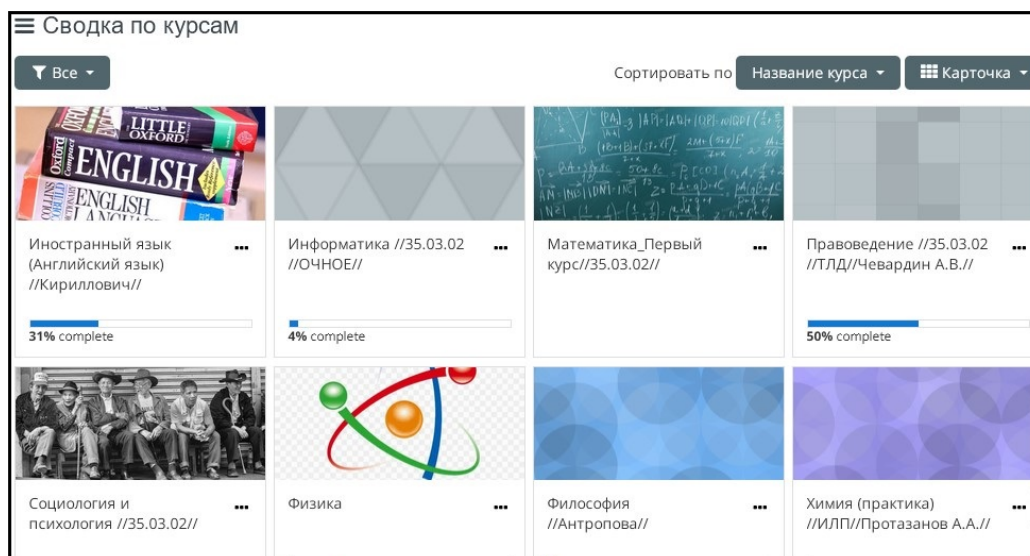


Рис. 4.2. Главная страница с дисциплинами курса

Структура электронного учебного курса формируется на основе комплекта учебно-методических материалов, обеспечивающих все виды работ обучающихся, предусмотренных учебным планом в объеме, достаточном для освоения дисциплины (модуля).

Структура курса состоит из нескольких блоков.

*Организационный* – содержит методические рекомендации по работе с курсом, информацию по дисциплине, требования, предъявляемые к обучающимся, критерии оценивания. Также обязательным является наличие *Чата* для общения с преподавателем.

*Информационный* – содержит основной образовательный материал по темам (лекционный (теоретический) материал в формате конспекта и (или) презентаций). Также для повышения качества и интерактивности материал может содержать аудиолекции, видеолекции, компьютерные тренажеры и симуляторы, интерактивное видео, ссылки на открытые источники и дополнительную литературу, энциклопедии, справочники и т. п.

*Практический блок* – в зависимости от учебного плана может содержать материалы для выполнения практических и лабораторных работ (перечень тем, методические указания и задания с описанием, инструкции к выполнению заданий и требования к оформлению, список рекомендуемых источников).

*Контролирующий блок* – содержит итоговые оценочные материалы курса (тесты, вопросы, практические задания).

В настройке параметров личных данных (рис. 4.3) можно внести подробную информацию о себе и своих интересах, загрузить фото профиля, посмотреть список курсов.

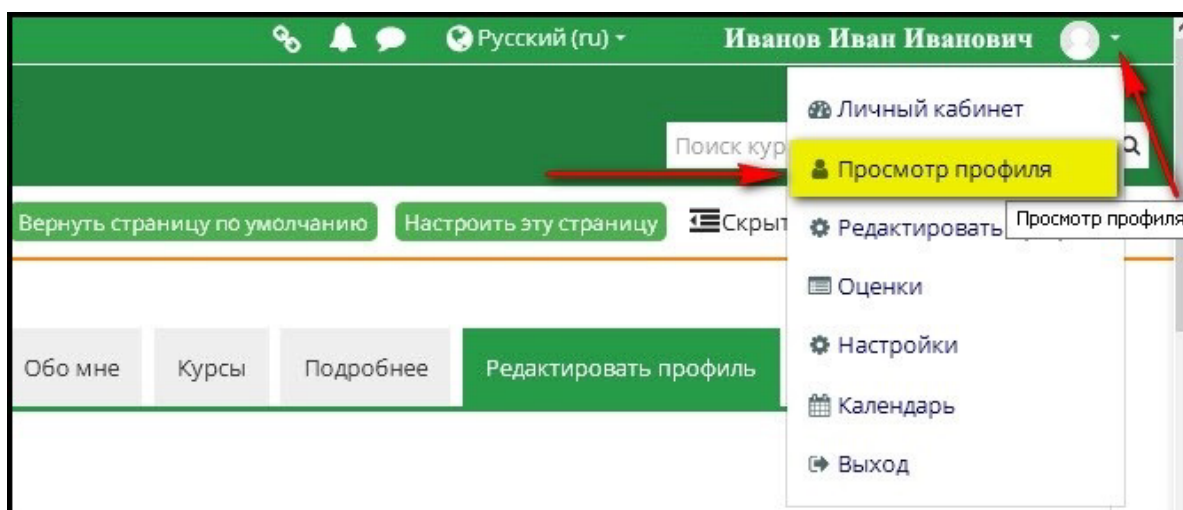


Рис. 4.3. Настройка профиля

В разделе курса дисциплины можно найти информацию по всем участникам академической группы, включая информацию о преподавателе, полученные оценки по этой дисциплине, задания, загруженные для проверки, предоставленные ресурсы по дисциплине по всем блокам (информационный, практический и контролирующий), информацию о тестах (название, дата проведения, оценка), вход на форумы или чаты для обсуждения возникших вопросов и общения во время прохождения занятия (рис. 4.4).

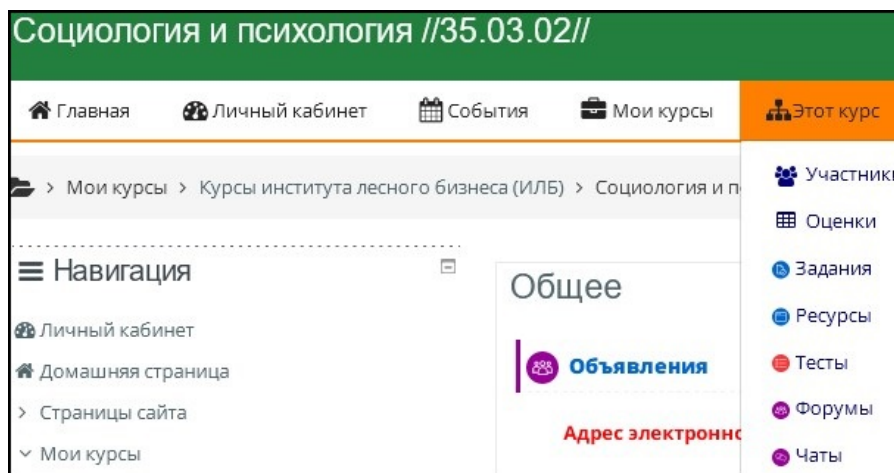


Рис. 4.4. Сводная информация по курсу

Для личного общения с преподавателем можно использовать также меню сообщений (рис. 4.5). Отправленное сообщение появится в личном кабинете преподавателя и продублируется ему на электронную почту.

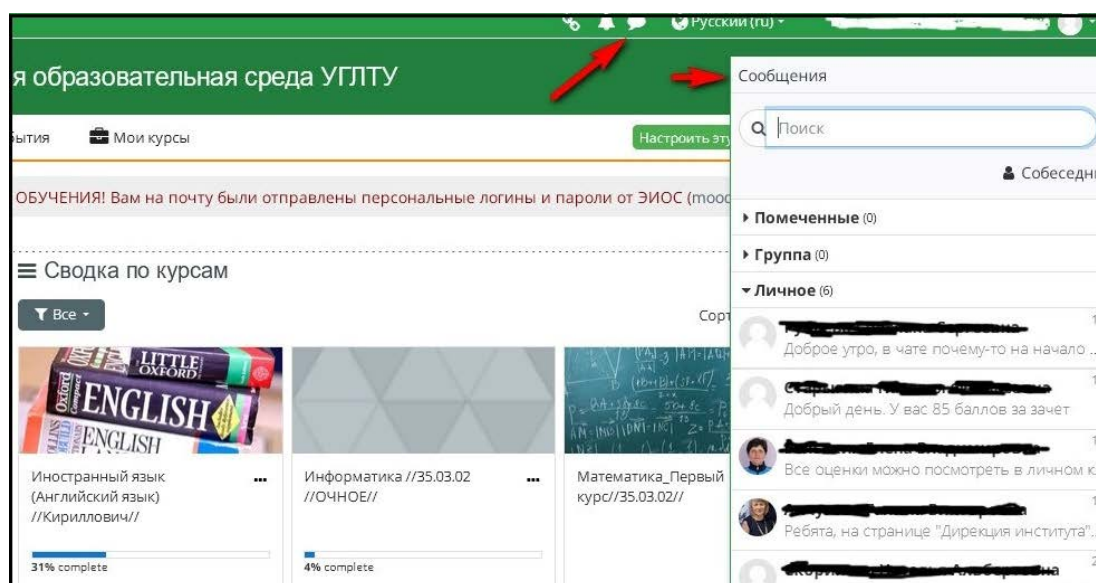


Рис. 4.5. Фрагмент использования меню сообщений для связи с преподавателем

В соответствии с законом об образовании и требованиями ФГОС для повышения объективности оценивания индивидуальных достижений и удобства их фиксирования каждому обучающемуся в вузе необходимо вести личное портфолио студента, в котором должны быть отражены все достигнутые результаты (дипломы за участие в конкурсах, грамоты, благодарственные письма, полученные гранты, отзывы преподавателей и т. п.). Для этого в ЭИОС в нижнем левом углу имеется раздел Портфолио, в который студент должен регулярно вносить записи (рис. 4.6).

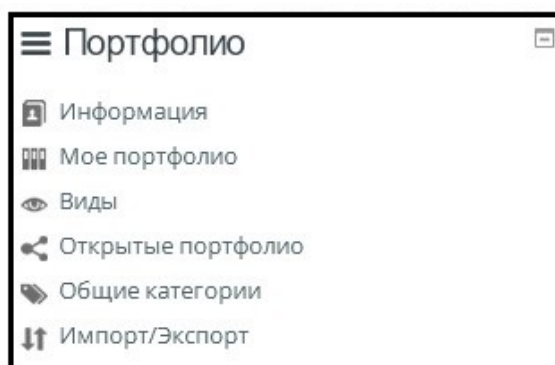


Рис. 4.6. Вкладка Портфолио в ЭИОС

## **5. ОФОРМЛЕНИЕ ПРЕЗЕНТАЦИЙ ДОКЛАДОВ НАУЧНЫХ И ВЫПУСКНЫХ КВАЛИФИКАЦИОННЫХ РАБОТ В MS PowerPoint**

В процессе своего обучения в университете обучающийся сталкивается с проблемой не только подготовки доклада на научные конференции, но также и представления ее публике. Хорошим тоном является представление научного доклада или ВКР в программной среде MS PowerPoint. Это специализированная программная среда для подготовки и просмотра презентаций, являющаяся частью Microsoft Office. Подготовленные материалы предназначены для отображения на экране проектора или большом экране телевизора.

Работа в программе заключается в создании и заполнении информацией последовательно идущих слайдов. С подробным функционалом и работой в программе можно ознакомиться в литературе [31, 32].

Исходя из опыта докладов обучающихся на научно-практических конференциях и при защитах ВКР в УГЛТУ можно выполнить рекомендации для презентабельного оформления доклада и успешной защиты своей работы.

1. Тему оформления слайдов презентаций лучше выбирать со светлым фоном, так как не все проекторы могут воспроизводить цветные изображения в силу изношенности проекционных ламп.

2. Цвет текстовой части должен быть черным цветом.

3. Форматирование текста желательно привести к единому виду и соблюдать размерность выбранного шрифта. Наиболее распространенным шрифтом является TimesNewRoman. В заголовках можно использовать более крупный шрифт и выделять его полужирным начертанием.

4. В слайдах обязательно должны быть рисунки, таблицы и графики.

5. Изображения, вставленные в слайды, должны иметь четкое отображение, в ином случае желательно заранее проверить отображение на экране проектора и отформатировать Рис., повысив его четкость и настроив яркость изображения.

6. Последний слайд с надписью «Доклад окончен. Спасибо за внимание!» вставлять в текст презентации не стоит. Лучше обойтись словесным высказыванием и возвратить презентацию к начальному слайду.

7. Так как на доклад выделяется, как правило 7–10 минут, то необходимо заранее отрепетировать собственное время на доклад.

Презентации защит ВКР бакалавров состоят как правило из 8–10 слайдов. Обязательный элемент – титульный лист с указанием темы ВКР, кем выполнялась работа и ФИО и должности научного руководителя (рис. 5.1).

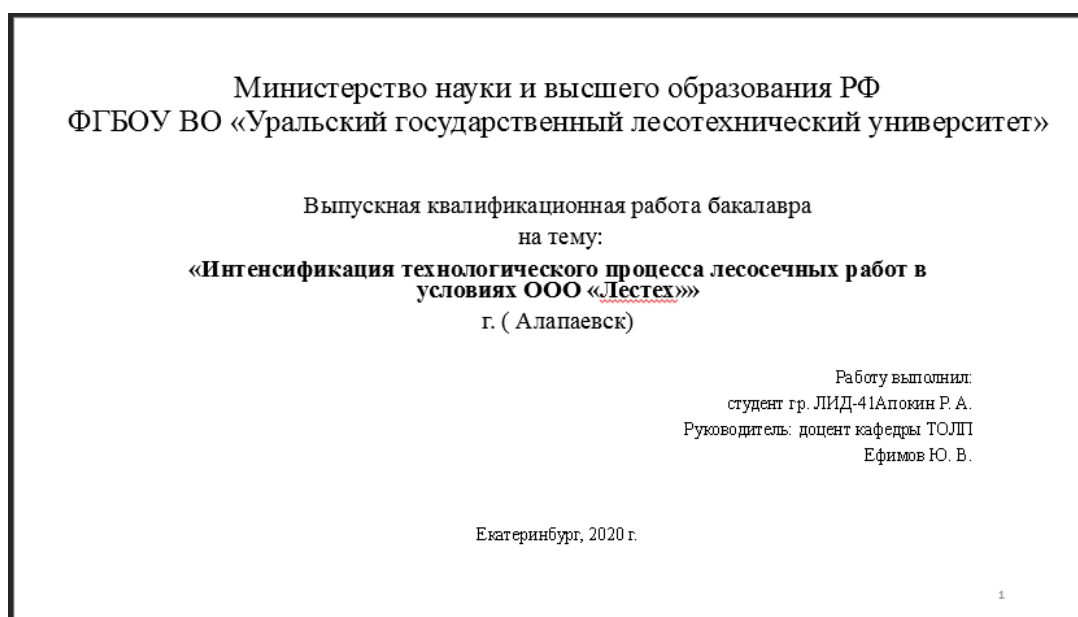


Рис. 5.1. Титульный слайд презентации защиты ВКР



В заключительной части доклада презентации указываются мероприятия по повышению производительности или интенсификации технологического процесса (рис. 5.4).

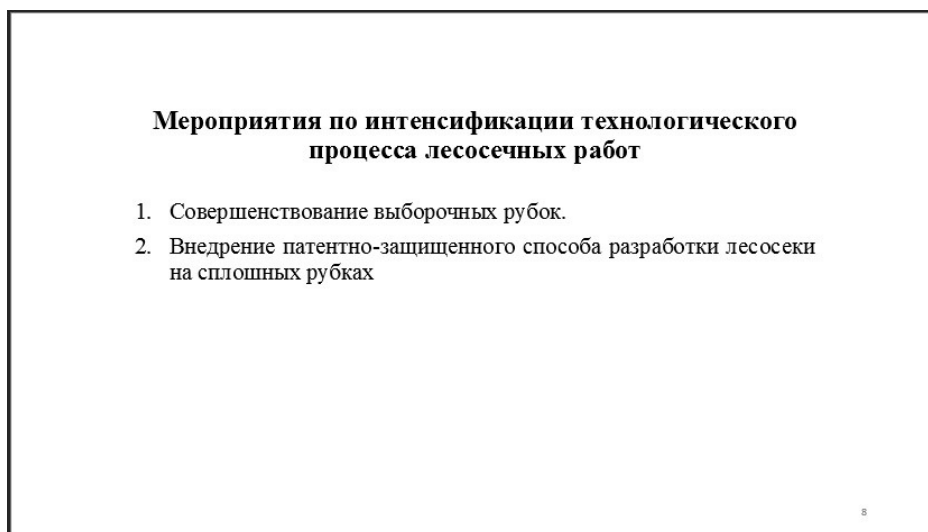


Рис. 5.4. Заключительный слайд презентации защиты ВКР

Доклад на научную конференцию схож с докладом презентации защиты ВКР магистранта. Особенность заключается в обязательном указании актуальности исследования, цели и задач исследования. Основная часть состоит из методики и результатов представленного исследования. Также указываются выводы и рекомендации. Если имеются публикации по теме исследования, то они помещаются в последний слайд.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бабулин Н. А. Построение и чтение машиностроительных чертежей : учебное пособие для профессионального обучения рабочих на пр-ве. – 8-е изд., перераб. – М. : Высш. шк., 1987. – 319 с.
2. Боголюбов С. К. Индивидуальные задания по курсу черчения : учебное пособие для средних специальных учебных заведений. 3-е изд., стер. – М. : ООО ВЛ «Альянс», 2007. – 368 с.
3. Крашенинников Е. М. Гидравлический привод лесосечных машин / Е. М. Крашенинников, А. С. Сущук, А. Ф. Фрейндлинг. – 2-е изд., перераб. и доп. – Петрозаводск : Карелия, 1984. – 102 с.
4. Добрачев А. А., Меньшиков Б. Е. Оборудование нижних складов лесопромышленных предприятий: учеб.-метод. пособие. – Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2005. – 121 с.
5. Глебов И. Т. Альбом схем деревообрабатывающих станков : учебное пособие. – Екатеринбург : УГЛТУ, 2015. – 55 с.
6. Меньшиков Б. Е., Воробьева Е. В. Малые лесопильные цехи на современном технологическом оборудовании : учебное пособие. Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2008 г.
7. Якимович С. Б., Редькин А. К. Математическое моделирование и оптимизация технологий лесозаготовок : учебник для вузов. – М. : ГОУ ВПО МГУЛ, 2006. – 504 с.
8. Mathcad: математическое ПО для инженерных расчетов. URL: <https://www.mathcad.com/ru>.
9. Mathematics-based software & services for education, engineering, and research. URL: <https://www.maplesoft.com/>
10. Приложение для работы с электронными таблицами. Microsoft Excel. URL: <https://www.microsoft.com/ru-ru/microsoft-365/excel>.
11. Ванько В. И., Ермошина О. В., Кувыркин Г. Н. Вариационное исчисление и оптимальное управление : учебник для вузов / Под ред. В. С. Зарубина. Сер. : Математика в техническом университете ; Вып. XII. – М. : МГТУ, 2001. – 448 с.
12. Моисеев Н. Н. Элементы теории оптимальных систем. – М. : Наука, 1975. – 526 с.
13. Понтрягин А. С., Болтянский В. Г., Гамкрелидзе Р. В., Мищенко Е. Ф. Математическая теория оптимальных процессов. – М. : Наука, 1983. – 392 с.
14. Рахманин Г. А., Парамонов С. Д., Архипов А. А. Циклично-поточная технология нижних лесопромышленных складов : Обзорн. информ. – М. : ВНИПИЭИлеспром, 1987. – 48 с.
15. Вентцель Е. С. Исследование операций – М. : Советское радио, 1972. – 551 с.

16. Якимович С. Б. Постановка и решение задачи синтеза и оптимального управления технологическими процессами лесозаготовок // Лесной Вестник (Issue number 2542–1468). – 2003. – М. : МВТУ им. Баумана. – 2003. – № 5. – С. 96–103.

17. Якимович С. Б. Оптимальное управление процессами лесозаготовок: уравнения состояний // Лесной Вестник (Issue number 2542–1468). – 2003. – М. : МВТУ им. Баумана. – 2003. – № 3. – С. 149–160.

18. Якимович С. Б., Тетерина М. А. Моделирование стохастических обрабатывающих транспортных систем с перемещаемыми запасами // Лесной Вестник (Issue number 2542–1468). 2007. – М. : МВТУ им. Баумана. – 2007. – № 6. – С. 71–76.

19. Айвазян С. А., Енюков И. С., Мешалкин П. Д. Прикладная статистика: основы моделирования и первичная обработка данных : справ. изд. – М. : Финансы и статистика, 1983. – 471 с.

20. Гмурман В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика : учебное пособие для вузов. – 6-е изд., перераб. и доп. – М. : Высшая школа, 2000. – 479 с.

21. Степнов М. Н. Статистические методы обработки результатов механических испытаний : справочник. – М. : Машиностроение, 1985. – 231 с.

22. Якимович С. Б., Тетерина М. А. Выбор систем заготовки древесины в условиях неопределенности // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии (Issue number 2542-1468). 2008. – СПб : СПбГЛТА. – 2008. – № 185. – С. 263–268.

23. Боровиков В. Statistica : искусство анализа данных на компьютере для профессионалов. – СПб. : Питер, 2001. – 656 с.

24. Баран Е. Д., Морозов Е. Д. Измерения в LabVIEW. – Новосибирск : НГТУ, 2010. – 162 с.

25. Батоврин В. К. LabVIEW : практикум по основам измерительных технологий : учебное пособие для вузов / В. К. Батоврин, А. С. Бессонов, В. В. Мошкин, В. Ф. Папуловский. – М. : ДМК Пресс. – 2005. – 208 с.

26. Суранов А. Я. LabVIEW 8.20 : справочник по функциям. – М. : ДМК Пресс, 2007. – 536 с.

27. Якимович С. Б., Ефимов Ю. В. Экспериментальная оценка распределения мощности по составляющим цикла продольного лесопиления на основе амплитудно-частотных характеристик // Вестник МГУЛ. – Лесной вестник. – 2013. – № 1 (93). – С. 185–191.

28. Ефимов Ю. В. Применение спектрального анализа при продольном пилении древесины // Лесотехнические университеты в реализации концепции возрождения инженерного образования: социально-экономические и экологические проблемы лесного комплекса : матер. X Междунар. науч.-техн. конф. – Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2015. – С. 114–117.

29. Якимович С. Б. Моделирование и средства научных исследований в лесопромышленном комплексе на основе LabVIEW : учебное пособие / С. Б. Якимович, Ю. В. Ефимов. – Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2017.

30. Лупов С. Ю., Муякишин С. И., Шакров В. В. LabVIEW в примерах и задачах : учебно-методические материалы по программе повышения квалификации «Обучение технологиям National Instruments». – Нижний Новгород, 2007. – 101 с.

31. Справка, помощь и обучение по Microsoft PowerPoint. URL: <https://support.microsoft.com/ru-ru/powerpoint>

32. Берман Н. Д., Бочарова Т. А., Шадрин Н. И. MS PowerPoint 2010 : учебное пособие. – Хабаровск : Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2013. – 88 с.

Учебное издание

*Якимович Сергей Борисович*  
*Ефимов Юрий Валерьевич*

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ  
В ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

ISBN 978-5-94984-799-2



Редактор Н. В. Рощина  
Оператор компьютерной верстки Т. В. Упова

Подписано в печать 19.11.2021  
Формат 60x84 1/16  
Уч.-изд. л. 6,00    Усл. печ. л. 6,97  
Тираж 300 экз. (1-й завод 35 экз.)  
Заказ № 7245

ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет»  
620100, Екатеринбург, Сибирский тракт, 37  
Редакционно-издательский отдел. Тел.: 8(343)221-21-44

Типография ООО «ИЗДАТЕЛЬСТВО УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ ЦЕНТР УПИ»  
620062, РФ, Свердловская область, Екатеринбург, ул. Гагарина, 35а, оф. 2.  
Тел.: 8(343)362-91-16