

Министерство образования и науки Российской Федерации

Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Оренбургский государственный университет»

А. М. Черноусова, В. Н. Шерстобитова

ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМЫ КОМПАС-3D ДЛЯ РАЗРАБОТКИ КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

Лабораторный практикум

Рекомендовано Ученым советом Государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Оренбургский государственный университет» в качестве учебного пособия для студентов, обучающихся по программам высшего профессионального образования по направлениям «Автоматизированные технологии и производства» и «Информатика и вычислительная техника»

Оренбург
ИПК ГОУ ОГУ
2010

УДК 681.51(075.8)
ББК 32.965я73
Ч49

Рецензент - заведующий кафедрой «Технология машиностроения, металлообрабатывающие станки и комплексы» Оренбургского государственного университета, доцент, доктор технических наук А. Н. Поляков

Черноусова, А. М.

Ч49 Применение системы КОМПАС-3D для разработки конструкторской документации: лабораторный практикум / А. М. Черноусова, В. Н. Шерстобитова; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург : ГОУ ОГУ, 2010. – 148 с.
ISBN

В лабораторном практикуме рассмотрены вопросы применения системы трехмерного твердотельного моделирования КОМПАС-3D для разработки структурных, функциональных, принципиальных схем систем управления, а также рабочих чертежей и трехмерных моделей их элементов. Представлен методический материал по шести лабораторным работам. Каждая из них включает теоретическое изложение материала, задания на выполнение лабораторных работ, содержание отчёта. Для самоподготовки к каждой работе приводятся тесты и контрольные вопросы.

Лабораторный практикум предназначен для закрепления теоретического материала и выполнения лабораторных работ по дисциплинам, связанным с разработкой конструкторской документации, для студентов всех форм, обучающихся по программам высшего профессионального образования по направлениям «Автоматизированные технологии и производства» и «Информатика и вычислительная техника».

Может быть использован студентами других специальностей и аспирантами при автоматизированном конструкторском проектировании, а также может быть полезен работникам машиностроения.

УДК 681.51(075.8)
ББК 32.965я73

ISBN

© Черноусова А. М.,
Шерстобитова В. Н., 2010
© ГОУ ОГУ, 2010

Содержание

Введение.....	5
1 Разработка структурных схем в КОМПАС-3D.....	7
1.1 Общие положения.....	7
1.1.1 Возможности системы трехмерного твердотельного моделирования КОМПАС-3D.....	7
1.1.2 Технология работы в КОМПАС-3D	8
1.1.3 Инструментальные панели КОМПАС-3D.....	12
1.1.4 Документация на автоматизированные системы.....	17
1.1.5 Построение структурных схем.....	20
1.2 Задание на выполнение работы.....	26
1.3 Содержание отчета.....	35
1.4 Тесты и контрольные вопросы.....	35
2 Разработка функциональных схем автоматизации.....	40
2.1 Общие положения.....	40
2.1.1 Работа с библиотеками.....	40
2.1.2 Функциональные схемы автоматизации.....	47
2.1.3 Библиотеки элементов функциональных схем автоматизации технологических процессов в КОМПАС-3D.....	55
2.2 Задание на выполнение работы.....	57
2.3 Содержание отчета.....	59
2.4 Тесты и контрольные вопросы.....	59
3 Разработка пневматических схем в КОМПАС-3D	63
3.1 Общие положения.....	63
3.1.1 Применение пневматических систем автоматизации.....	63
3.1.2 Условные графические обозначения пневматических средств.....	65
3.2 Задание на выполнение работы.....	68
3.3 Содержание отчета.....	71
3.4 Тесты и контрольные вопросы.....	71

4 Разработка электрических схем в КОМПАС-3D.....	75
4.1 Общие положения.....	75
4.1.1 Применение принципиальных электрических схем.....	75
4.1.2 Условные графические обозначения электрических элементов в КОМПАС-3D.....	78
4.2 Задание на выполнение работы.....	79
4.3 Содержание отчета.....	80
4.4 Тесты и контрольные вопросы.....	80
5 Разработка чертежа в КОМПАС-3D	86
5.1 Технология создания чертежа.....	86
5.2 Задание на выполнение работы.....	87
5.3 Содержание отчета.....	91
5.4 Тесты и контрольные вопросы.....	92
6 Построение трехмерных моделей.....	95
6.1 Общие положения.....	95
6.1.1 Трехмерное моделирование.....	95
6.1.2 Подходы к построению трехмерных объектов.....	97
6.1.3 Твердотельное моделирование в КОМПАС-3D	101
6.2 Задание на выполнение работы.....	108
6.3 Содержание отчета.....	111
6.4 Тесты и контрольные вопросы.....	111
Список использованных источников.....	115
Алфавитный указатель.....	122
Приложение А Примеры построения условных обозначений приборов и средств автоматизации в КОМПАС-3D	126
Приложение Б Примеры условных обозначений элементов пневмо- и гидросхем в КОМПАС-3D	135
Приложение В Примеры условных графических обозначений электрических элементов в КОМПАС-3D	139
Приложение Г Карта правильных ответов к тестам.....	148

Введение

Проектно-конструкторская проработка представляет собой важную часть жизненного цикла будущего изделия: принятые уже на этом этапе решения во многом определяют эффективность производства, сбыта и эксплуатации. В зависимости от решаемых задач (формирование облика изделия, выпуск конструкторской документации, построение электронного макета) конструкторскими подразделениями могут применяться системы различного уровня. Но на многих российских предприятиях для выполнения проектно-конструкторских работ применяется система трехмерного твердотельного моделирования КОМПАС-3D, разработчиком которой является компания АСКОН [1]. Предлагаемые АСКОН решения охватывают ключевые направления конструирования и проектирования, технологической подготовки производства, разработки и выпуска чертежно-конструкторской документации любого профиля, позволяют организовать на предприятии интегрированную среду управления инженерными данными.

Система КОМПАС-3D предназначена для создания трехмерных ассоциативных моделей отдельных деталей и сборочных единиц, содержащих как оригинальные, так и стандартизованные конструктивные элементы [2 - 19]. Параметрическая технология позволяет быстро получать модели типовых изделий на основе однажды спроектированного прототипа. Многочисленные сервисные функции облегчают решение вспомогательных задач проектирования и обслуживания производства. Система может успешно использоваться в машиностроении и приборостроении, архитектуре и строительстве, то есть везде, где необходимо разрабатывать и выпускать конструкторскую документацию.

КОМПАС-3D разработан специально для операционной среды Windows, содержит средства интеграции с различными CAD/CAM/CAE-системами, что позволяет значительно сократить сроки и затраты на конструкторско-технологическую подготовку производства за счет создания единого информационного пространства предприятия. В КОМПАС-3D возможно быстрое получение конструкторской и

технологической документации, включающей рабочие и сборочные чертежи, схемы, таблицы, спецификации, текстовые документы.

Основными компонентами КОМПАС-3D являются собственно система трехмерного твердотельного моделирования, универсальная система автоматизированного проектирования КОМПАС-График и модуль проектирования спецификаций. Все они легки в освоении, имеют русскоязычные интерфейс и справочную систему.

Учебное пособие состоит из методических указаний по выполнению шести лабораторных работ: «Разработка структурных схем в КОМПАС-3D», «Разработка функциональных схем автоматизации», «Разработка пневматических схем в КОМПАС-3D», «Разработка электрических схем в КОМПАС-3D», «Разработка чертежа в КОМПАС-3D», «Построение трехмерных моделей». Во время выполнения лабораторных работ студенты приобретают навыки автоматизированного построения различных чертежей со структурными, функциональными, принципиальными схемами, твердотельными моделями, выполняют индивидуальные задания. Для каждой лабораторной работы приводятся последовательность выполнения лабораторной работы и содержание отчета. Для самоподготовки к лабораторным работам приводятся тесты и контрольные вопросы.

Авторы с благодарностью примут замечания и предложения по содержанию учебного пособия по адресам: chern@mail.osu.ru или sveronika@yandex.ru.

1 Разработка структурных схем в КОМПАС-3D

Целью работы является приобретение навыков построения структурных схем автоматизированных систем, выполнение индивидуального задания.

1.1 Общие положения

1.1.1 Возможности системы трехмерного твердотельного моделирования КОМПАС-3D

Система КОМПАС-3D предоставляет широчайшие возможности автоматизации проектно-конструкторских работ в различных отраслях промышленности. Она успешно используется в машиностроительном проектировании, при проектно-строительных работах, составлении различных планов и схем [2 - 19]. Данная система разработана компанией АСКОН, которая занимает ведущее место среди разработчиков пакетов программ, автоматизирующих конструкторскую деятельность [1].

Система изначально ориентирована на полную поддержку стандартов ЕСКД. При этом она обладает возможностью гибкой настройки на стандарты предприятия. Средства импорта/экспорта графических документов позволяют организовать обмен данными со смежниками и заказчиками, использующими любые чертежно-графические системы. КОМПАС-3D поддерживает форматы DXF, DWG, IGES. Весь функционал КОМПАС-3D подчинен целям скоростного создания высококачественных чертежей, схем, расчетно-пояснительных записок, технических условий, инструкций и прочих документов.

Преимущества работы пользователя:

- продуманный и удобный интерфейс, делающий работу конструктора быстрой и приносящей удовольствие;
- многолистовые чертежи;
- разнообразные способы и режимы построения графических примитивов (в том числе ортогональное черчение, привязка к сетке и так далее);
- управление порядком отрисовки графических объектов;

- мощные средства создания параметрических моделей для часто применяемых типовых деталей или сборочных единиц;
- создание библиотек типовых фрагментов без какого-либо программирования;
- любые стили линий, штриховок, текстов;
- многочисленные способы простановки размеров и технологических обозначений;
- автоподбор допусков и отклонений;
- быстрый доступ к типовым текстам и обозначениям;
- встроенный текстовый редактор;
- встроенный табличный редактор.

КОМПАС-3D автоматически генерирует ассоциативные виды трехмерных моделей (в том числе разрезы, сечения, местные разрезы, местные виды, виды по стрелке, виды с разрывом). Все они ассоциированы с моделью: изменения в модели приводят к изменению изображения на чертеже. Стандартные виды автоматически строятся в проекционной связи. Данные в основной надписи чертежа (обозначение, наименование, масса) синхронизируются с данными из трехмерной модели.

Практичность (usability) — совокупность свойств инструмента, влияющих на эффективность его использования в конкретной предметной деятельности. Возможности интерфейса КОМПАС-3D выражаются в:

- применимости инструментов;
- легкости освоения и использования;
- воспроизводимости полученных навыков;
- низкой частоте ошибок и других факторах [7].

Эффективность работы в системе складывается из многих составляющих, таких как функциональность, удобство работы, надежность, скорость.

1.1.2 Технология работы в КОМПАС-3D

Система КОМПАС-3D является стандартным приложением Windows. КОМПАС-3D – многооконная и многодокументная система. В ней могут быть одновре-

менно открыты окна всех типов документов КОМПАС-3D: моделей, чертежей, фрагментов, текстово-графических документов и спецификаций. Каждый документ может отображаться в нескольких окнах.

Запуск КОМПАС-3D осуществляется аналогично другим программам:

- нажать кнопку **Пуск**, которая расположена в левом нижнем углу экрана;
- в главном меню Windows выбрать команду **Программы**;
- в раскрывающемся каскадном меню выбрать группу **АСКОН**, в которой содержится несколько других групп;
- активизировать группу **КОМПАС-3D**; команда с тем же названием позволяет запустить систему; остальные команды в группе (**Справка по КОМПАС-3D**, **Информация о версии** и другие) носят вспомогательный и справочный характер;
- вызвать команду **КОМПАС-3D**.

Начнется загрузка программы. По окончании процесса загрузки на экране появится окно КОМПАС-3D. Система готова к работе. После первого запуска КОМПАС-3D в окне программы нет ни одного открытого документа. При установке КОМПАС-3D на жестком диске компьютера создается папка Samples, в которой находятся несколько демонстрационных документов системы.

На рисунке 1.1 представлено главное окно графического редактора КОМПАС. Документы, создаваемые в КОМПАС-3D, хранятся на жестком диске в виде файлов. Работа с этими файлами осуществляется стандартными средствами операционной системы.

Используя систему КОМПАС-3D, можно создавать следующие *документы* (рисунок 1.2):

- графические документы (*Чертеж, Фрагмент*);
- текстовые документы (*Спецификация, Текстовый документ*);
- трехмерные модели (*Деталь, Сборка*).

Чертеж является основным типом документов КОМПАС-3D. Чертеж системы полностью соответствует листу чертежа, который создает конструктор при черчении на кульмане. В состав чертежа входят рамки, основная надпись, технические требования, обозначения неуказанной шероховатости, один или несколько видов.

КОМПАС-3D V10 (ЗАЩИТА) - [кольцо.sdw -> Системный вид]

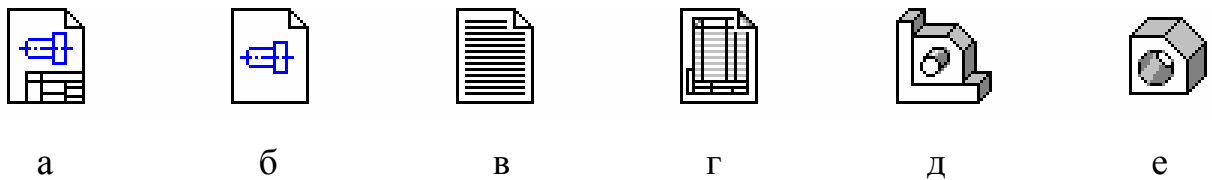
Заголовок окна программы
 Строка меню
 Панель "Текущее состояние"
 Стандартная панель инструментов
 Панель инструментов
 Строка сообщения

1. 12 пазов шириной 4,40±, размещать равномерно по окружности.
 2. Допуски на свободные размеры по А., - В.
 3. Острые края снять.

Имя документа	№ документа	Код документа	Дата	Исполнитель
КОЛЬЦО				
Имя файла	№ файла	Код файла	Дата	Исполнитель
Ст. ГОСТ 380-60				
Имя листа	№ листа	Код листа	Дата	Исполнитель

Щелкните левой кнопкой мыши на объекте для его выделения (вместе с Ctrl или Shift - добавлять к выделенным).

Рисунок 1.1 – Главное окно системы КОМПАС-3D



а - чертеж; б - фрагмент; в - текстовый документ; г - спецификация;
д - сборка; е - деталь

Рисунок 1.2 – Типы документов

Некоторые из этих элементов на чертеже могут отсутствовать, но для них зарезервировано место и они могут быть созданы в любой момент. Размеры чертежей соответствуют установленным форматам.

Фрагмент КОМПАС-3D в отличие от чертежа полностью лишен элементов оформления и представляет собой пустой электронный лист неограниченного размера.

Как и любые другие объекты в операционной системе Windows, файлы чертежей и фрагментов КОМПАС-3D отображаются определенными *пиктограммами* (значками). Нужный тип значка сопоставляется файлам каждого типа операционной системой. Имена файлов задает пользователь. По имени документа можно отыскать созданный чертеж или фрагмент среди всех документов, которые хранятся на жестком диске компьютера.

Для создания документа, который далее будет передаваться на подпись руководителю или преподавателю, в отдел нормоконтроля, в другие отделы, цехи и далее в архив, необходимо создать чертеж. Фрагмент лучше подходит для следующих целей: при разработке эскиза для «внутреннего использования»; при размышлениях за компьютером над будущей конструкцией; при проработке нескольких эскизных прорисовок. Несмотря на кажущуюся ограниченность, фрагменты широко используются в компьютерном черчении. Свободные от элементов оформления, они идеально подходят для хранения созданных ранее типовых решений, которые можно многократно вставлять во вновь разрабатываемые чертежи, экономя на этом значительное количество времени. Фрагмент изображения затем можно вставить в чер-

теж. Неважно, что эти детали имеют какие-то различия. Вставленное в документ изображение можно откорректировать. Это всегда быстрее и проще, чем чертить его заново.

КОМПАС-3D позволяет свободно перемещать изображение между документами как одного, так и разных типов. Поэтому в любой момент можно переместить или скопировать построенное изображение из фрагмента в чертеж или обратно.

Чертежи и фрагменты системы КОМПАС-3D хранятся в файлах разных типов. Тип файла указывается его расширением. Расширение имени файла может содержать до трех символов. Оно отделяется от имени символом «точка». Файлы чертежей имеют расширение *cdw*, а фрагменты – *frw*. При задании имен файлов расширения задавать не нужно. Система присваивает их автоматически в зависимости от типа созданного документа.

Деталь – модель изделия, изготавливаемого из однородного материала, без применения сборочных операций. Файл детали имеет расширение *m3d*.

Сборка – модель изделия, состоящего из нескольких деталей с заданным взаимным положением. В состав сборки могут также входить другие сборки (подсборки) и стандартные изделия. Файл сборки имеет расширение *a3d*.

Спецификация – документ, содержащий информацию о составе сборки, представленную в виде таблицы. Спецификация оформляется рамкой и основной надписью. Она часто бывает многостраничной. Файл спецификации имеет расширение *spw*.

Текстовый документ – документ, содержащий преимущественно текстовую информацию, оформляется рамкой и основной надписью. Он часто бывает многостраничным. Файл текстового документа имеет расширение *kdw*.

1.1.3 Инструментальные панели КОМПАС-3D

Инструментальные панели содержат кнопки вызова команд построения геометрических объектов, их редактирования, простановки размеров и других. Эти команды могут быть также вызваны с помощью **Строки меню**.

Кнопки, активизирующие инструментальные панели, находятся на «Компактной панели». По умолчанию она расположена в левой части программного окна системы (рисунок 1.3). Для удобства работы место расположения «Компактной панели» может быть изменено. Состав «Компактной панели» зависит от типа активного документа. Например, если активен документ типа «чертеж», по умолчанию на этой панели находятся следующие кнопки: **Геометрия**, **Размеры**, **Обозначения**, **Обозначения для ПСП**, **Редактирование**, **Параметризация**, **Измерения 2D**, **Выделение**, **Ассоциативные виды**, **Спецификация**. Активизация инструментальных панелей, входящих в состав «Компактной панели», с помощью меню **Вид** невозможна.

Команды, сгруппированные на панели **Геометрия** (рисунок 1.4), предназначены для построения геометрических примитивов и выполнения операций на плоскости: **Точка**, **Вспомогательная прямая**, **Отрезок**, **Окружность**, **Дуга**, **Эллипс**, **Непрерывный ввод объектов**, **Линия**, **Кривая Безье**, **Фаска**, **Скругление**, **Прямоугольник**, **Собрать контур**, **Эквидистанта кривой**, **Штриховка**, **Спроецировать объект**.

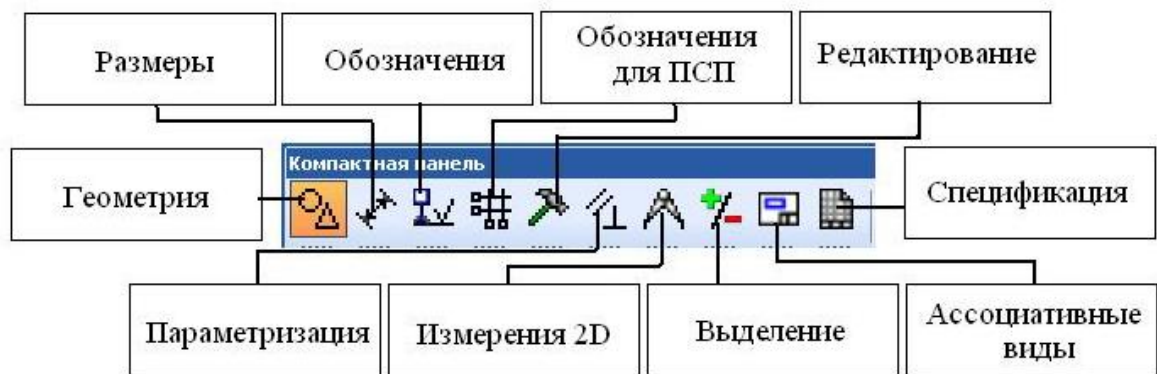


Рисунок 1.3 – Инструментальная панель

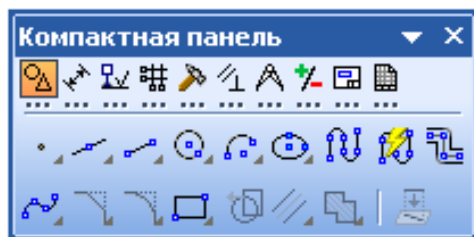


Рисунок 1.4 – Инструментальная панель Геометрия

Команды, сгруппированные на панели **Размеры** (рисунок 1.5), позволяют про- ставлять на чертежах размеры различных типов. На данной панели расположены команды простановки линейного, диаметрального, радиального, углового размеров, авторазмера, размеров дуги, окружности, высоты.



Рисунок 1.5 – Инструментальная панель **Размеры**

Панель **Обозначения** (рисунок 1.6) содержит команды для ввода текста, таб- лиц, линий-выносок, обозначений позиций, допусков формы, линий разреза, стрелок взгляда, выносного элемента, осевой линии по двум точкам, автоосевой, обозначе- ния центра, волнистой линии.



Рисунок 1.6 – Инструментальная панель **Обозначения**

Обозначения для ПСП (рисунок 1.7) – это команды, необходимые для вы- полнения команд простановки обозначений для ПСП (промышленного строительно- го проектирования): марки/позиционного обозначения без линии выноски, обозна- чения угла, номера узла, выносной надписи, фигурной скобки, прямой координаци- онной оси.

Команды, расположенные на панели **Редактирование** (рисунок 1.8), позволя- ют редактировать геометрические объекты: выполнить сдвиг, поворот, масштабиро- вание, симметрию, копирование, деформацию сдвигом, усечь кривую, разбить кри- вую, очистить область, преобразовать в NURBUS.

Пиктограммы на некоторых кнопках могут быть серого цвета. Команды, вы- зываемые такими кнопками, временно недоступны. Это означает, что в данный мо-



Рисунок 1.7 – Инструментальная панель **Обозначения** для ПСП



Рисунок 1.8 – Инструментальная панель **Редактирование**

мент отсутствуют условия, необходимые для их выполнения. Например, команда **Сдвиг** недоступна, если в документе не выделен ни один объект.

Команды панели **Параметризация** (рисунок 1.9) предназначены для наложения связей и ограничений на геометрические объекты. Некоторые кнопки сгруппированы по типам команд, которые они вызывают, например, группа кнопок для параметризации точек. На панели отображается только одна кнопка из группы. Чтобы увидеть остальные кнопки группы и выбрать одну из них, нужно нажать на видимую кнопку группы и не отпускать кнопку мыши. Через секунду рядом с курсором появится панель, содержащая остальные кнопки для вызова команд выбранного типа (*расширенная панель команд*). По-прежнему не отпуская кнопку мыши, необходимо переместить курсор на кнопку вызова нужной команды. Отпустить кнопку мыши. При этом выбранная кнопка появится на инструментальной панели, а соответствующая ей команда будет активизирована. Кнопки, позволяющие вызвать расширенную панель команд, отмечены маленьким черным треугольником в правом нижнем углу.

Используя команды панели **Измерения 2D** (рисунок 1.10), можно измерять расстояния между двумя точками, двумя точками и кривой, от кривой до точки, между двумя кривыми, углы между двумя прямыми, по трем точкам, длину кривой, площади геометрических объектов на чертежах, а также координаты точки, рассчитать массо-центровочные характеристики (МЦХ) плоской фигуры.



Рисунок 1.9 – Инструментальная панель **Параметризация**

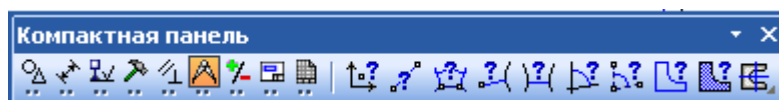


Рисунок 1.10 – Инструментальная панель **Измерения 2D**

Необходимым условием выполнения части команд является наличие на чертеже выделенных объектов. Именно к этим объектам будет применено действие команды. Чтобы выделять объекты и исключать из числа выделенных в КОМПАС-документах, следует использовать команды, расположенные на панели **Выделение** (рисунок 1.11).

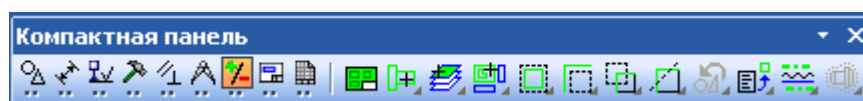


Рисунок 1.11 – Инструментальная панель **Выделение**

Команды панели **Ассоциативные виды** (рисунок 1.12) предназначены для создания различных видов на чертеже. Команды, позволяющие работать со спецификациями, расположены на панели **Спецификация** (рисунок 1.13). Состав «Компактной панели» зависит от типа открытого документа.



Рисунок 1.12 – Инструментальная панель **Ассоциативные виды**



Рисунок 1.13 – Инструментальная панель **Спецификация**

1.1.4 Документация на автоматизированные системы

Процесс создания автоматизированных систем (АС) представляет собой совокупность упорядоченных во времени, взаимосвязанных, объединенных в стадии и этапы работ, выполнение которых необходимо и достаточно для создания АС, соответствующей заданным требованиям. Стадии и этапы создания АС выделяются как части процесса создания по соображениям рационального планирования и организации работ, заканчивающихся заданным результатом. Работы по развитию АС осуществляют по стадиям и этапам, применяемым для создания АС. ГОСТ 34.601-90 [20] предусматривает следующие стадии и этапы создания автоматизированных систем:

- формирование требований к АС (обследование объекта и обоснование необходимости создания АС; формирование требований пользователя к АС; оформление отчета о выполненной работе и заявки на разработку АС);
- разработка концепции АС (изучение объекта; проведение необходимых научно-исследовательских работ; разработка вариантов концепции АС и выбор варианта концепции АС, удовлетворяющего требованиям пользователя; оформление отчета о выполненной работе);
- техническое задание;
- эскизный проект (разработка предварительных проектных решений по системе и ее частям; разработка документации на АС и ее части);
- технический проект (разработка проектных решений по системе и ее частям; разработка документации на АС и ее части; разработка и оформление документации на поставку изделий для комплектования АС и технических требований на их разра-

ботку; разработка заданий на проектирование в смежных частях проекта объекта автоматизации);

- рабочая документация (разработка рабочей документации на систему и ее части; разработка или адаптация программ);

- ввод в действие (подготовка объекта автоматизации к вводу АС в действие; подготовка персонала; комплектация АС поставляемыми изделиями; строительно-монтажные работы; пусконаладочные работы; проведение предварительных испытаний; проведение опытной эксплуатации; проведение приемочных испытаний);

- сопровождение АС (выполнение работ в соответствии с гарантийными обязательствами; послегарантийное обслуживание).

При проектировании автоматизированных систем (АС) разрабатывается документация на нее. В соответствии с [21] к документации на автоматизированную систему относится комплект взаимоувязанных документов, полностью определяющих технические требования к АС, проектные и организационные решения по созданию и функционированию АС.

К *конструкторским документам* [22] относят графические и текстовые документы, которые в отдельности или в совокупности определяют состав и устройство изделия и содержат необходимые данные для его разработки или изготовления, контроля, приемки, эксплуатации и ремонта. Документация содержит чертежи, ведомости комплектующих деталей, схемы, расчеты, пояснительные записки, технические условия (ТУ) и другие необходимые материалы [23]. Взаимосвязанные правила и положения по порядку разработки, оформления и обращения конструкторской документации входят в комплекс государственных стандартов – *Единую систему конструкторской документации* (ЕСКД).

Разработка конструкторской документации осуществляется на основании технического задания. *Техническое задание* – документ, оформленный в установленном порядке и определяющий цели создания АС, требования к АС и основные исходные данные, необходимые для ее разработки, а также план-график создания АС. Он устанавливает основное назначение, показатели качества разрабатываемого изделия,

его технические и тактико-технические характеристики, технико-экономические требования, предъявляемые к нему, необходимые стадии разработки конструкторской документации, ее состав, а также специальные требования к изделию [21].

Согласно ГОСТ 2.103-68 [24] предусмотрено *четыре стадии разработки конструкторской документации* на изделия всех отраслей промышленности:

- техническое предложение;
- эскизный проект;
- технический проект;
- рабочая документация.

Техническое предложение – это совокупность конструкторских документов, которые должны содержать технические и технико-экономические обоснования целесообразности разработки документации изделия на основании анализа технического задания заказчика и различных вариантов возможных решений изделий, сравнительной оценки решений с учетом конструктивных и эксплуатационных особенностей разрабатываемого и существующих изделий и патентные изделия.

Эскизный проект – это совокупность конструкторских документов, которые должны содержать принципиальные конструктивные решения, дающие общее представление об устройстве и принципе работы изделия, а также данные, определяющие назначение, основные параметры и габаритные размеры разрабатываемого изделия.

Технический проект – это совокупность конструкторских документов, которые должны содержать окончательные технические решения, дающие полное представление об устройстве разрабатываемого изделия, и исходные данные для разработки рабочей документации.

Рабочая документация – это комплект проектных документов на АС, разрабатываемый на стадии «Рабочая документация», содержащий взаимоувязанные решения по системе в целом, ее функциям, всем видам обеспечения АС, достаточные для комплектации, монтажа, наладки и функционирования АС, ее проверки и обеспечения работоспособности. Она разрабатывается для опытной партии изделия и для серийного (массового) производства. Рабочая документация включает коррек-

тировку конструкторских документов по результатам изготовления контрольной серии.

Рабочие чертежи выполняются в соответствии с ЕСКД, действующими стандартами на условные обозначения, руководящими и нормативными документами по проектированию и монтажу систем автоматики, электрического и противопожарного проектирования.

В состав конструкторской документации могут входить следующие графические материалы [25]:

- структурные и функциональные схемы автоматических систем;
- принципиальные электрические, гидравлические, пневматические схемы управления, регулирования, блокировки, сигнализации, а также электрические схемы питания;
- общие виды и монтажные схемы щитов и пунктов;
- схемы внешних электрических и трубных проводок, а также их монтажные чертежи;
- чертежи установки аппаратуры, щитов и пультов и так далее.

1.1.5 Построение структурных схем

При разработке проекта автоматизации в первую очередь необходимо решить, с каких мест те или иные участки объекта будут управляться, где будут размещаться пункты управления, операторские помещения, какова должна быть взаимосвязь между ними, то есть необходимо решить вопросы выбора структуры управления. Под *структурой управления* понимается совокупность частей автоматической системы, на которые она может быть разделена по определенному признаку, а также пути передачи воздействий между ними [23]. Графически структура управления изображается на структурной схеме.

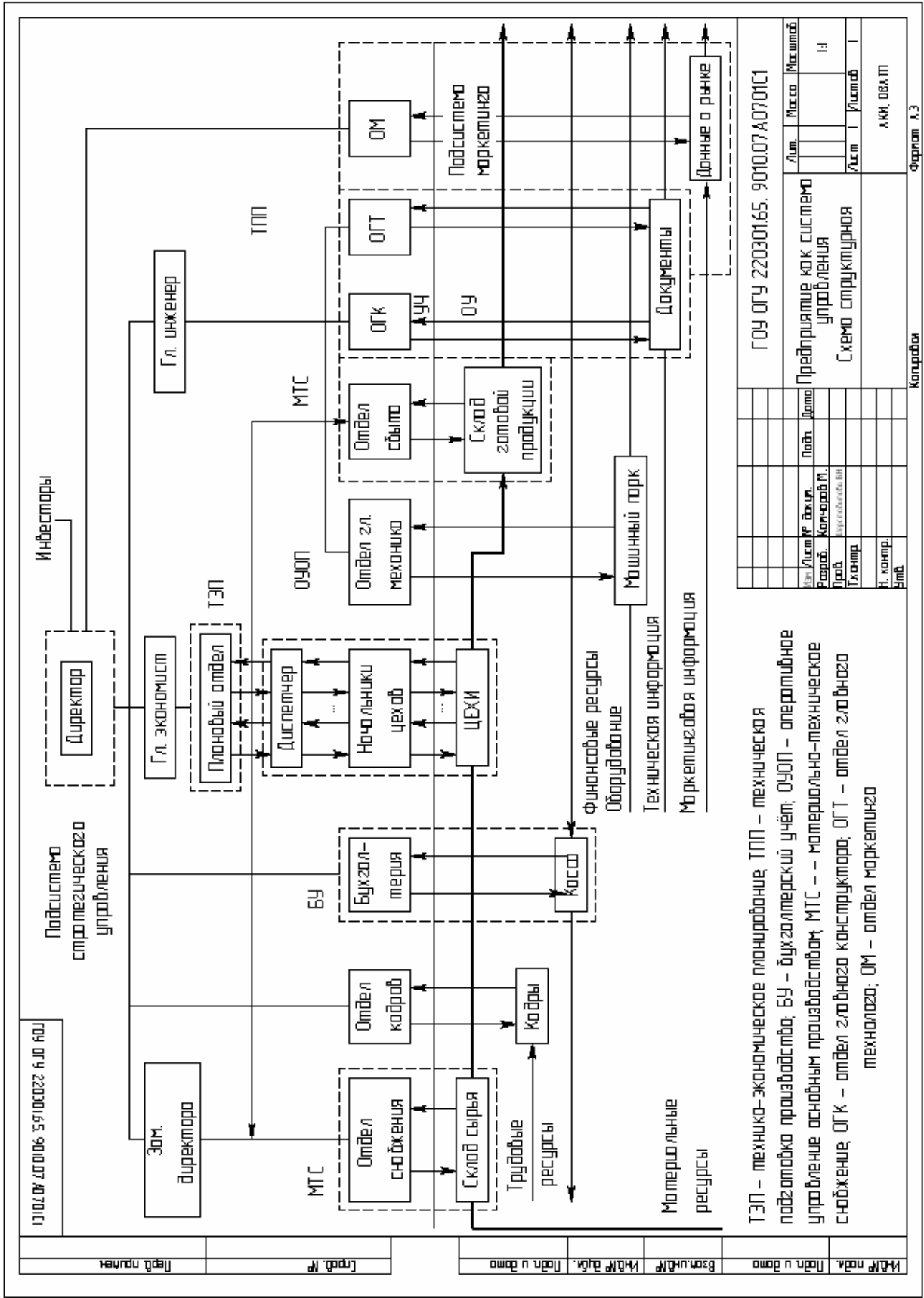
Схема структурная – это схема, определяющая основные функциональные части изделия, их назначение и взаимосвязи [26]. Структурные схемы разрабатывают при проектировании систем на стадиях, предшествующих разработке схем дру-

гих типов, они показывают техническую сущность управления объектом. Такие схемы разрабатываются с учетом особенностей управляемого объекта и служат основой для дальнейшей детализации решений с помощью схем автоматизации (функциональных) технологических процессов. Структурные схемы представляют в виде цепочки элементов, каждый из которых подвержен действию одного или нескольких входных воздействий, в результате чего изменяются выходные параметры этого элемента [27].

На структурной схеме отображаются в общем виде основные решения проекта по функциональной, организационной и техническим структурам автоматизированной системы управления с соблюдением иерархии системы и взаимосвязи между пунктами контроля и управления, оперативным персоналом и технологическим объектом управления. Принятые при выполнении структурной схемы принципы организации оперативного управления технологическим объектом, состав и обозначения отдельных элементов структурной схемы должны сохраняться во всех проектных документах, в которых они конкретизируются и детализируются. На структурной схеме показываются [28]:

- технологические подразделения автоматизируемого объекта (отделения, участки, цеха);
- пункты контроля и управления (местные щиты, операторские и диспетчерские пульты и так далее);
- специализированные службы, обеспечивающие оперативное управление и нормальное функционирование технологического объекта;
- основные функции и технические средства, обеспечивающие их реализацию в каждом пункте контроля и управления;
- взаимосвязь подразделений технологического объекта, пунктов контроля и управления и технологического персонала между собой и с вышестоящей системой управления.

На рисунке 1.14 приведен пример выполнения чертежа со структурной схемой «Предприятие как система управления».



ГОУ ОУУ 22030165. 9010.07.А0701С1		Лист	Масштаб
Предприятие как система управления		Лист	Масштаб
Схема структурная		Лист	Масштаб
И.И.И.И.	М.М.М.М.		
И.И.И.И.	М.М.М.М.		
И.И.И.И.	М.М.М.М.		
И.И.И.И.	М.М.М.М.		
И.И.И.И.	М.М.М.М.		
И.И.И.И.	М.М.М.М.		
И.И.И.И.	М.М.М.М.		
И.И.И.И.	М.М.М.М.		

ТЭП – технико-экономическое планирование; ТПП – техническая подсистема планирования; БУ – бухгалтерский учет; ОУОП – оперативное управление основным производством; МТС – материально-техническое снабжение; ОГК – отдел главного конструктора; ОГТ – отдел главного технолога; ОМ – отдел маркетинга

Рисунок 1.14 – Структурная схема «Предприятие как система управления»

ГОСТ 2.702-75 [29] определяет следующие шесть *правил выполнения структурных схем*.

Правило 1. На структурной схеме изображают все основные функциональные части изделия (элементы, устройства и функциональные группы) и основные взаимосвязи между ними.

Правило 2. Функциональные части на схеме изображают в виде прямоугольника или условных графических обозначений.

Правило 3. Графическое построение схемы должно давать наиболее наглядное представление о последовательности взаимодействия функциональных частей в изделии. На линиях взаимосвязей рекомендуется стрелками обозначать направление хода процессов, происходящих в изделии.

Правило 4. На схеме должны быть указаны наименования каждой функциональной части изделия, если для ее обозначения применен прямоугольник. На схеме допускается указывать тип элемента (устройства) и (или) обозначение документа (основной конструкторский документ, государственный стандарт, технические условия), на основании которого этот элемент (устройство) применен. При изображении функциональных частей в виде прямоугольников наименования, типы и обозначения рекомендуется вписывать внутрь прямоугольников.

Правило 5. При большом количестве функциональных частей допускается взамен наименований, типов и обозначений проставлять порядковые номера справа от изображения или над ним, как правило, сверху вниз в направлении слева направо. В этом случае наименования, типы и обозначения указывают в таблице, помещаемой на поле схемы.

Правило 6. Допускается помещать на схеме поясняющие надписи, диаграммы или таблицы, определяющие последовательность процессов во времени, а также указывать параметры в характерных точках

Понятие структурная схема может относиться как к системе автоматического управления, так и к системе автоматического регулирования. В первом случае под структурной схемой понимается графическое представление системы управления проектируемыми объектами, изображенное в виде условных обозначений объектов,

пунктов управления, щитов управления и связей между ними. Главное назначение такой схемы – показать административно-техническую сущность централизованного управления производством. Во втором случае под структурной схемой понимается представление системы автоматического регулирования в виде замкнутых или разомкнутых контуров, составленных из типовых динамических звеньев с одной степенью свободы.

Исходя из требований проектирования вообще и требований проектирования с помощью вычислительной техники, в частности, рассмотрим оба вида структурных схем.

Структурная схема управления заводом, как, например, приведенная на рисунке 1.15, типична и, как правило, разрабатывается для сложных объектов, с большим числом подразделений, требующих оперативного руководства. Такие структурные схемы содержат изображения центральных пунктов управления и их технических средств, пунктов управления периферийных и промежуточных объектов со своими техническими средствами, изображения вспомогательных служб, основных технологических связей, связей оперативного управления, связей с внешними абонентами и другие.

Характерным для структурных схем, типа изображенной на рисунке 1.15, является наличие ярусов или ступеней управления, иерархичность построения. В соответствии с этим различают одно-, двух-, трех- и многоступенчатое управление. Структурные схемы бывают как с постоянными, так и с переменными связями. Наличие тех или иных связей определяется характером производства, меняющимися условиями, требованиями к выпускаемой продукции. Среди структур с переменными связями выделяются адаптивные системы, которые могут перестраиваться и приспособляться к условиям работы таким образом, что вероятность нарушения их нормальной работы при изменившихся внешних условиях становится минимальной.

При проектировании сложных систем автоматического регулирования большое значение имеет анализ структурных схем автоматического регулирования, на которых отражены воздействия и их приложения, а также пути распространения

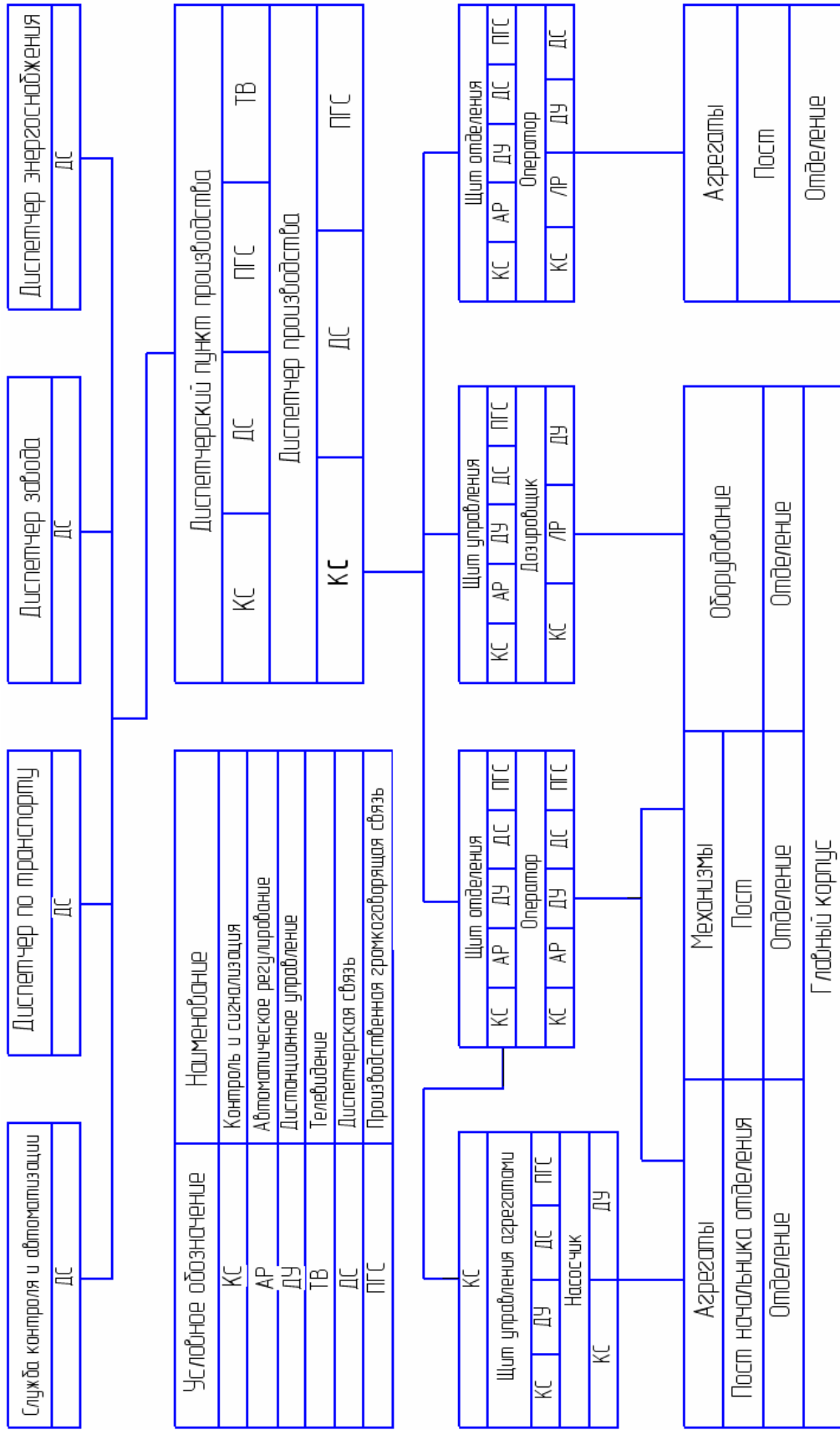


Рисунок 1.15 – Пример структурной схемы управления заводом

сигналов между элементами системы. Структурные схемы, состоят из следующих структурных элементов:

а) *динамических* (осуществляют функциональные связи между их входом и выходом, преобразующих, характер или структуру сигнала);

б) *статических* (сравнения, точек разветвления, связей или линий распространения сигналов, точек приложения воздействий, логических для осуществления логических операций).

При построении структурных схем принимается, что звенья имеют направленность действия, то есть допускают прохождение сигнала лишь в одном направлении. Для звеньев, допускающих прохождение сигнала в обоих направлениях, применяются дополнительные звенья, преобразующие ненаправленное звено в комплекс направленных звеньев. Пример построения структурной схемы для системы автоматического регулирования приведен на рисунке 1.16.

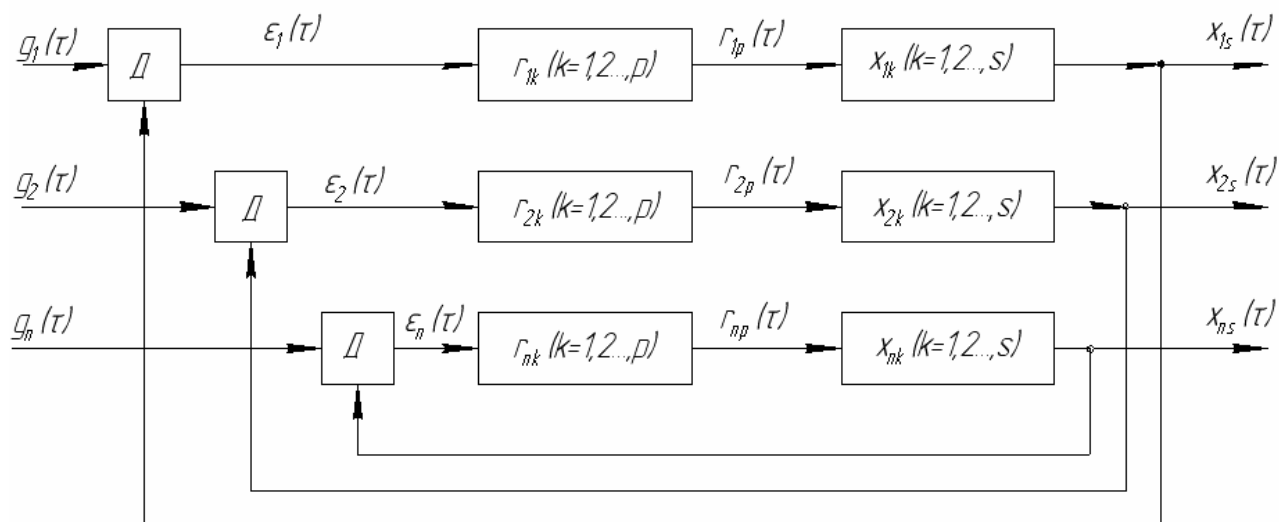
1.2 Задание на выполнение работы

1.2.1 Создать новый чертеж с именем «Структурная схема 1» формата А3, горизонтальной ориентации, типом основной надписи **Чертеж конструкторский**. Сохранение его необходимо осуществить на жестком диске D: в папке с именем «Лабораторная работа 1». Эта папка должна быть создана в папке с именем группы. Структурная схема, которую необходимо построить, представлена на рисунке 1.15.

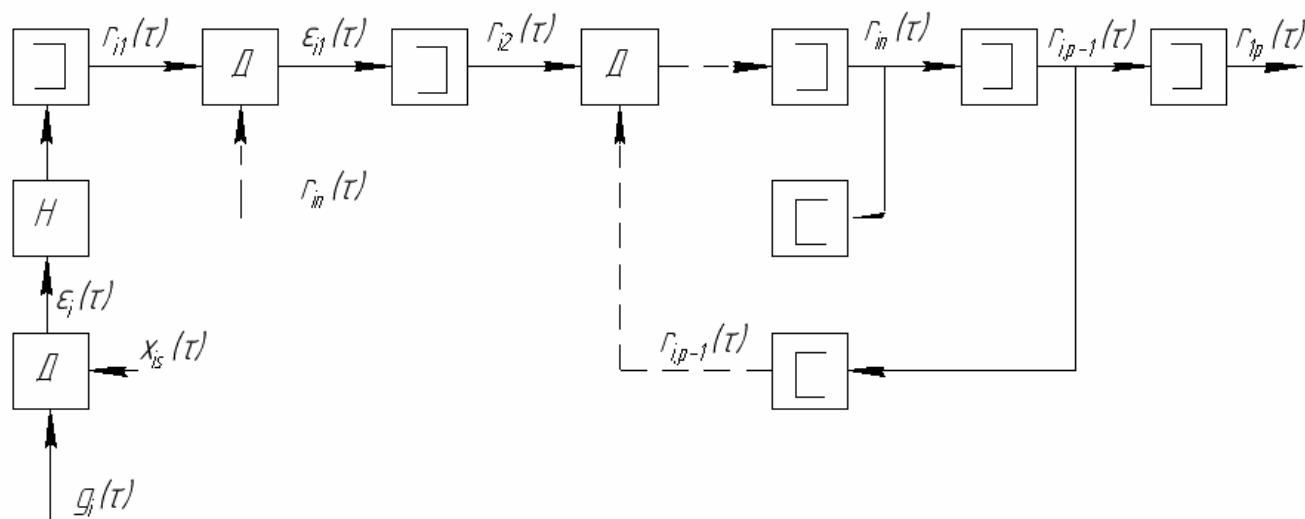
Для выполнения задания необходимо сделать следующие этапы.

Этап 1. Чтобы создать новый чертеж, необходимо вызвать команду **Файл => Создать**.

Этап 2. В появившемся на экране диалоге на вкладке **Новые документы** выбрать вариант **Чертеж** (рисунок 1.17). На экране появится новый чертеж в масштабе 1:1. В окне документа будет показана его основная надпись (рисунок 1.18).



а



б

а – независимая; б – зависимая

Рисунок 1.16 – Пример структурной схемы для системы автоматического регулирования

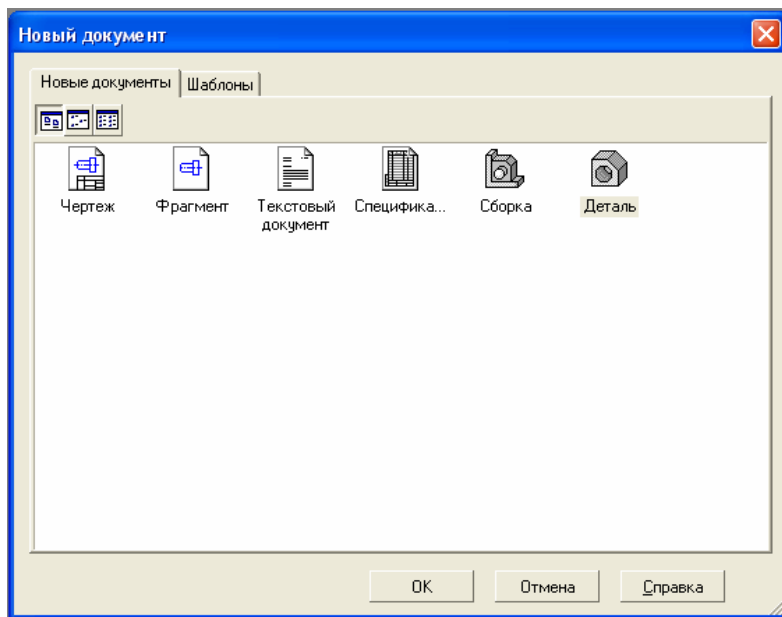


Рисунок 1.17 – Выбор типа создаваемого документа

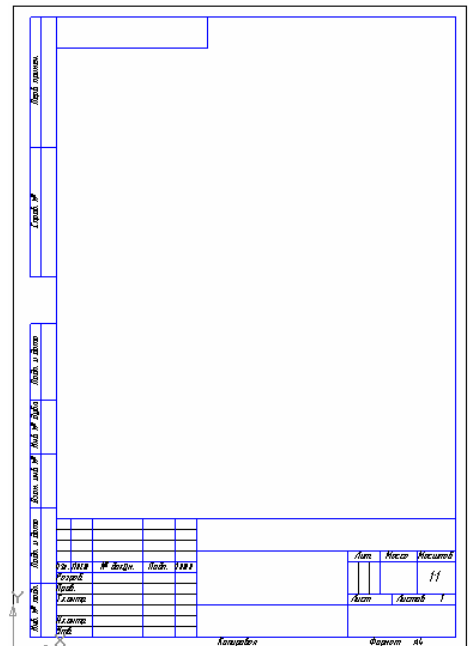



Рисунок 1.18 – Новый чертеж

Этап 3. Нажать кнопку **Показать все**  на панели **Вид**;

Масштаб отображения документа изменится таким образом, чтобы он целиком помещался на экране. По умолчанию создается лист формата А4 вертикальной ориентации и с типом основной надписи «*Чертеж конструкторский, первый лист*».

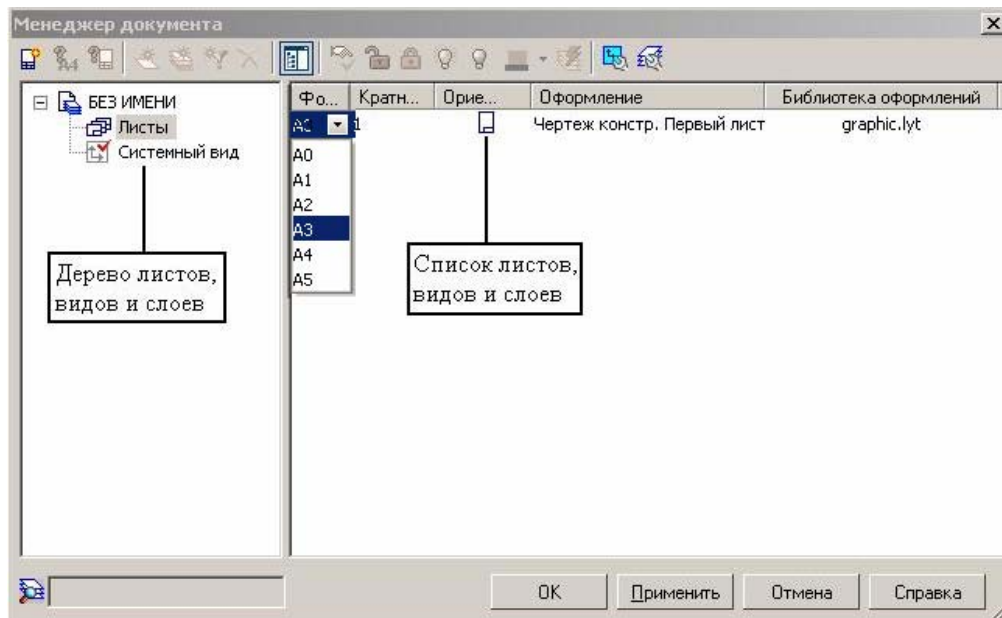
Этап 4. Для изменения параметров документа.

Для управления листами, видами и слоями в системе предусмотрен специальный элемент интерфейса — **Менеджер документа**. Для изменения параметров документа выполнить следующие действия:

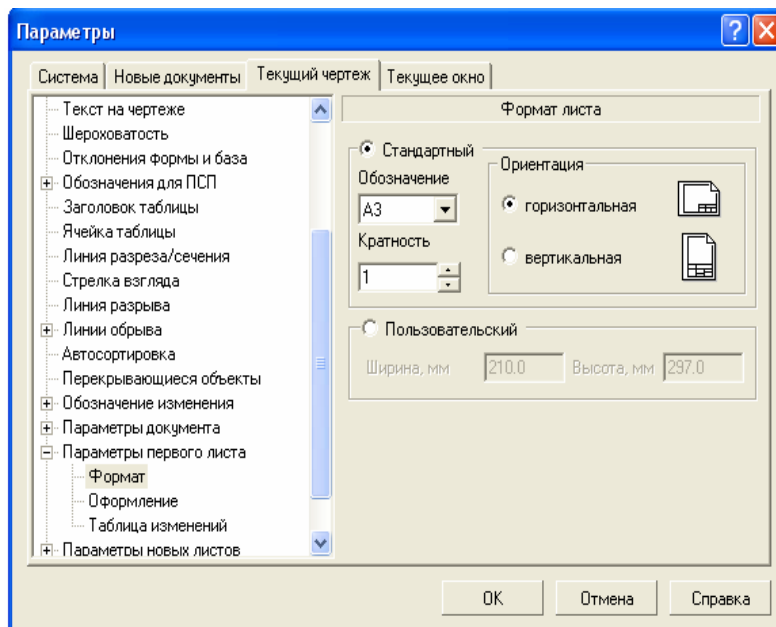
- нажать кнопку **Менеджер документа**  на панели **Стандартная**;
- в **Дереве листов** выбрать ветвь «Листы» (рисунок 1.19, а);
- щелкнуть мышью на строке параметров листа в правой части окна **Менеджера документа**;
- раскрыть **Список форматов** и указать «А3»;
- на вкладке **Ориентация** выбрать горизонтальную ориентацию листа;
- нажать кнопку **ОК**.

Вторым способом изменения характеристик чертежа является использование настроек параметров документа в меню **Сервис**:

- вызвать команду **Сервис => Параметры**. На экране появится диалог **Параметры** (рисунок 1.19, б);



а) Использование Менеджера документа



б) Использование команды **Параметры => Сервис**

Рисунок 1.19 – Диалог настройки параметров текущего чертежа

- активизировать вкладку **Текущий чертеж**;

- в списке разделов настройки документа в левой части окна найти раздел **Параметры первого листа**. Щелчком по символу <+> слева от названия раздела раскрыть его содержимое;

- щелчком мыши сделать текущей строку **Формат**. В правой части диалога появятся элементы управления, обеспечивающие настройку формата листа. По умолчанию активизирован вариант **Стандартный**. Он позволяет выбирать форматы листа из стандартного ряда;

- из раскрывающегося списка **Обозначение** выбрать вариант А3;

- активизировать вариант **Горизонтальная** в группе **Ориентация**;

- чтобы изменить оформление, щелчком мыши сделать текущей строку

Оформление;

- из раскрывающегося списка **Название** выбрать оформление «*Чертеж конструкторский. Первый лист. ГОСТ 2.104-2006*» (рисунок 1.20);

- задать параметры текста на чертеже, выбрав раздел **Текст на чертеже** и нажав кнопку «Шрифт». В окне **Параметры шрифта** задать шрифт GOST Type A, высота 5 мм, сужение 1, начертание выбрать «*Курсив*». Закрыть диалоговое окно, нажав кнопку **ОК**.

В КОМПАС-3D оформление полностью определяет внешний вид и свойства документа. В комплект поставки системы входят 64 оформления. Таким образом, можно получить 64 бланка различных конструкторских и технологических документов. В дополнение к этому с помощью встроенного редактора оформлений можно изменить любое из существующих оформлений или создать любое количество своих собственных оформлений.

Формат документа, его ориентацию и оформление можно неоднократно менять непосредственно во время работы над чертежом. Изменение этих параметров не оказывает никакого влияния на содержимое документа, возможно, придется лишь выполнить дополнительную работу по компоновке чертежа.

Этап 5. Нажать кнопку **ОК**, чтобы закрыть диалог.

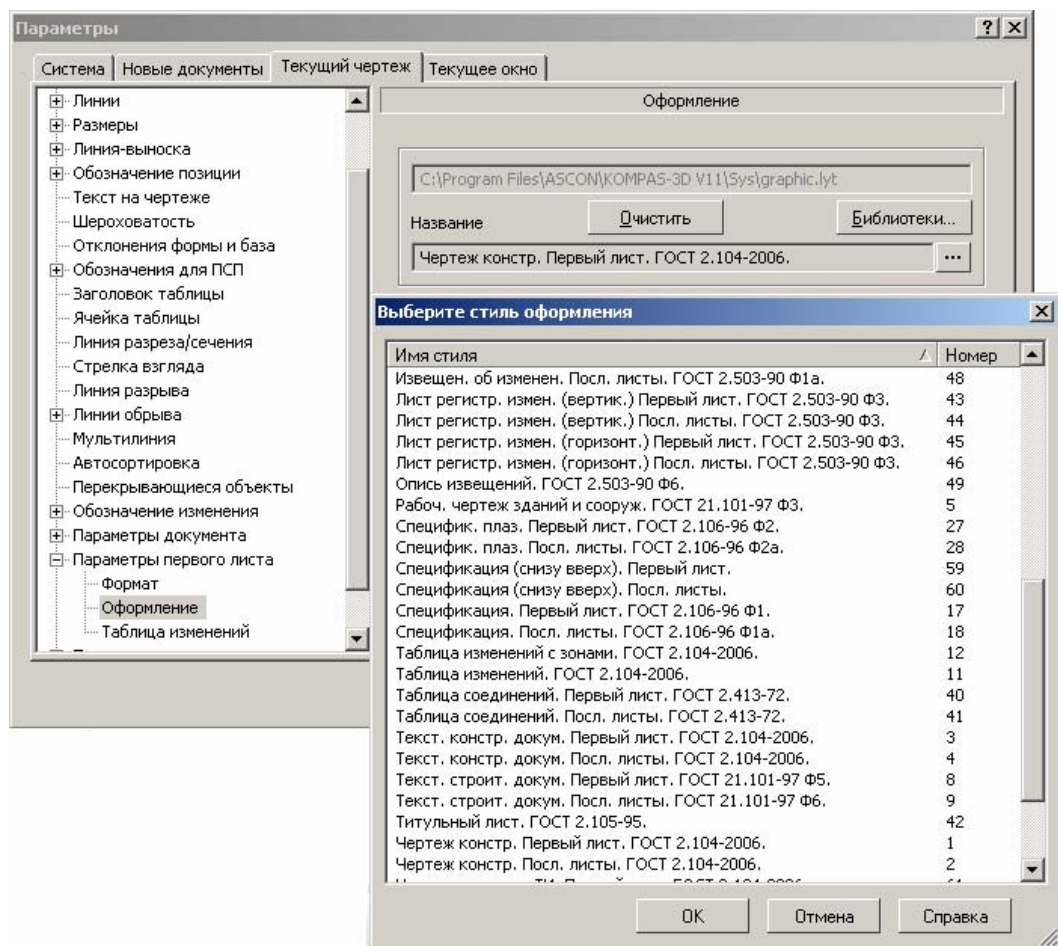




Рисунок 1.20 – Выбор стиля оформления первого листа

Этап 6. Чтобы созданный лист чертежа целиком поместился в окне документа, нажать кнопку **Показать все** .

Сразу после создания документа рекомендуется присвоить документу имя и сохранить файл на диске в нужной папке. По умолчанию вновь созданному документу присваивается название «Чертеж БЕЗ ИМЕНИ X», где X – порядковый номер созданного в данном сеансе работы документа. Это название отображается в «Строке заголовка» документа или программы, если для окна документа выбран полноэкранный режим. Целесообразно дать документу более осмысленное имя, отражающее его содержание.

Этап 7. Чтобы задать имя документу и записать его на диск в нужную папку, нажать кнопку **Сохранить**  на панели **Стандартная**.

На экране появится стандартный диалог «Укажите имя файла для записи». В этом диалоге следует задать имя файла и папку для его сохранения.

Документ должен быть записан в папку «Лабораторная работа 1» под именем «Структурная схема 1».

Этап 8. Заполнение основной надписи в соответствии с [30].


Основная надпись появляется и размещается на чертеже автоматически. Для перехода в режим заполнения основной надписи можно выполнить одно из следующих действий:

- двойной щелчок левой кнопкой мыши в любом месте основной надписи;
- вызвать команду **Вставка => Основная надпись**.

В режиме заполнения основной надписи ее вид изменится - границы ячеек выделяются штриховыми линиями (рисунок 1.21).


				ОГУ 220301.65. 9010. 12А1201С1			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Сучков А.						1:1
Проб.	Шерстобитова В.Н.				Лист	Листов	1
Т.контр.					АКИ, АТП		
Н.контр.					Копировал		
Утв.					Формат А3		

Рисунок 1.21 – Заполнение основной надписи

Заполнив все графы, нажмите кнопку **Создать объект**  для сохранения в памяти компьютера сделанных записей и выхода из режима заполнения основной надписи.

Этап 9. Построение структурной схемы.

Структурная схема строится, используя команды построения прямоугольника, отрезка и ввода текста.

Для построения прямоугольника необходимо выбрать на панели **Геометрия** команду **Прямоугольник** . Задать высоту и ширину прямоугольника на **Панели свойств**, например 20 и 80 соответственно.

На панели **Обозначения** выбрать команду **Ввод текста**. Мышью указать место расположения текста, затем на **Панели свойств** задать высоту шрифта, равную пяти миллиметрам. Если текст не помещается в выбранный прямоугольник, то необходимо увеличить прямоугольник, либо уменьшить размер текста в параметрах.

Для проведения вспомогательных линий вызвать команду **Геометрия => Отрезок**.

Если необходимо изменить стиль линии, то при выборе команды **Прямоугольник** или **Отрезок** выбрать необходимый стиль линии в раскрывающемся меню **Стиль** на **Панели свойств** (рисунок 1.22).

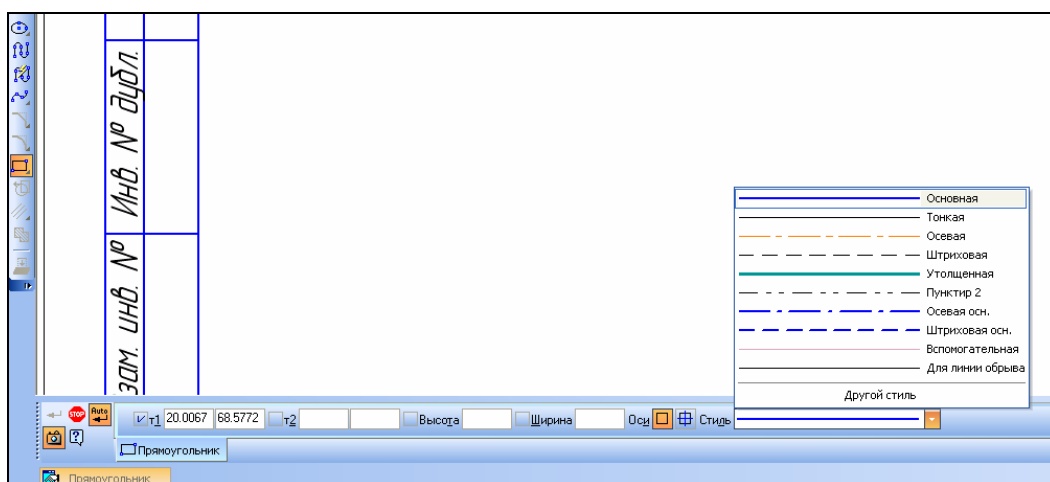


Рисунок 1.22 – Выбор стиля линии на **Панели свойств**

Для копирования блока графической информации или текста необходимо использовать контекстное меню, нажав правой кнопкой мыши и выбрав команду **Копировать** или команду **Редактор => Копировать**. Вставить скопированный объект в нужном месте, используя контекстное меню или команду **Редактор => Вставить**.

Полученная структурная схема представлена на рисунке 1.23.

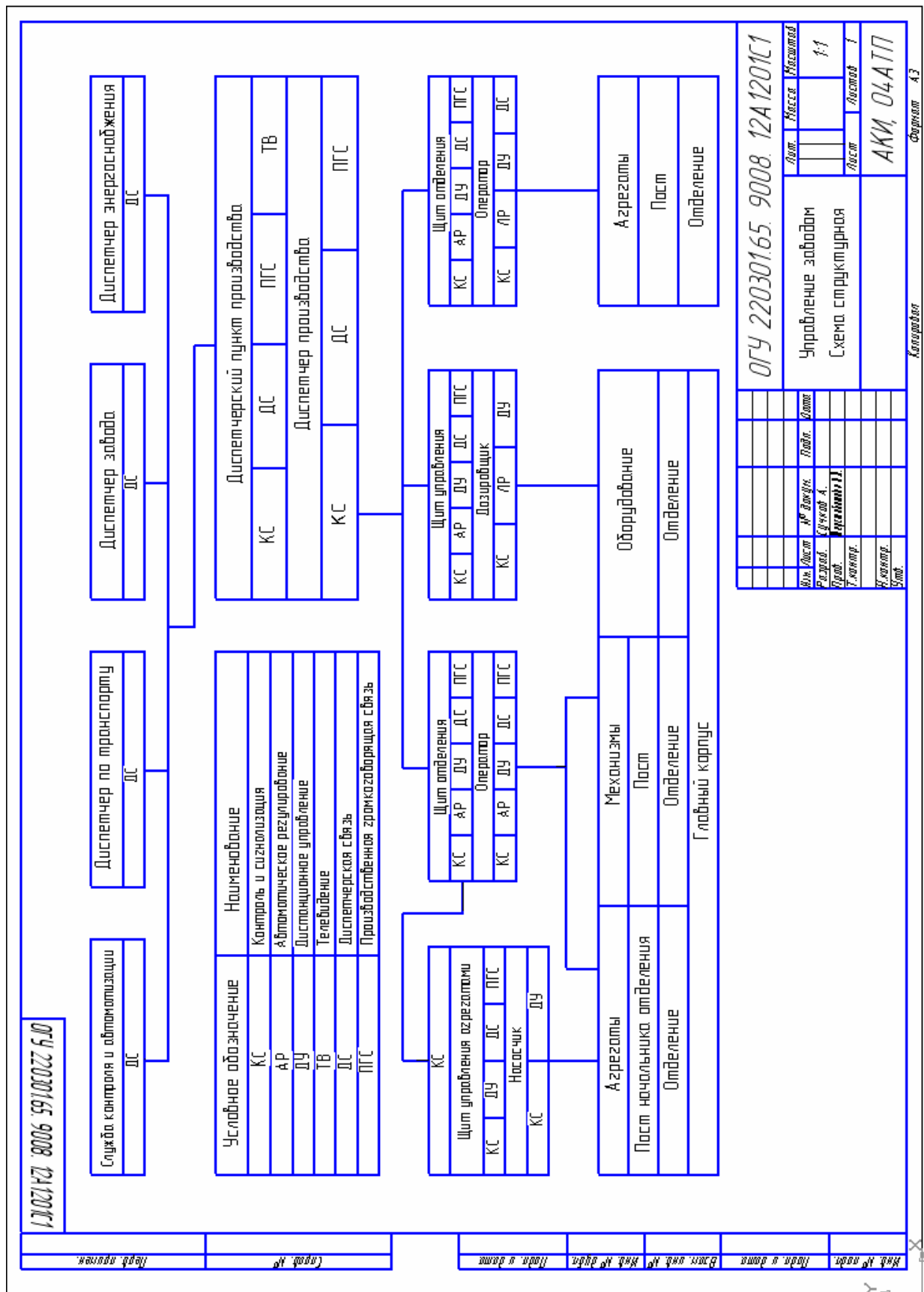


Рисунок 1.23 – Структурная схема, рассмотренная в качестве примера

1.2.2 Создать чертеж со структурной схемой в соответствии с заданием преподавателя.

1.3 Содержание отчета

1.3.1 Название работы.

1.3.2 Цель работы.

1.3.3 Перечень команд, используемых при выполнении лабораторной работы, с указанием их назначения.

1.3.4 Чертежи со структурными схемами на бумажном носителе.

1.4 Тесты и контрольные вопросы

1.4.1 Поставьте в соответствие тип документа и его графическое изображение в диалоговом окне «Новый документ»:



1)

2)

3)

4)

5)

6)

1) Деталь;

2) Текстовый документ;

3) Фрагмент;

4) Спецификация;

5) Чертеж;

6) Сборка;

а) 1 - 1, 2 - 3, 3 - 4, 4 - 5, 5 - 6, 6 - 2;

б) 1 - 5, 2 - 3, 3 - 2, 4 - 4, 5 - 6, 6 - 1;

в) 1 - 4, 2 - 5, 3 - 1, 4 - 6, 5 - 2, 6 - 3;

г) 1 - 2, 2 - 4, 3 - 6, 4 - 1, 5 - 3, 6 - 5;

д) 1 - 3, 2 - 5, 3 - 1, 4 - 2, 5 - 4, 6 - 6.

1.4.2 Документ, содержащий информацию о составе сборки, представленную в виде таблицы, является следующим типом:

- а) Деталь;
- б) Текстовый документ;
- в) Фрагмент;
- г) Спецификация;
- д) Чертеж;
- е) Сборка.

1.4.3 Какая панель представлена на рисунке?



- а) Геометрия;
- б) Размеры;
- в) Редактирование;
- г) Обозначения;
- д) Параметризация;
- е) Выделение.

1.4.4 Какая панель представлена на рисунке?



- а) Геометрия;
- б) Размеры;
- в) Редактирование;
- г) Обозначения;
- д) Параметризация;
- е) Выделение.

1.4.5 Какая панель содержит команды для ввода текста, таблиц, линий-выносок и других обозначений?

- а) **Геометрия;**
- б) **Размеры;**
- в) **Редактирование;**
- г) **Обозначения;**
- д) **Параметризация;**
- е) **Выделение.**

1.4.6 Совокупность конструкторских документов, которые должны содержать технические и технико-экономические обоснования целесообразности разработки документации изделия, является:

- а) техническим заданием;
- б) техническим предложением;
- в) эскизным проектом;
- г) техническим проектом;
- д) рабочей документацией.

1.4.7 Схемы, которые определяют в принципиальном виде основные функциональные части системы, их назначение и взаимосвязь, устанавливают связи между отдельными пунктами управления и показывают техническую сущность управления объектом, - это

- а) структурные схемы;
- б) функциональные схемы;
- в) схемы размещения;
- г) принципиальные схемы;
- д) монтажные схемы.

1.4.8 Функциональные части на структурной схеме изображают в виде

- а) эллипса;
- б) окружности;
- в) ромба;
- г) прямоугольника;
- д) треугольника.

1.4.9 Кнопка **Показать все**  находится на панели

- а) **Вид;**
- б) **Редактор;**
- в) **Инструменты;**
- г) **Сервис;**
- д) **Вставка.**

1.4.10 Команда перехода в режим заполнения основной надписи может быть вызвана из пункта меню

- а) **Вид;**
- б) **Редактор;**
- в) **Инструменты;**
- г) **Сервис;**
- д) **Вставка.**

1.4.11 Для чего предназначена система КОМПАС-3D?

1.4.12 Какие форматы импорта/экспорта графических документов поддерживает КОМПАС-3D?

1.4.13 В чем заключаются преимущества работы с системой КОМПАС-3D?

1.4.14 Как строятся стандартные виды в проекционной связи?

1.4.15 В чем выражается возможность интерфейса?

1.4.16 Как производится запуск системы КОМПАС-3D?

1.4.17 Назовите составляющие главного окна системы КОМПАС-3D.

1.4.18 Какие виды документов можно создавать в КОМПАС-3D?

1.4.19 Что входит в состав чертежа?

1.4.20 Чем отличается фрагмент от чертежа в КОМПАС-3D?

1.4.21 Какое расширение имеет файл чертежа?

1.4.22 Какое расширение имеет файл фрагмента?

1.4.23 Какое расширение имеет файл текстового документа?

1.4.24 Какое расширение имеет файл спецификации?

1.4.25 Какое расширение имеет файл сборки?

- 1.4.26 Какое расширение имеет файл детали?
- 1.4.27 Что содержат инструментальные панели?
- 1.4.28 Где находится «Компактная панель»?
- 1.4.29 От чего зависит состав «Компактной панели»?
- 1.4.30 Какие команды находятся на панели **Геометрия**?
- 1.4.31 Какие команды находятся на панели **Обозначения**?
- 1.4.32 Какие команды находятся на панели **Редактирование**?
- 1.4.33 Какие команды находятся на панели **Измерения 2D**?
- 1.4.34 Как создать новый чертеж в КОМПАС-3D?
- 1.4.35 Какие этапы и стадии выполняются при создании автоматизированных систем?
- 1.4.36 Что относят к конструкторским документам?
- 1.4.37 Что такое техническое задание?
- 1.4.38 Какие предусматриваются стадии разработки конструкторской документации?
- 1.4.39 Назовите правила выполнения структурных схем.
- 1.4.40 Что изображается на структурной схеме?
- 1.4.41 Какие команды использовались при построении чертежа со структурной схемой при выполнении лабораторной работы?

2 Разработка функциональных схем автоматизации

Целью работы является приобретение навыков построения функциональных схем автоматизации в КОМПАС-3D, выполнение индивидуального задания.

2.1 Общие положения

2.1.1 Работа с библиотеками

Существует огромное количество деталей и узлов, подобных по форме и отличающихся лишь своими параметрами - размерами.

При работе с КОМПАС-3D можно сохранять созданные изображения и модели в файлах, а затем вставлять их в новые документы. Однако это не всегда удобно, так как каждый раз после вставки фрагмента или модели приходится редактировать объект для получения необходимых размеров. На чертежах возможны типовые и стандартизованные детали, например, крепеж, пружины, подшипники, резьбовые отверстия, канавки, элементы электросхем, строительные конструкции и другие. Поэтому для упрощения и ускорения их разработки очень удобно применять готовые параметрические библиотеки.

Библиотека – это приложение, созданное для расширения стандартных возможностей КОМПАС-3D и работающее в его среде.

Библиотека представляет собой ориентированную на конкретную задачу подсистему автоматизированного проектирования, которая после выполнения проектных расчетов формирует готовые конструкторские документы или их комплекты. Типичными примерами приложений являются поставляемая вместе с системой библиотека Kompas.rtw (она содержит команды построения изображений часто встречающихся геометрических фигур, гладких и резьбовых отверстий и так далее), а также такие продукты семейства КОМПАС-3D, как библиотека стандартных машиностроительных элементов и библиотека крепежа, значительно ускоряющие проектирование сборочных моделей и оформление сборочных чертежей.

Прикладная библиотека может быть создана в одной из стандартных сред программирования для Windows (Borland C++, Microsoft Visual C++, Borland Pascal и так далее) с использованием функций специального комплекта разработки приложений КОМПАС-МАСТЕР. По своей архитектуре библиотека является стандартным динамически подключаемым модулем (DLL) Windows. По умолчанию файлы библиотек имеют расширения dll или rtw.

В прикладных библиотеках через языковые средства могут использоваться все возможности КОМПАС-3D, предоставляемые при интерактивной работе (создание и редактирование объектов, работа с моделью документа, открытие и сохранение чертежей и фрагментов и так далее).

Следует отметить, что возможности использования библиотек отнюдь не ограничиваются простым вводом в чертеж параметризованных стандартных элементов. Библиотека может представлять из себя сложную, ориентированную на конкретную задачу подсистему автоматизированного проектирования, которая после выполнения проектных расчетов формирует готовые конструкторские документы или их комплекты. КОМПАС-3D не накладывает никаких ограничений на размер и сложность функций библиотек, а скорость исполнения библиотечных функций зависит в основном от характеристик компьютера (объем оперативной памяти, скорость доступа к жесткому диску и так далее).

КОМПАС-3D поддерживает одновременную работу с несколькими подключенными библиотеками. После подключения библиотеки к системе пользователь выбирает нужную функцию из ее каталога и запускает на исполнение.

Прежде чем функции какой-либо прикладной библиотеки можно будет использовать при работе, необходимо подключить эту библиотеку к системе. В КОМПАС-3D существует специальная система для работы с библиотеками - *Менеджер библиотек*.

Для подключения библиотеки к КОМПАС-3D выполняются действия:

а) вызов команды **Сервис => Менеджер библиотек**; на экране появится окно Менеджера библиотек (рисунок 2.1), в левой части которого отображается список разделов Менеджера библиотек. Для того, чтобы посмотреть содержимое раздела,

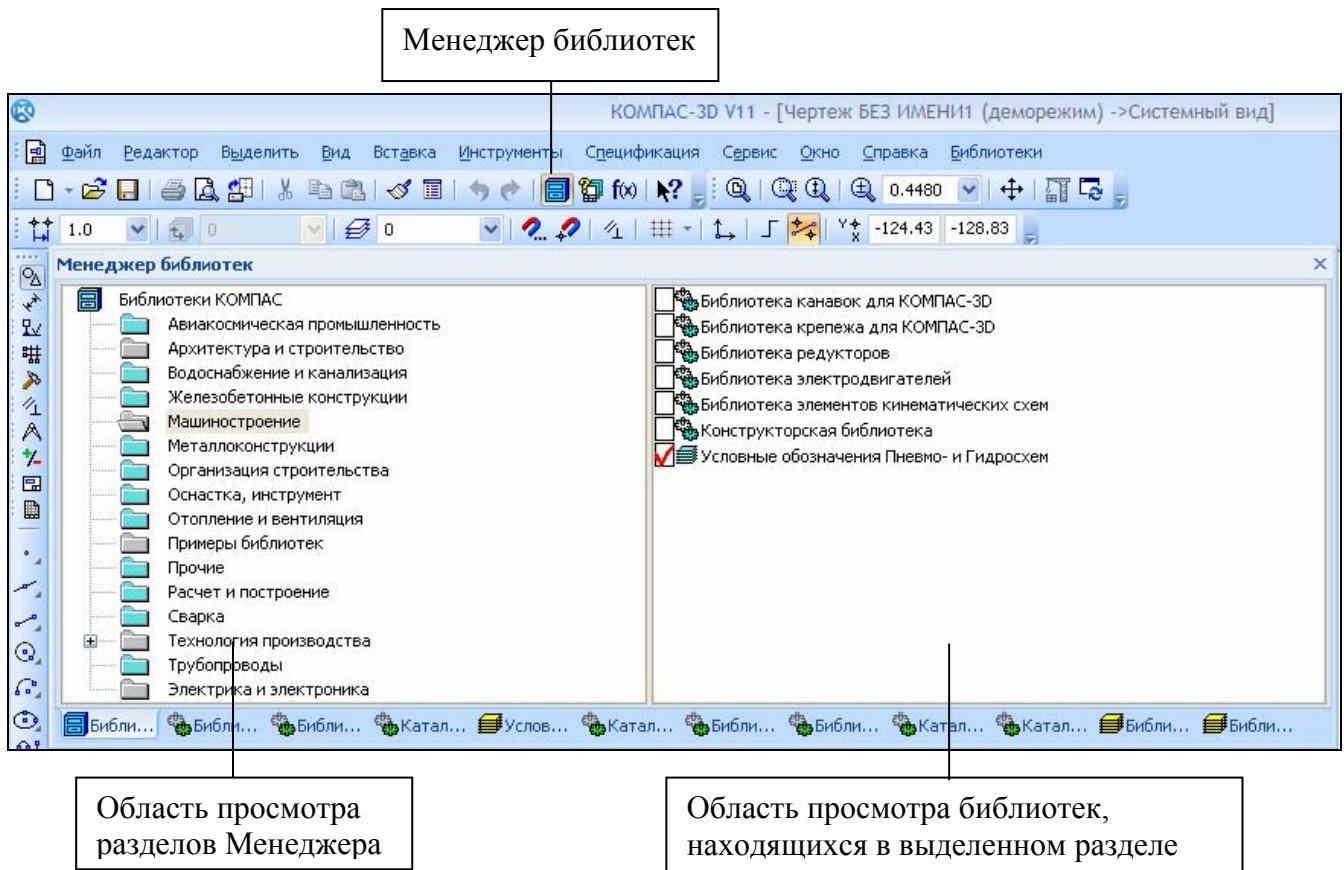



Рисунок 2.1 – Менеджер библиотек




следует щелкнуть по его названию, в правой части окна отобразится структура раздела;

б) выделение в списке библиотек (он находится в правой части первой вкладки) имя нужной библиотеки и вызов команды **Подключить** из контекстного меню.

Для быстрого подключения выбранной библиотеки можно щелкнуть мышью в поле рядом с ее названием.

Вызов команды **Менеджер библиотек** также можно осуществить нажатием кнопки  (**Менеджер библиотек**).

В системе КОМПАС возможна работа с библиотеками трех *типов*:

- а) библиотеки фрагментов *.lfr ();
- б) библиотеки моделей *.l3d ();
- в) прикладные библиотеки *.dll или *.rtw ().

Предварительно все библиотеки, установленные на компьютере в КОМПАС-

3D V11, сгруппированы в шестнадцать разделов Менеджера библиотек: «Авиакосмическая промышленность»; «Архитектура и строительство»; «Водоснабжение и канализация»; «Железобетонные конструкции»; «Машиностроение»; «Металлоконструкции»; «Организация строительства»; «Оснастка, инструмент»; «Отопление и вентиляция»; «Примеры библиотек»; «Прочие»; «Расчет и построение»; «Сварка»; «Технология производства»; «Трубопроводы»; «Электрика и электроника».

Имена разделов, их количество и состав могут быть изменены пользователем. В поле рядом с названием библиотеки появляется красная «галочка» – признак того, что библиотека подключена. Если в разделе имеются подключенные библиотеки, то его пиктограмма отображается серым цветом, если нет – голубым. На рисунке 2.1 в левой части окна показаны библиотеки системы КОМПАС-3D V11, в правой части – содержимое раздела «Машиностроение». В данный момент подключенной является библиотека «Условные обозначения Пневмо- и Гидросхем». Названия всех подключенных к системе прикладных библиотек отображаются как команды в меню **Библиотека**.

Для создания нового раздела необходимо:

- щелкнуть на «Библиотеки КОМПАС» или на имя раздела, в который будет осуществляться добавление;
- воспользоваться командой **Создать раздел**, вызываемой из контекстного меню, как показано на рисунке 2.2;
- задать имя создаваемого раздела.

С помощью Менеджера можно подключать, отключать и запускать библиотеки, выбирать режим их работы, а также создавать библиотеки фрагментов и библиотеки моделей.

Если на момент завершения сеанса работы с КОМПАС-3D окно Менеджера библиотек было пусто (то есть были удалены все библиотеки и все разделы), то при следующей загрузке системы произойдет автоматическое наполнение Менеджера библиотек в соответствии с файлом `graphic.lms`. Этот файл расположен в подпапке `Sys` главной папки системы и содержит сведения о составе Менеджера библиотек (названия разделов и перечни входящих в них библиотек). Формат файла – тексто-

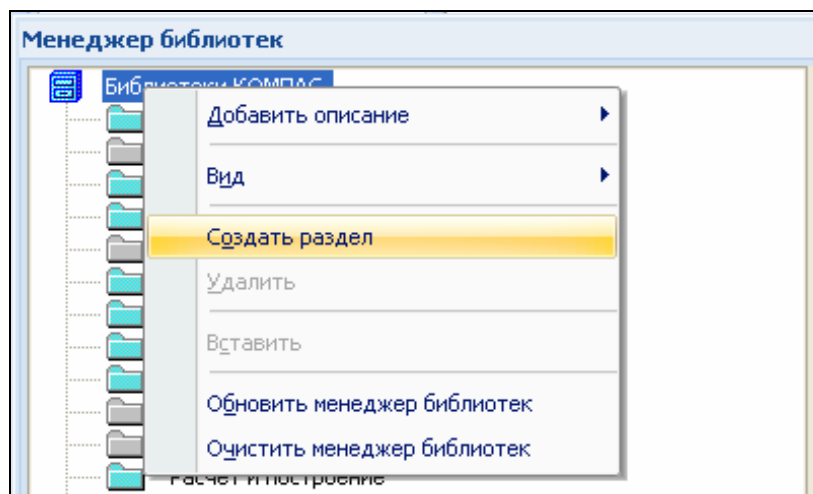


Рисунок 2.2 – Создание раздела

вый, поэтому можно открыть его в любом текстовом редакторе и изменить хранящуюся в нем информацию.

Для добавления в состав Менеджера новой библиотеки необходимо:

- в области содержимого раздела вызвать контекстное меню и выбрать команду **Добавить описание => прикладной библиотеки**;

- указать имя файла, который содержит добавляемую библиотеку.

Сведения о расположении файла с подключенной библиотекой можно увидеть, если включена команда **Вид => Комментарий** из контекстного меню, вызываемого в области содержания раздела. В качестве примера на рисунке 2.3 показано расположение файла с библиотекой фрагментов «Обозначения условные приборов и средств автоматизации технологических процессов» в КОМПАС-3D V9.

КОМПАС-3D обеспечивает четыре различных *режима работы с подключенной библиотекой* – «Меню», «Окно», «Диалог» и «Панель» (рисунок 2.4). В каждом конкретном случае режим работы выбирается пользователем из соображений удобства. Переключение режима работы с библиотекой может быть выполнено в любой момент, даже во время выполнения какой-либо библиотечной функции.

В *режиме «Меню»* (рисунок 2.5) структура библиотеки отображается в виде стандартного иерархического меню.

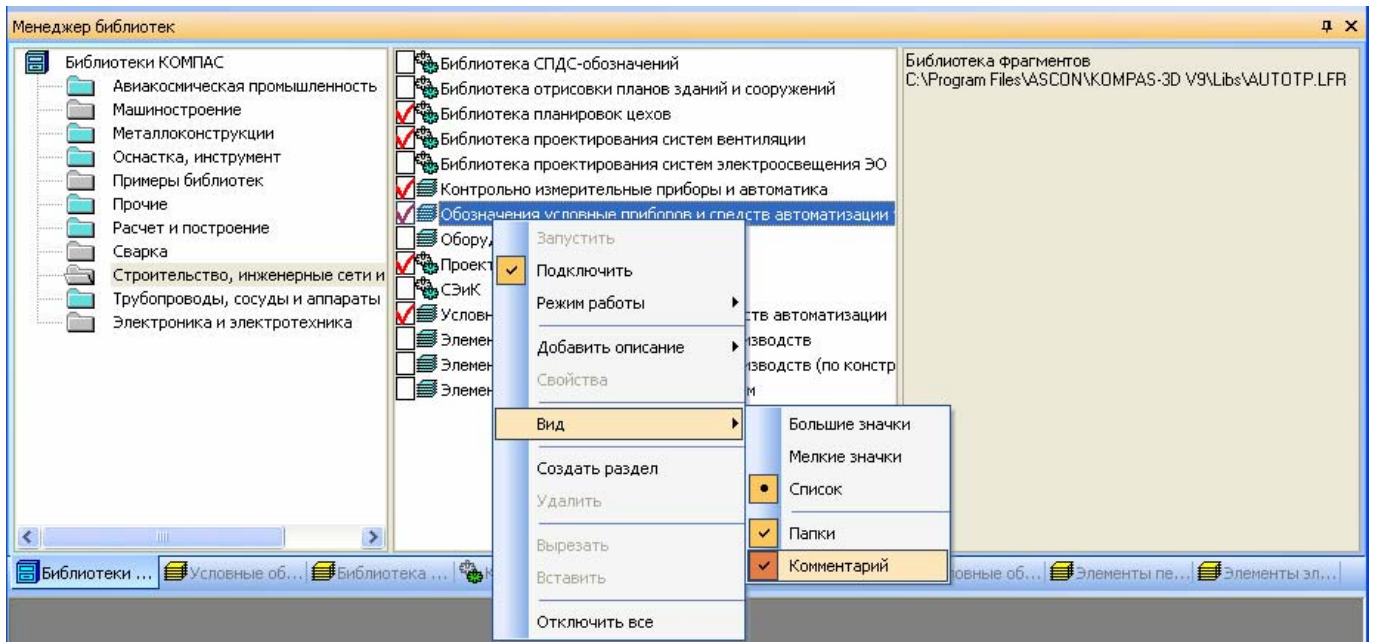


Рисунок 2.3 – Включение команды **Комментарий**

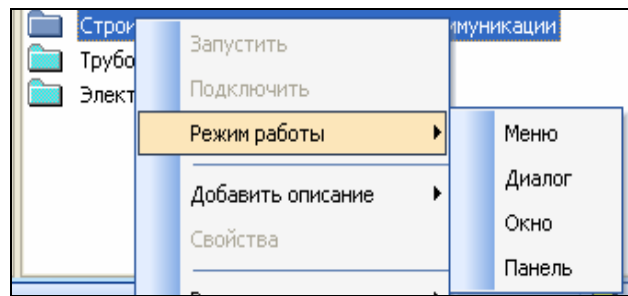


Рисунок 2.4 – Выбор режима работы с подключенной библиотекой

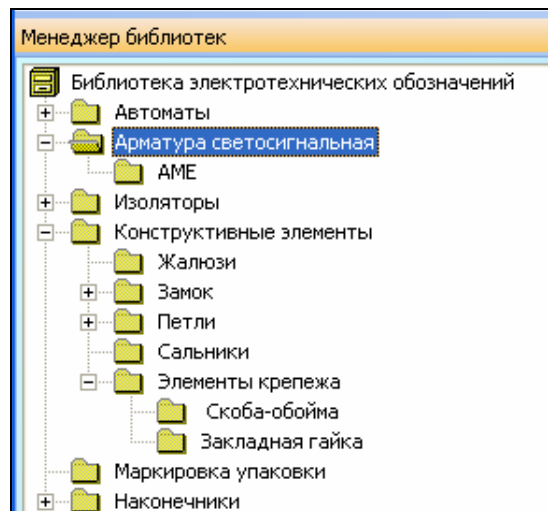


Рисунок 2.5 – Режим «Меню»

Если установлен режим «Диалог» (рисунок 2.6), на экране находится диалоговое окно, в левой части которого отображается список команд текущей библиотеки. Команды могут быть сгруппированы по разделам. В правой части диалога отображаются слайды, облегчающие поиск нужной команды. Чтобы вернуться к обычной работе с системой, необходимо обязательно завершить диалог библиотеки.

В режиме «Окно» (рисунок 2.7) структура библиотеки отображается в стандартном окне Windows. Можно изменять размер окна библиотеки, а также сворачивать (минимизировать) его, оставляя на экране только пиктограмму. Основное преимущество режима окна состоит в том, что, в отличие от режимов меню и диалога, библиотека и основная система работают одновременно. Можно динамически переходить от основных команд системы к функциям библиотеки и наоборот.

В режиме «Панель» (рисунок 2.8) структура библиотеки представлена на отдельной вкладке в окне Менеджера библиотек. Можно изменять размер любой области вкладки. Преимущество режима «Панель» состоит в возможности просмотра слайдов, соответствующих командам библиотеки. Как и в режиме окна, библиотека и основная система работают одновременно.

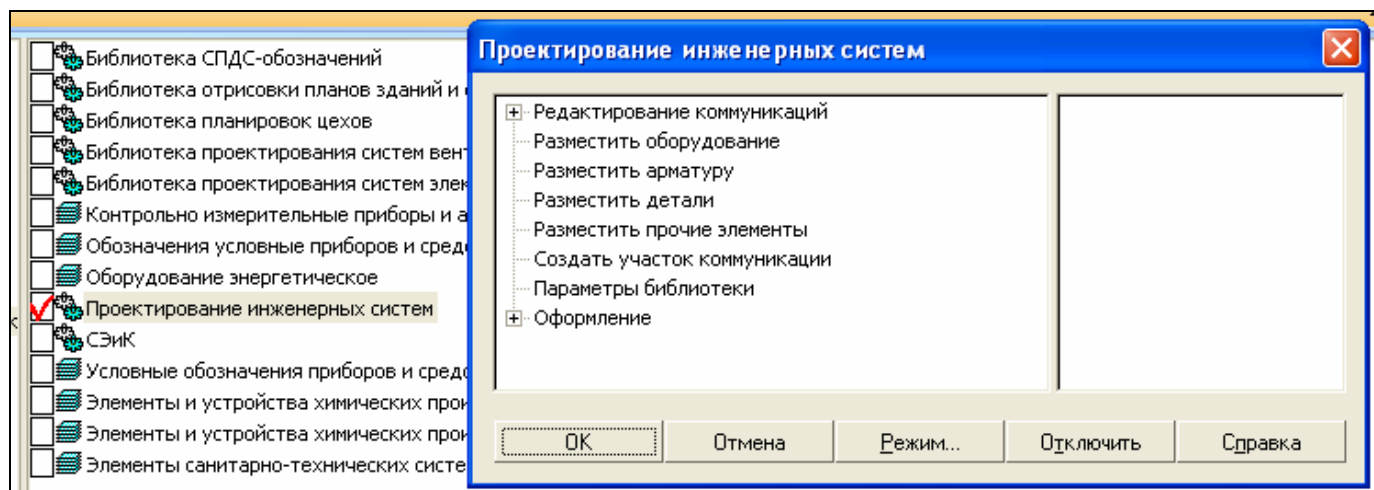


Рисунок 2.6 – Режим «Диалог»

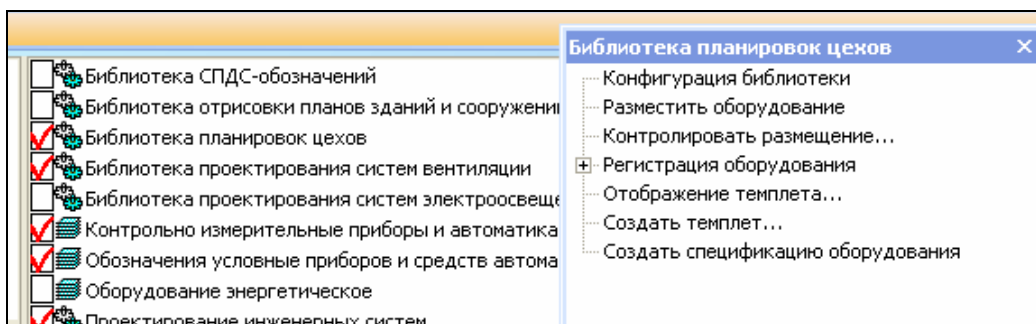


Рисунок 2.7 – Режим «Окно»

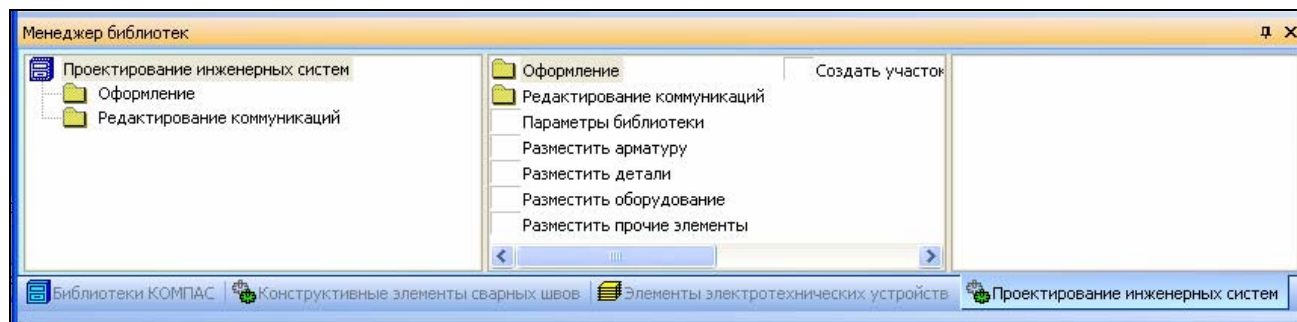
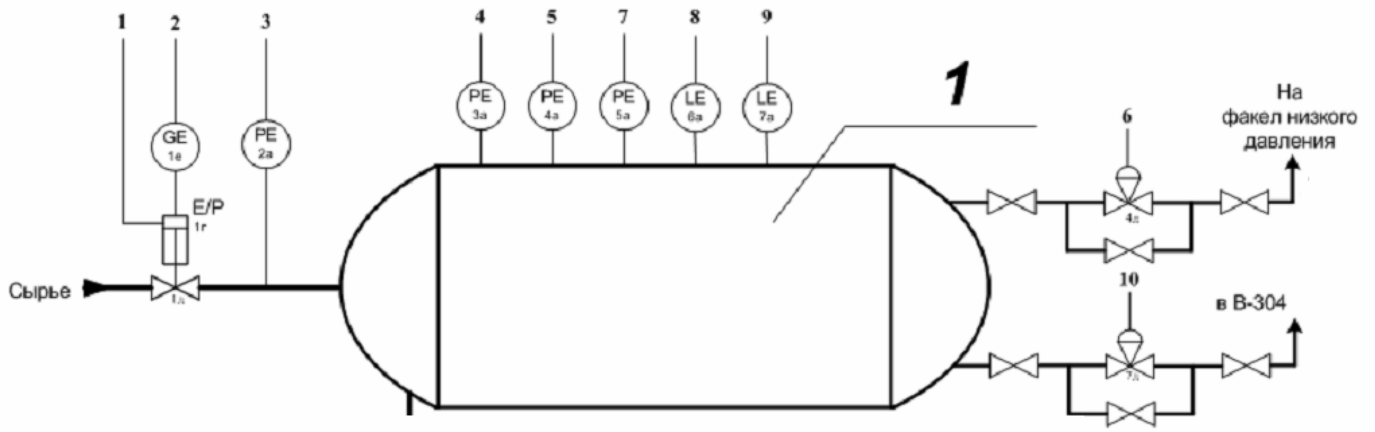


Рисунок 2.8 – Режим «Панель»

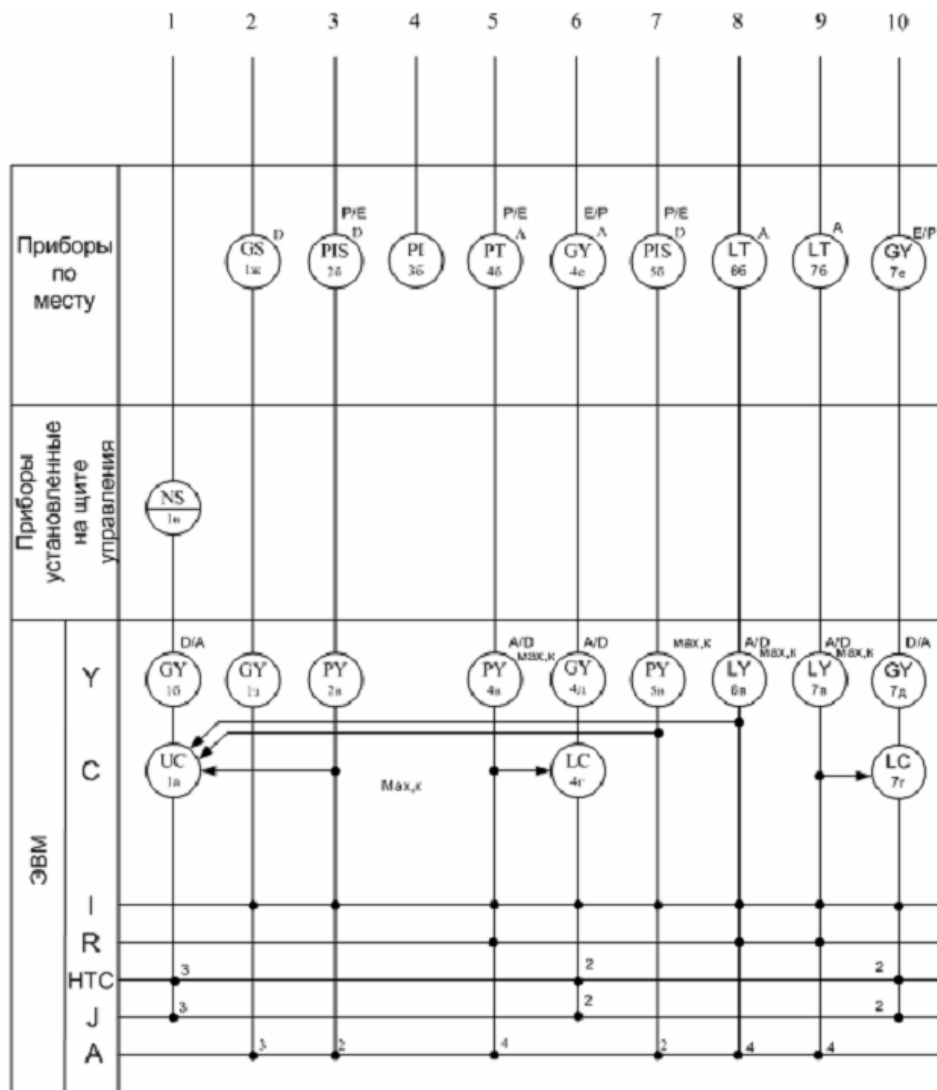
2.1.2 Функциональные схемы автоматизации

Функциональная схема автоматизации (ФСА) предназначена для отображения основных технических решений, принимаемых при проектировании системы автоматизации технологических процессов. Она является одним из основных проектных документов, определяющим структуру и уровень автоматизации технологического процесса, а также оснащение его средствами автоматизации [23, 31, 32]. На функциональной схеме изображаются системы автоматического контроля, регулирования, дистанционного управления, сигнализации, защиты и блокировок.

ФСА представляет собой чертеж, на котором схематически условными обозначениями изображены технологические аппараты (колонны, теплообменники и так далее), машины (насосы, компрессоры и тому подобное), трубопроводы, средства автоматизации (приборы, регуляторы, клапаны, вычислительные устройства, элементы телемеханики) и показаны связи между ними. На рисунке 2.9 приведен фрагмент функциональной схемы автоматизации.



а



б

а – фрагмент технологической схемы; б – приборы и средства автоматизации

Рисунок 2.9 – Фрагменты функциональной схемы автоматизации

Разработка функциональной схемы автоматизации начинается с упрощенного изображения технологической схемы системы или агрегата (например, упрощенное изображение системы отопления, системы вентиляции, кондиционирования воздуха, технологической схемы системы теплоснабжения, газоснабжения или теплогенерирующей установки). Технологическое оборудование на схеме показывается обычно в виде условных изображений, соединенных между собой линиями технологических связей, которые отражают направление потоков вещества или энергии. Выполняются функциональные схемы автоматизации в соответствии с общими требованиями к выполнению схем по ГОСТ 24.302-80 [33]. Условные обозначения приборов и средств автоматизации в схемах выполняются по ГОСТ 21.404-85 [34].

При разработке функциональных схем автоматизации технологических процессов выявляют [23]:

- а) места получения первичной информации о состоянии технологического процесса и оборудования;
- б) места непосредственного воздействия на технологический процесс для управления им;
- в) технологические параметры процесса, которые подлежат стабилизации;
- г) технологические параметры процессов и состояния технологического оборудования, которые необходимо контролировать и регистрировать.

При разработке ФСА руководствуются следующими *принципами* [35, 36]:

- уровень автоматизации технологических процессов (ТП) должен определяться не только целесообразностью внедрения в данный момент времени, но и перспективами модернизации и дальнейшего развития ТП;

- необходимо учитывать вид и характер ТП, условия пожаро- и взрывоопасности, параметры и физико-химические свойства измеряемой среды; расстояния от места установки датчиков, исполнительных механизмов и регулирующих органов до пунктов управления; требования к системе управления по надежности, точности и быстродействию;

- система должна строиться на базе серийно выпускаемых средств автоматизации и вычислительной техники;

- выбор средств автоматизации, использующих вспомогательную энергию (электрическую или пневматическую), должен осуществляться с учетом взрыво- и пожароопасности объекта, требований к быстродействию и дальности передачи сигналов информации и управления;

- количество приборов, аппаратуры управления и сигнализации, устанавливаемых на щитах управления, должно быть ограничено.

Составление функциональной схемы производится на основе анализа алгоритмов работы автоматизируемой системы, нормативных требований, требований к точности измерения параметров, качеству и надежности регулирования технологического процесса [25]. Технологическое оборудование при разработке ФСА должно изображаться упрощенно без указания отдельных технологических аппаратов трубопроводов вспомогательного назначения, но в тоже время технологическая схема должна давать ясное представление о принципе работы объекта. На технологических трубопроводах обычно показывают те регулирующие органы, которые участвуют в управлении и процессе.

На технологическую схему автоматизируемой системы наносят все элементы автоматики. Приборы и средства автоматизации показываются в виде условных изображений и объединяются в единую систему линиями функциональной связи. Связи на схеме показывают позиционное размещение приборов и устройств относительно управляемого объекта, информационные связи между элементами в процессе функционирования АСУ [35]. Нанесенные на условные изображения буквенные обозначения отражают функции, выполняемые аппаратурой. При этом для каждой группы приборов на функциональной схеме выделяется отдельная зона (рисунок 2.10). Схемы следует выполнять компактно при сохранении ясности и удобства их чтения.

Кроме того, на функциональной схеме на линиях связи, как правило, от первичных устройств, даются текстовые пояснения, отражающие величины контролируемых и регулируемых параметров, условия блокировки, сигнализации и так далее. В соответствии с существующей практикой функциональная схема является основанием для составления заявочной спецификации на приобретение приборов и средств

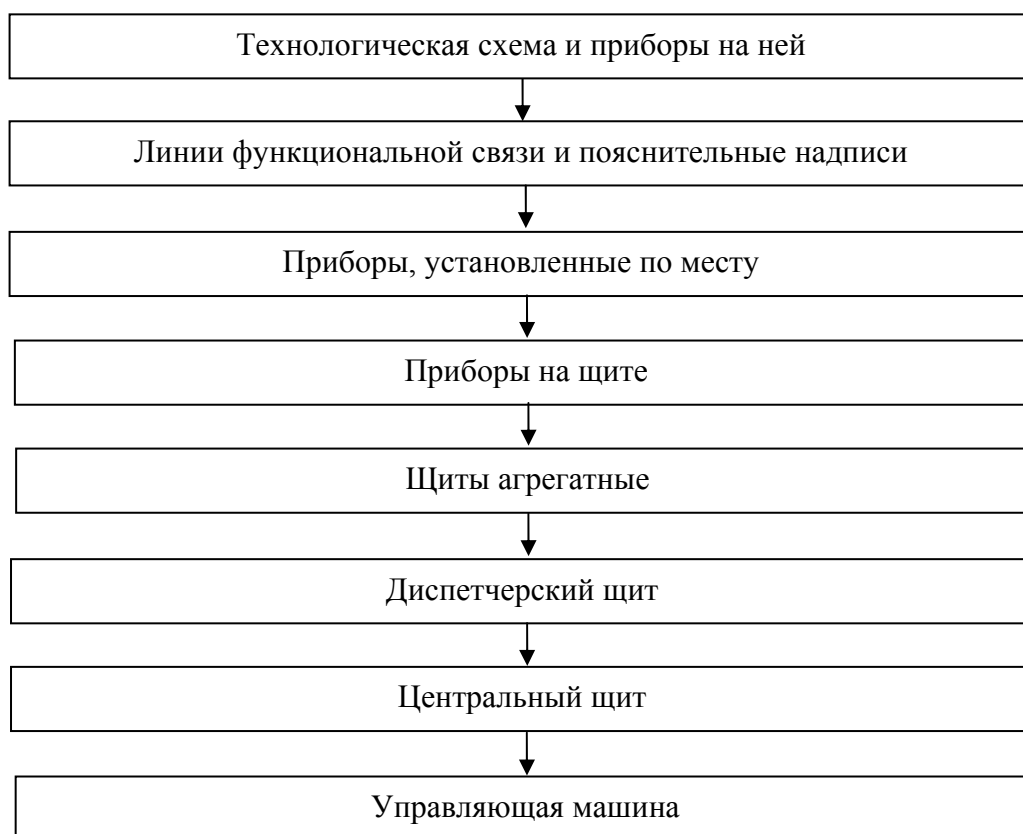


Рисунок 2.10 – Структура размещения зон функциональной схемы автоматизации

автоматизации. Все условные обозначения приборов и средств автоматизации на функциональной схеме должны быть выполнены по ГОСТ 21.404-85 [34].

Результатами составления функциональных схем являются [23]:

- а) выбор методов измерения технологических параметров;
- б) выбор технических средств автоматизации, наиболее полно отвечающих предъявляемым требованиям и условиям работы автоматизируемого объекта;
- в) определение приводов исполнительных механизмов регулирующих и запорных органов технологического оборудования, управляемого автоматически или дистанционно;
- г) размещение средств автоматизации на щитах, пультах, технологическом оборудовании, трубопроводах и тому подобное и определение способов представления информации о состоянии технологического процесса и оборудования (экономи-

ческих показателей работы цеха, подстройки регуляторов и тому подобное), сигнализация и так далее; для выбранных параметров определяется требуемая точность измерения и регулирования, указывается диапазон их возможного измерения;

д) выбор средств автоматизации.

Средства автоматизации, используемые для управления технологическим процессом, должны быть выбраны технически грамотно и экономически обоснованно.

ГОСТ 21.404-85 [34] устанавливает два метода построения условных обозначений приборов и средств автоматизации: упрощенный и развернутый. При *упрощенном методе* построения приборы и средства автоматизации, осуществляющие сложные функции, например, контроль, регулирование, сигнализацию и выполнение в виде отдельных блоков изображают одним условным обозначением. При этом первичные измерительные преобразователи и всю вспомогательную аппаратуру не изображают. При *развернутом методе* построения каждый прибор или блок, входящий в единый измерительный, регулирующий или управляющий комплект средств автоматизации, указывают отдельным условным обозначением.

Условные обозначения приборов и средств автоматизации, применяемые в схемах, включают графические, буквенные и цифровые обозначения. В верхней части графического обозначения наносят буквенные обозначения измеряемой величины и функционального признака прибора, определяющего его назначение. В нижней части графического обозначения наносят цифровое (позиционное) обозначение прибора или комплекта средств автоматизации.

Порядок расположения символов в буквенном обозначении принимают следующим:

- основное обозначение измеряемой величины;
- дополнительное обозначение измеряемой величины (при необходимости);
- обозначение функционального признака прибора.

При построении обозначений комплектов средств автоматизации первая буква в обозначении каждого входящего в комплект прибора или устройства (кроме устройств ручного управления) является наименованием измеряемой комплектом величины. Буквенные обозначения устройств, выполненных в виде отдельных блоков и

предназначенных для ручных операций, независимо от того, в состав какого комплекта они входят, должны начинаться с буквы Н.

Порядок расположения буквенных обозначений функциональных признаков прибора принимают с соблюдением последовательности обозначений: I, R, C, S, A. При построении буквенных обозначений указывают не все функциональные признаки прибора, а лишь те, которые используют в данной схеме.

Букву А применяют для обозначения функции «сигнализация» независимо от того, вынесена ли сигнальная аппаратура на какой-либо щит или для сигнализации используются лампы, встроенные в сам прибор. Букву S применяют для обозначения контактного устройства прибора, используемого только для включения, отключения, переключения, блокировки. При применении контактного устройства прибора, для включения, отключения и одновременно для сигнализации в обозначении прибора используют обе буквы: S и A.

Предельные значения измеряемых величин, по которым осуществляется, например, включение, отключение, блокировка, сигнализация, допускается конкретизировать добавлением букв Н и L. Эти буквы наносят справа от графического обозначения.

При необходимости конкретизации измеряемой величины справа от графического обозначения прибора допускается указывать наименование или символ этой величины. Подвод линий связи к прибору изображают в любой точке графического обозначения (сверху, снизу, сбоку). При необходимости указания направления передачи сигнала на линиях связи наносят стрелки.

Построение условного обозначения прибора приведено на рисунке 2.11.

Размеры условных графических обозначений приборов и средств автоматизации в схемах по ГОСТ 21.404-85 [34] приведены в таблице 2.1. Условные графические обозначения на схемах выполняют сплошной толстой основной линией, а горизонтальную разделительную черту внутри графического обозначения и линии связи - сплошной тонкой линией по ГОСТ 2.303-68. Шрифт буквенных обозначений принимают по ГОСТ 2.304-81 равным 2,5 мм.

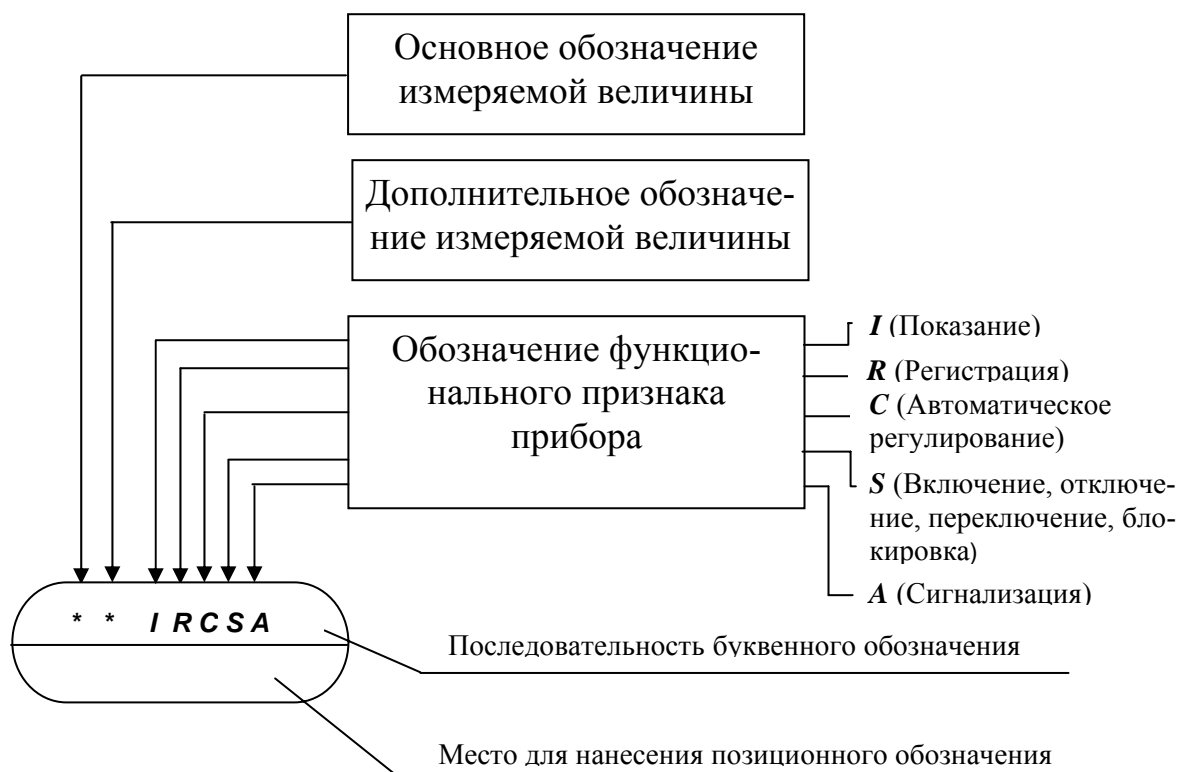


Рисунок 2.11 – Принцип построения условного обозначения прибора

Таблица 2.1 – Размеры условных графических обозначений приборов и средств автоматизации по ГОСТ 21.404-85

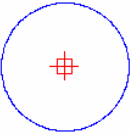
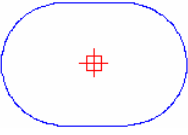
Наименование	Обозначение
Прибор: а) основное обозначение б) допускаемое обозначение	
Исполнительный механизм	

2.1.3 Библиотеки элементов функциональных схем автоматизации технологических процессов в КОМПАС-3D

Для обозначения приборов и средств автоматизации в КОМПАС-3D используются библиотеки фрагментов «Обозначения условные приборов и средств автоматизации технологических процессов» и «Контрольно-измерительные приборы и автоматика» [1].

Библиотека фрагментов «Обозначения условные приборов и средств автоматизации технологических процессов» предназначена для автоматизации чертежно-графических работ, связанных с разработкой и вычерчиванием функциональных схем автоматизации, которые проектируются для контроля и управления технологическими процессами всех отраслей добывающей и перерабатывающей промышленности. Графическое изображение элементов соответствует требованиям ГОСТ 21.404-85 [34]. В таблице 2.2 приведены имеющиеся в библиотеке общие обозначения, используемые для формирования обозначений приборов и средств автоматизации.

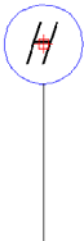
Таблица 2.2 – Общие обозначения, используемые для формирования обозначений приборов и средств автоматизации

Наименование	Условное обозначение	Название шаблона
1	2	3
1 Основное обозначение прибора, устанавливаемого вне щита (по месту)		Библиотеки КОМПАС / Строительство, инженерные сети и коммуникации / Обозначения условные приборов и средств автоматизации технологических процессов / Общие обозначения / Прибор 1
2 Допускаемое обозначение прибора, устанавливаемого вне щита (по месту)		Библиотеки КОМПАС / Строительство, инженерные сети и коммуникации / Обозначения условные приборов и средств автоматизации технологических процессов / Общие обозначения / Прибор 2

Продолжение таблицы 2.2

1	2	3
3 Основное обозначение прибора, устанавливаемого на щите, пульте		Библиотеки КОМПАС / Строительство, инженерные сети и коммуникации / Обозначения условные приборов и средств автоматизации технологических процессов / Общие обозначения / Прибор 3
4 Допускаемое обозначение прибора, устанавливаемого на щите, пульте		Библиотеки КОМПАС / Строительство, инженерные сети и коммуникации / Обозначения условные приборов и средств автоматизации технологических процессов / Общие обозначения / Прибор 4
5 Общее обозначение исполнительного механизма		Библиотеки КОМПАС / Строительство, инженерные сети и коммуникации / Обозначения условные приборов и средств автоматизации технологических процессов / Общие обозначения / Механизм исполнительный 1
6 Исполнительный механизм, который при прекращении подачи энергии или управляющего сигнала открывает регулирующий орган		Библиотеки КОМПАС / Строительство, инженерные сети и коммуникации / Обозначения условные приборов и средств автоматизации технологических процессов / Общие обозначения / Механизм исполнительный 2
7 Исполнительный механизм, который при прекращении подачи энергии или управляющего сигнала закрывает регулирующий орган		Библиотеки КОМПАС / Строительство, инженерные сети и коммуникации / Обозначения условные приборов и средств автоматизации технологических процессов / Общие обозначения / Механизм исполнительный 3
8 Исполнительный механизм, который при прекращении подачи энергии или управляющего сигнала оставляет регулирующий орган в неизменном положении		Библиотеки КОМПАС / Строительство, инженерные сети и коммуникации / Обозначения условные приборов и средств автоматизации технологических процессов / Общие обозначения / Механизм исполнительный 4

Продолжение таблицы 2.2

1	2	3
9 Исполнительный механизм с дополнительным ручным приводом		Библиотеки КОМПАС / Строительство, инженерные сети и коммуникации / Обозначения условные приборов и средств автоматизации технологических процессов / Общие обозначения / Механизм исполнительный 5

В приложении А (таблица А.1) приведены примеры построения условных обозначений приборов и средств автоматизации (по ГОСТ 21. 404-85) и названия библиотек, из которых элементы взяты. Библиотека содержит графические элементы по различным параметрам: температура, давление (разрежение), расход, плотность, электрические величины и так далее.

Библиотека фрагментов «Контрольно-измерительные приборы и автоматика» предназначена для автоматизации чертежно-графических работ, связанных с вычерчиванием принципиальных схем контроля и управления технологическими процессами всех отраслей добывающей и перерабатывающей промышленности. Библиотека содержит графические элементы по различным разделам: «Амперметр», «Варметр», «Ваттметр», «Вольтамперметр», «Датчик», «Омметр», «Счетчик», «Фазометр», «Частотомер» и другие. Графическое изображение элементов соответствует требованиям ГОСТ 2.729-68 [37].

В КОМПАС-3D имеется библиотека фрагментов «Условные обозначения Пнеumo- и Гидросхем», которая также может использоваться при построении обозначений элементов функциональных схем. В приложении Б (таблица Б.1) приведены примеры условных обозначений элементов пневмо- и гидросхем, имеющих в библиотеке, выполненных в соответствии с [38 - 42].

2.2 Задание на выполнение работы

2.2.1 Разработать фрагмент чертежа функциональной схемы автоматизации системы автоматического управления, представленный на рисунке 2.9. Построение


выполняется по следующим этапам.


Этап 1. Создать новый чертеж, например, с именем «Функциональная схема автоматизации 1», формата А4, вертикальной ориентации, типом основной надписи «Чертеж конструкторский». Сохранение его необходимо осуществить на жестком диске, например, D:\ в папке с именем «Лабораторная работа 2». Эта папка должна быть создана в папке с именем группы.

Этап 2. Вычертить условные обозначения нестандартного оборудования при помощи геометрических примитивов: отрезков, окружностей, дуг, эллипсов, многоугольников и тому подобное, взятых с панели «Геометрия».

Этап 3. Разместить стандартные элементы из библиотек.

Для этого осуществить вызов команды **Сервис => Менеджер библиотек**; на экране появится окно **Менеджера библиотек**, в левой части которого отображается список разделов Менеджера библиотек, из которого выбрать раздел «Машиностроение», в появившемся справа окне выбрать библиотеку фрагментов «Условные обозначения Пневмо- и Гидросхем», а также в разделе «Строительство, инженерные сети и коммуникации» библиотеку фрагментов «Обозначения условные приборов и средств автоматизации технологических процессов». После выбора соответствующего стандартного элемента необходимо «кликнуть» на него и, не отпуская кнопки мыши, перетащить на рабочее пространство чертежа, затем, отпустив кнопку, снова нажать ее и выбранный объект находится в чертеже, далее с ним можно работать как с обычным объектом (перемещать, копировать, удалять).

Этап 4. Создать элементы, отсутствующие в библиотеке фрагментов «Обозначения условные приборов и средств автоматизации технологических процессов». Для этого необходимо из папки «Общие обозначения библиотеки фрагментов» выбрать соответствующее условное обозначение прибора и поместить его в нужное место. Для ввода текстового и цифрового обозначений выделить элемент и осуществить ввод обозначения командой **Инструменты => Ввод текста** ()

Этап 5. Соединить элементы, размещенные на чертеже, линиями связи при помощи команды **Отрезок** () с панели **Геометрия**.

2.2.2 Разработать по заданию преподавателя чертеж с функциональной схемой автоматизации.

2.3 Содержание отчета

2.3.1 Название работы.

2.3.2 Цель работы.

2.3.3 Перечень команд, используемых при выполнении лабораторной работы, с указанием их назначения.

2.3.4 Чертеж с функциональными схемами автоматизации на бумажном носителе.

2.4 Тесты и контрольные вопросы

2.4.1 Вызов команды **Менеджер библиотек** осуществляется из пункта меню:

- | | |
|--------------------|----------------------|
| а) Файл ; | б) Редактор ; |
| в) Сервис ; | г) Вставка . |

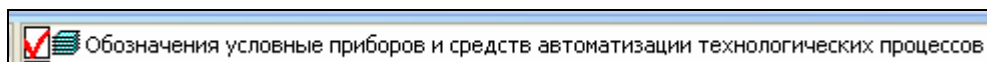
2.4.2 Какое расширение по умолчанию имеют файлы библиотек?

- | | |
|---------|---------|
| а) dxf; | б) doc; |
| в) dwg; | г) dll. |

2.4.3 Какая кнопка соответствует команде **Менеджер библиотек**?

- | | |
|------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| а)  ; | б)  ; |
| в)  ; | г)  . |

2.4.4 В каком состоянии находится на представленном фрагменте библиотека «Обозначения условные приборов и средств автоматизации технологических процессов»?



- | |
|---------------|
| а) включена; |
| б) отключена; |

в) загружена;

г) запущена.

2.4.5 Как пользователем выбирается режим работы с библиотекой?

а) дистанционно;

б) из соображений удобства;

в) автоматически;

г) в соответствии с задачей.

2.4.6 В каком режиме структура библиотеки представлена на отдельной вкладке в окне **Менеджера библиотек**?

а) «Панель»;

б) «Окно»;

в) «Диалог»;

г) «Меню».

2.4.7 Преимущество какого режима состоит в возможности просмотра слайдов, соответствующих командам библиотеки?

а) «Окно»;

б) «Меню»;

в) «Панель»;

г) «Диалог».

2.4.8 В каких режимах библиотека и основная система работают одновременно?

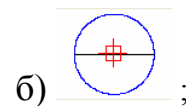
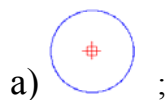
а) «Окно» и «Меню»;

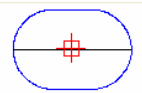
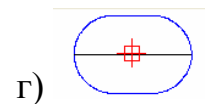
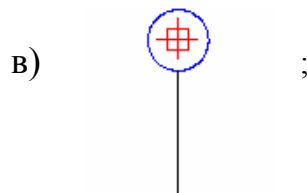
б) «Меню» и «Панель»;

в) «Окно» и «Диалог»;

г) «Окно» и «Панель».

2.4.9 Какое графическое обозначение соответствует основному обозначению прибора, устанавливаемого вне щита (по месту)?





2.4.10 Чем является графическое обозначение ?

- а) основным обозначением прибора, устанавливаемого вне щита (по месту);
- б) допускаемым обозначением прибора, устанавливаемого вне щита (по месту);
- в) основным обозначением прибора, устанавливаемого на щите, пульте;
- г) допускаемым обозначением прибора, устанавливаемого на щите, пульте.

2.4.11 Для чего используются в КОМПАС-3D стандартные параметрические библиотеки?

2.4.12 Что такое «библиотека»?

2.4.13 Что представляет собой библиотека?

2.4.14 Какие возможны режимы работы с библиотекой?

2.4.15 Как подключается библиотека к КОМПАС-3D?

2.4.16 Какие разделы имеет **Менеджер библиотек**?

2.4.17 Какие режимы работы с подключенной библиотекой обеспечивает КОМПАС-3D?

2.4.18 Как отображается структура библиотеки в режиме «Меню»?

2.4.19 Где отображается структура библиотеки в режиме «Окно»?

2.4.20 Как отображается структура библиотеки в режиме «Панель»?

2.4.21 Что отображается на экране в режиме «Диалог»?

2.4.22 Для чего предназначены функциональные схемы автоматизации?

2.4.23 Что определяет функциональная схема автоматизации?

2.4.24 С чего начинается разработка функциональной схемы автоматизации?

2.4.25 Как показывается технологическое оборудование на схеме?

2.4.26 Что показывают связи на схемах?

2.4.27 Какие задачи решаются при разработке функциональных схем?

2.4.28 На основании чего производится составление функциональных схем автоматизации?

2.4.29 Что отражают буквенные обозначения, нанесенные на условные изображения приборов и средств автоматизации в схемах по ГОСТ 21.404-85?

2.4.30 В соответствии с какими стандартами выполняются функциональные схемы автоматизации?

2.4.31 Что является результатами составления функциональных схем?

2.4.32 Какими принципами руководствуются при разработке ФСА?

2.4.33 Какие библиотеки фрагментов используются при составлении функциональных схем?

2.4.34 Какие общие обозначения используются для формирования обозначений приборов и средств автоматизации?

2.4.35 Какие команды использовались при построении чертежа с функциональной схемой автоматизации при выполнении лабораторной работы?

3 Разработка пневматических схем в КОМПАС-3D

Целью работы является изучение общих требований графического оформления пневматических схем, приобретение навыков в изображении и буквенно-цифровом обозначении элементов и устройств пневматических схем, выполнение индивидуального задания в КОМПАС-3D.

3.1 Общие положения

3.1.1 Применение пневматических систем автоматизации

Во многих отраслях промышленности управление технологическими процессами строится на базе *пневматических средств автоматизации*, которые применяются как самостоятельно, так и в комплексах с электрическими, гидравлическими и комбинированными приборами и устройствами.

Наиболее широкое применение пневматика находит при проектировании автоматизации взрыво- и пожароопасных технологических процессов, а также процессов, ход которых проходит сравнительно медленно. Широкое распространение пневматических систем объясняется в первую очередь физическими свойствами воздуха как рабочего тела. При изменении температуры они изменяются мало, благодаря чему характеристики приборов, работающих на воздухе, остаются в широком диапазоне температур более стабильными, чем у приборов, работающих на жидкостях. Одним из достоинств пневматических систем является их неподверженность радиационным и магнитным воздействиям. Кроме того, пневматические устройства, основанные на взаимодействии свободных струй, не изменяют рабочих параметров при вибрационных перегрузках. Пневматические средства автоматизации характеризуются большими функциональными возможностями, простотой конструкции и обслуживания, высокой надежностью. С помощью средств пневмоавтоматики можно реализовать алгоритм управления практически любой сложности.

К недостаткам пневматических систем относятся [17, 43]:

- запаздывание передачи сигнала;

- повышение требований в осушке и очистке сжатого воздуха;
- невысокая скорость передачи управляющих сигналов, ограниченная скоростью звука в воздухе;
- трудности обеспечения плавности перемещения рабочих органов при колебаниях нагрузки;
- относительно высокая стоимость выработки сжатого воздуха.

В настоящее время комплекс технических средств пневмоавтоматики позволяет построить всю систему управления или регулирования. Однако в зависимости от требований по точности и быстродействию этот вопрос следует решать лишь после всестороннего изучения характеристик объекта управления, условий его эксплуатации, сравнения с системами других типов, а также с учетом требований по простоте, надежности и экономичности системы [23, 44].

В конструкторскую документацию для пневматических систем входят *принципиальные пневматические схемы*.

На принципиальной схеме изображают все пневматические элементы или устройства, необходимые для осуществления и контроля в изделии заданных пневматических процессов, и все пневматические связи между ними. Основным назначением принципиальных пневматических схем является отражение с достаточной полнотой и наглядностью взаимной связи между отдельными приборами, средствами автоматизации и вспомогательной аппаратурой, входящими в состав функциональных узлов систем автоматизации, с учетом последовательности их работы и принципа действия. Принципиальные пневматические схемы составляют на основании функциональных схем автоматизации, исходя из заданных алгоритмов функционирования отдельных узлов контроля, сигнализации автоматического регулирования и управления и общих технических требований, предъявляемых к автоматизируемому объекту.

Форма выполнения принципиальных пневматических схем должна способствовать облегчению процесса их чтения, усвоения и анализа. Принципиальные пневматические схемы выполняются без учета масштаба. В общих случаях на схемах показывают:

а) все средства автоматизации, с помощью которых осуществляется контроль, сигнализация, регулирование и управление данным функциональным узлом системы автоматизации (датчики, преобразующие измеряемую величину в пневматический сигнал, вторичные измерительные приборы, регулирующие приборы, вычислительные устройства, преобразователи, переключающие и исполнительные устройства и тому подобное);

б) трубные соединительные линии связи (питающие, командные);

в) таблицу условных изображений приборов и средств автоматизации;

г) перечень используемых в данной схеме приборов, средств автоматизации и вспомогательной аппаратуры;

д) поясняющие надписи;

е) перечень чертежей, относящихся к данной схеме, общие пояснения и примечания.

Вспомогательные устройства, такие как фильтры, редукторы, показывающие манометры для контроля давления питающего воздуха и запорная арматура на принципиальных схемах могут показываться в том случае, когда в проекте не разрабатываются схемы пневмопитания.

3.1.2 Условные графические обозначения пневматических средств

В принципиальных пневматических схемах в связи с отсутствием стандартных условных графических обозначений пневматических средств автоматизации используются упрощенные начертания этих средств в виде прямоугольников с указанием внутри или вблизи них условного обозначения или заводского типа устройства [23, 35]. Как правило, в прямоугольниках указываются также номера присоединенных штуцеров приборов и устройств для подключения импульсных, командных питающих линий связи.

Элементы, составляющие на схеме функциональные группы или комплектуемые в виде блоков, могут выделяться тонкими штрихпунктирными линиями с указанием обозначений или наименований этих элементов. Переключающие устройства

изображают на схемах в развернутом виде в отключенном положении. Они могут изображаться также в выбранном рабочем положении с указанием на схеме режима, для которого изображены элементы переключающих устройств.

Схемы должны выполняться с наименьшим числом изломов и пересечений линий связи. Расстояние между соседними параллельными линиями связи должны быть не менее 3 мм. Линии связи следует выполнять толщиной от 0,2 до 0,6 мм в зависимости от формата схемы и размеров графических изображений пневматических устройств.

Позиционные обозначения элементов на схеме проставляются рядом с условными графическими изображениями (по возможности с правой стороны или над ними). При наличии на схеме нескольких одинаковых групп элементов, соединенных параллельно или последовательно, допускается изображать только крайние группы, показывая связи между ними штриховыми линиями.

При построении принципиальных пневматических схем используются условные графические обозначения в соответствии с [38 – 42, 45 – 47].

Для оформления конструкторской документации с принципиальной пневматической схемой в КОМПАС-3D входит библиотека фрагментов «Условные обозначения Пневмо- и Гидросхем», подключить которую можно в окне **Менеджера библиотек** в разделе «Машиностроение». В библиотеку включено большое количество типовых изображений блоков, вентилях, гидрозамков, дросселей, емкостей, клапанов давления, кондиционеров, насосов, обратных клапанов, распределителей, средств измерений, цилиндров и прочих стандартизованных элементов. В приложении Б (таблица Б.1) приведены примеры условных обозначений элементов пневмо- и гидросхем, имеющих в библиотеке, в соответствии с [38 - 42].

На рисунке 3.1 приведен фрагмент принципиальной пневматической схемы. Для построения схемы из библиотеки фрагментов «Условные обозначения Пневмо- и Гидросхем» можно использовать элементы, представленные в таблице 3.1.

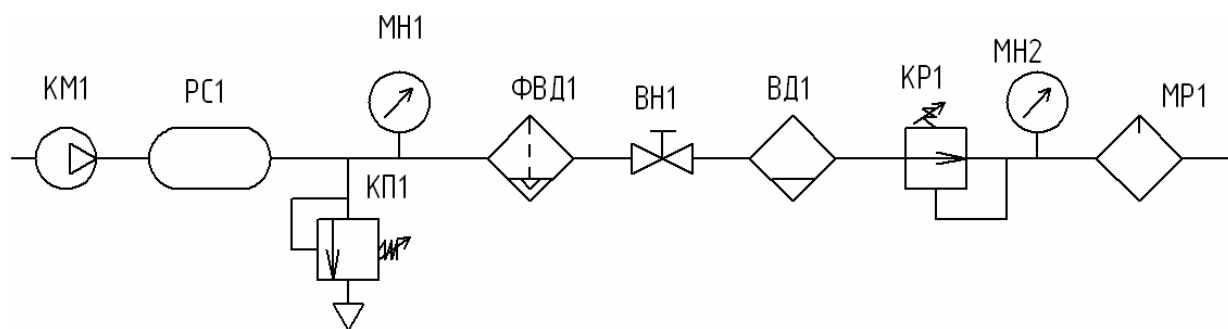


Рисунок 3.1 – Фрагмент принципиальной схемы

Таблица 3.1 – Условные обозначения пневматических устройств для построения фрагмента схемы на рисунке 3.1

Наименование элемента	Библиотека	Условное графическое обозначение	Обозначение на схеме
1	2	3	4
Компрессор	Библиотеки КОМПАС / Машиностроение / Условные обозначения Пневмо - и Гидросхем / Насосы / Компрессор		KM1
Рессивер	Библиотеки КОМПАС / Машиностроение / Условные обозначения Пневмо - и Гидросхем / Емкости / Аккумулятор		PC1
Манометр	Библиотеки КОМПАС / Машиностроение / Условные обозначения Пневмо - и Гидросхем / Средства измерения / Манометры / Манометр 01		МН1, МН2
Влагоотделитель с автоматическим отводом конденсата	Библиотеки КОМПАС / Машиностроение / Условные обозначения Пневмо - и Гидросхем / Кондиционеры рабочей среды / Фильтры / Фильтр 07		ФВД1
Вентиль	Библиотеки КОМПАС / Машиностроение / Условные обозначения Пневмо - и Гидросхем/ Вентили / Вентиль 01		ВН1
Влагоотделитель с ручным отводом конденсата	Библиотеки КОМПАС / Машиностроение / Условные обозначения Пневмо - и Гидросхем / Кондиционеры рабочей среды / Влагоотделители / Влагоотделитель 01		ВД1

Продолжение таблицы 3.1

1	2	3	4
Пневмоклапан	Библиотеки КОМПАС / Машиностроение / Условные обозначения Пневмо - и Гидросхем / Клапаны давления / Пневмоклапаны / Пневмоклапан 01		КР1
Маслораспылитель	Библиотеки КОМПАС / Машиностроение / Условные обозначения Пневмо - и Гидросхем / Кондиционеры рабочей среды / Маслораспылитель		МР1
Поток газа в одном направлении	Библиотеки КОМПАС / Машиностроение / Условные обозначения Пневмо - и Гидросхем / Прочие элементы / Направление потока / Направление потока газа 01		
Клапан-предохранитель прямого действия	Библиотеки КОМПАС / Машиностроение / Условные обозначения Пневмо - и Гидросхем / Клапаны давления / Клапан 07		КП1


3.2 Задание на выполнение работы


3.2.1 Начертить фрагмент гидравлической схемы, представленный на рисунке

3.1. Построение выполнить по следующим этапам:

- создать новый чертеж с именем «Пневматическая схема 1» формата А4, вертикальной ориентации, типом основной надписи «Чертеж конструкторский»;

- разместить на чертеже условные обозначения пневматических устройств, имеющих в библиотеке фрагментов «Условные обозначения Пневмо- и Гидросхем»;

- соединить линиями связи элементы, размещенные на чертеже, при помощи команды **Отрезок** () с панели **Геометрия**, дорисовать недостающие элементы;

- ввести текстовые обозначения элементов при помощи команды **Инструменты => Ввод текста** ()

3.2.2 Начертить фрагмент гидравлической схемы, представленный на рисунке 3.2. Построение выполнить по этапам, аналогично заданию 3.2.1. Однако в данном фрагменте имеются элементы, которых нет в библиотеках КОМПАС. В таких случаях имеется возможность добавить элемент в библиотеку, предварительно нарисовав его в виде фрагмента. Для этого выполнить следующие этапы.

Этап 1. Создание нового элемента:

- вызвать команду **Файл => Создать**, в появившемся на экране диалоге на вкладке **Новые документы** выбрать вариант **Фрагмент**;
- нарисовать прямоугольник (на компактной панели **Геометрия** выбрать команду **Прямоугольник**; первую вершину поставить в начало координат, затем ввести его высоту и ширину – 16x16, предварительно, выбрав **Стиль линии** «Основная»;
- выбирать на панели **Геометрия** команду **Вспомогательная параллельная прямая**, провести две вертикальные прямые на расстоянии 4 мм от левой и правой

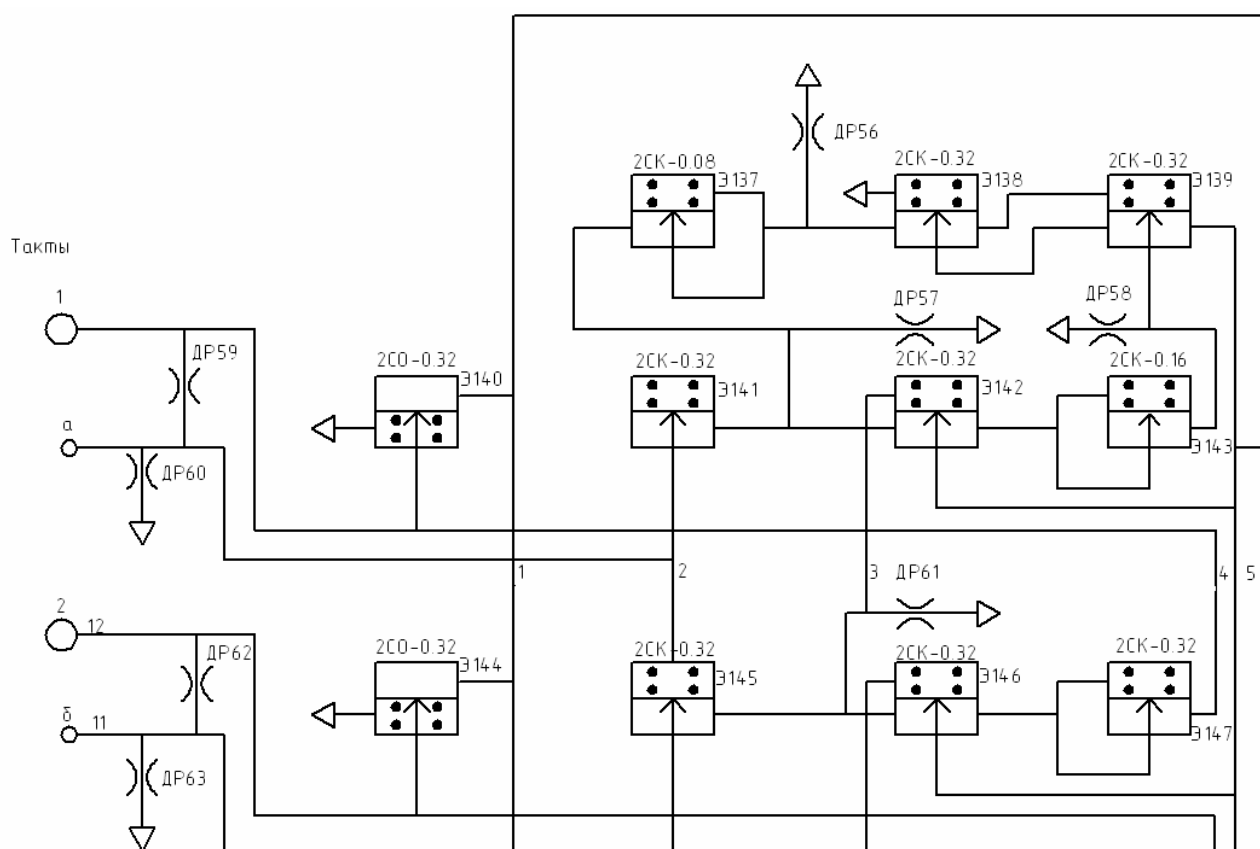


Рисунок 3.2 – Фрагмент 2 пневматической схемы

сторон прямоугольника, горизонтальную прямую на расстоянии 2 мм от верхней стороны прямоугольника и на расстоянии 4 мм от неё еще одну прямую;

- на пересечениях прямых построить четыре точки радиусом окружности, равным 0,2 мм;

- дорисовать отрезок посередине и стрелку;

- ввести текстовое обозначение элемента с помощью команды **Инструменты**

=> **Ввод текста** ().

Этап 2. Выделить все элементы и объединить в макроэлемент, вызвав соответствующую команду из контекстного меню (рисунок 3.3).

Этап 3. Сохранить файл под именем «Элемент 01» или под любым другим именем.

Этап 4. Добавить фрагмент в библиотеку фрагментов «Условные обозначения Пневмо- и Гидросхем»: открыть библиотеку Машиностроение/ Условные обозначения Пневмо- и Гидросхем/ Клапаны/ Пневмоклапаны, в правом поле из контекстного меню выбрать команду **Добавить фрагмент в библиотеку**, в появившемся окне выбрать файл «Элемент 01.fgw», в следующем окне ввести имя этого элемента в библиотеке (рисунок 3.4).

Вид библиотеки с добавленным фрагментом приведен на рисунке 3.5.

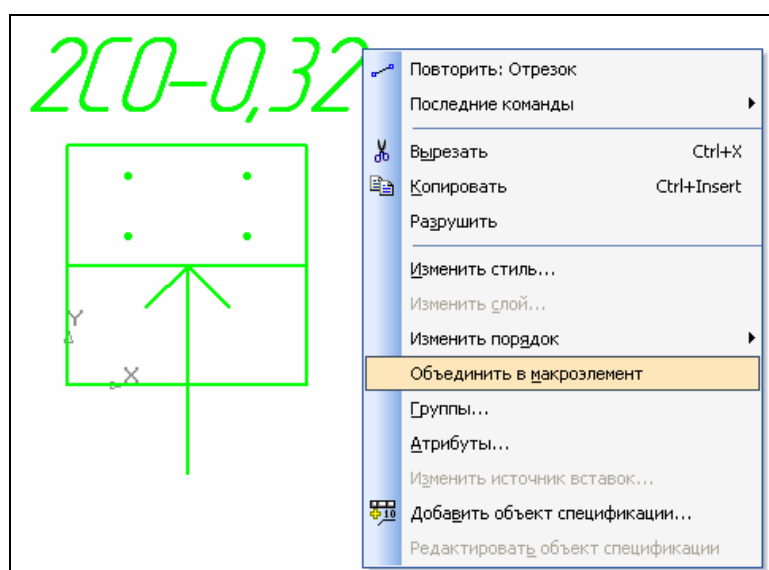


Рисунок 3.3 – Объединение элементов в макроэлемент

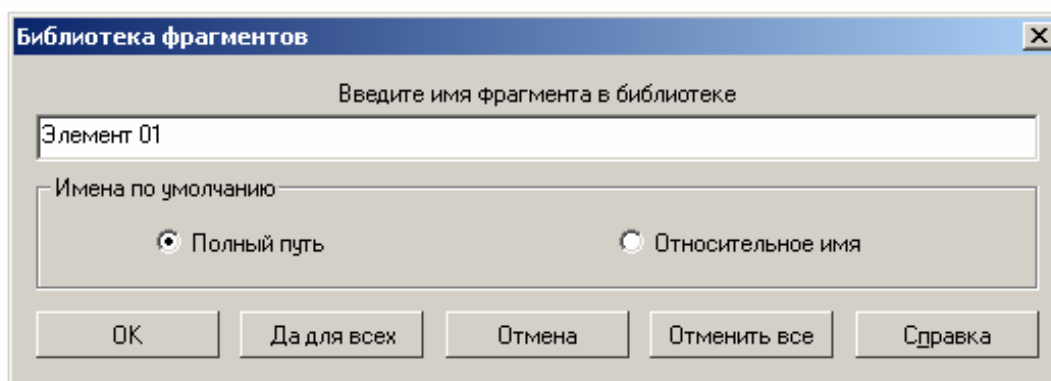


Рисунок 3.4 – Добавление фрагмента в библиотеку

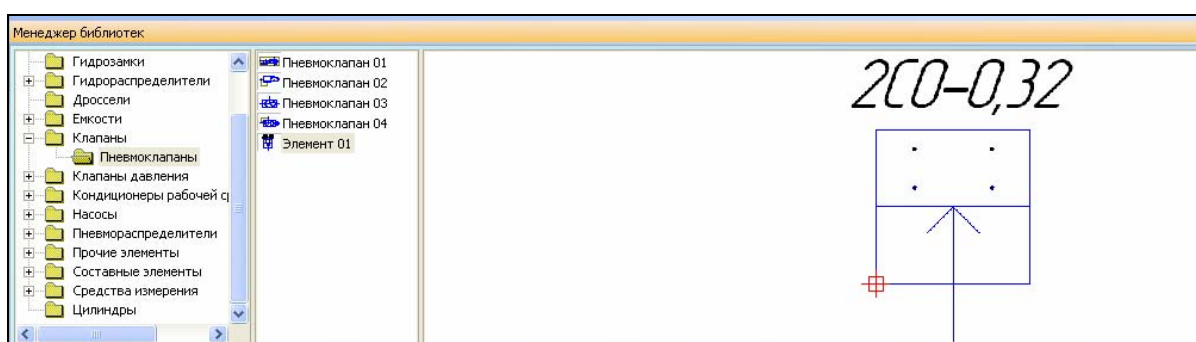


Рисунок 3.5 – Вид библиотеки с добавленным фрагментом

3.3 Содержание отчета

3.3.1 Название работы.

3.3.2 Цель работы.

3.3.3 Перечень команд, используемых при выполнении лабораторной работы, с указанием их назначения.

3.3.4 Чертеж с гидравлическими схемами на бумажном носителе.

3.4 Тесты и контрольные вопросы

3.4.1 К достоинствам пневматических систем относится:

- а) изменение рабочих параметров при вибрационных перегрузках;
- б) неограниченный диапазон рабочих температур;

- в) повышенные требования к осушке и очистке сжатого воздуха;
- г) большие функциональные возможности.

3.4.2 К недостаткам пневматических систем относится:

- а) подверженность радиационным и магнитным воздействиям;
- б) запаздывание передачи сигнала;
- в) сложность конструкции;
- г) невысокая надежность.

3.4.3 Принципиальные пневматические схемы составляют на основании:

- а) функциональных схем автоматизации;
- б) структурных схем;
- в) принципиальных электрических схем;
- г) принципиальных кинематических схем.

3.4.4 Какие устройства могут показываться на пневматических схемах, если в проекте не разрабатываются схемы пневмопитания?

- а) датчики, преобразующие измеряемую величину в пневматический сигнал;
- б) регулирующие приборы;
- в) исполнительные устройства;
- г) показывающие манометры.

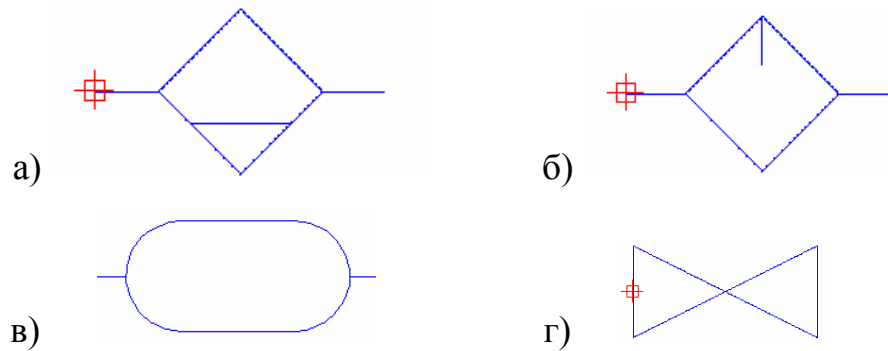
3.4.5 Расстояние между соседними параллельными линиями связи должны быть не менее:

- а) 5 мм;
- б) 7 мм;
- в) 3 мм;
- г) 9 мм.

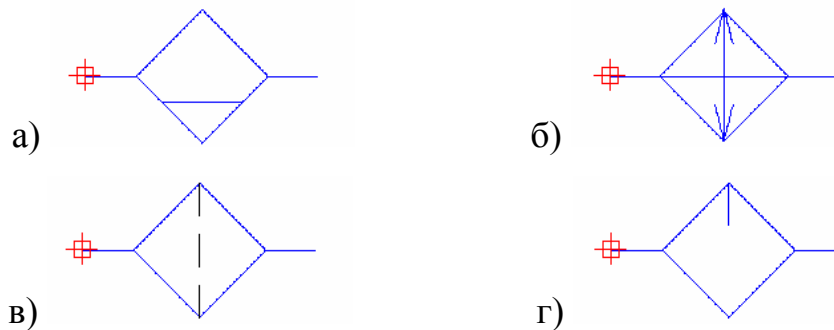
3.4.6 Линии связи в зависимости от формата схемы и размеров графических изображений пневматических устройств следует выполнять толщиной:

- а) от 0,2 до 0,6 мм;
- б) от 2 до 6 мм;
- в) от 0,1 до 0,2 мм;
- г) от 0,6 до 0,8 мм.


3.4.7 Какое условное обозначение соответствует пневматическому элементу «ресивер»?



3.4.8 Какое условное обозначение соответствует пневматическому элементу «влагоотделитель с ручным отводом конденсата»?



3.4.9 Для какого пневматического устройства используется следующее услов-

ное обозначение  ?

- а) термометр;
- б) реле давления;
- в) манометр;
- г) расходомер.

3.4.10 Какой тип документа необходимо создать для включения нового графического обозначения пневматического элемента?

- а) Деталь;
- б) Фрагмент;
- в) Спецификация;
- г) Чертеж.

- 3.4.11 При автоматизации каких процессов находит наибольшее применение пневматика?
- 3.4.12 В чем достоинства пневматических систем?
- 3.4.13 В чем недостатки пневматических систем?
- 3.4.14 Какие схемы входят в конструкторскую документацию для пневматических систем?
- 3.4.15 Для чего предназначены принципиальные пневматические схемы.
- 3.4.16 На основании каких схем разрабатываются принципиальные пневматические схемы?
- 3.4.17 Чему должна способствовать форма выполнения принципиальных пневматических схем?
- 3.4.18 Что показывают на принципиальных пневматических схемах?
- 3.4.19 Какие элементы на принципиальных схемах могут показываться, когда в проекте не разрабатываются схемы пневмопитания?
- 3.4.20 В какой библиотеке находятся графические обозначения пневматических элементов?
- 3.4.21 Какие типовые изображения входят в библиотеку фрагментов «Условные обозначения Пневмо- и Гидросхем»?
- 3.4.22 Какое расширение имеет фрагмент?
- 3.4.23 Каким образом создается новый элемент, которого нет в библиотеке фрагментов «Условные обозначения Пневмо- и Гидросхем»?
- 3.4.24 Как добавить новый фрагмент в библиотеку?
- 3.4.25 Какие команды использовались при построении чертежа с принципиальной пневматической схемой при выполнении лабораторной работы?

4 Разработка электрических схем в КОМПАС-3D

Целью работы является приобретение навыков построения принципиальных электрических схем в КОМПАС-3D, выполнение индивидуального задания.

4.1 Общие положения

4.1.1 Применение принципиальных электрических схем

В системах автоматического контроля и управления различными технологическими процессами значительное место занимают электрические приборы, аппараты, устройства, которые служат для обеспечения управления, блокировки, сигнализации и защиты. Для изображения взаимной электрической связи приборов и устройств служит электрическая схема.

Одним из видов электрических схем является принципиальная схема. *Схема принципиальная* (полная) – схема, определяющая полный состав элементов и связей между ними и, как правило, дающая детальное представление о принципах работы изделия (установки) [26]. На *принципиальной электрической схеме* изображают все электрические элементы или устройства, необходимые для осуществления и контроля в изделии заданных электрических процессов, все электрические связи между ними, а также электрические элементы (соединители, зажимы и тому подобное), которыми заканчиваются входные и выходные цепи [29].

Принципиальные электрические схемы определяют полный состав приборов, аппаратов и устройств (а также связей между ними), действие которых обеспечивает решение задач управления, регулирования, защиты, измерения и сигнализации [23]. Назначение принципиальных схем:

- являются основанием для разработки других документов проекта (монтажных таблиц щитов и пультов, схем внешних соединений и других);
- служат для изучения принципа действия системы;
- используются при производстве наладочных работ и в эксплуатации.

При разработке систем автоматизации технологических процессов принципиальные электрические схемы обычно выполняют применительно к отдельным самостоятельным элементам, установкам или участкам автоматизируемой системы, например, выполняют схему управления задвижкой, схему автоматического и дистанционного управления насосом, схему сигнализации уровня в резервуаре и тому подобное. Используя эти схемы, составляют, в случае необходимости, принципиальные электрические схемы, охватывающие целый комплекс отдельных элементов, установок или агрегатов, которые дают полное представление о связях между всеми элементами управления, блокировки, защиты и сигнализации этих установок или агрегатов. Примером таких схем может служить принципиальная электрическая схема управления насосной установкой, состоящей из насоса, вакуум-насоса и нескольких электрифицированных задвижек.

При всем многообразии принципиальных электрических схем в различных системах автоматизации любая схема, независимо от степени ее сложности, представляет собой определенным образом составленное сочетание отдельных, достаточно элементарных электрических цепей и типовых функциональных узлов, в заданной последовательности выполняющих ряд стандартных операций: передачу командных сигналов от органов управления или измерения к исполнительным органам, усиление или размножение командных сигналов, их сравнение, превращение кратковременных сигналов в длительные и, наоборот, блокировку сигналов и тому подобное [48]. К элементарным цепям могут быть отнесены типовые схемы включения измерительных приборов различного назначения.

Разработка принципиальных электрических схем всегда содержит определенные элементы творчества и требует умелого применения элементарных электрических цепей и типовых функциональных узлов, оптимальной компоновки их в единую схему с учетом удовлетворения предъявляемых к схемам требований, а также возможного упрощения и минимизации схем. В практике проектирования принципиальных электрических схем на базе опыта проектирования монтажа, наладки и эксплуатации различного рода систем автоматизации сложились некоторые общие принципы построения электрических схем. Каждая схема помимо полного удовле-

творения требований, предъявляемых к системе управления, должна обеспечивать высокую надежность, простоту и экономичность, четкость действий при аварийных режимах, удобство оперативной работы, эксплуатации, четкость оформления.

Принципиальные электрические схемы выполняют в соответствии с требованиями стандартов, которые регламентируют правила выполнения элементов схем, маркировку участков электрических цепей.

В соответствии с [29] элементы и устройства изображают на схемах следующими способами:

а) *совмещенном*, при этом способе составные части элементов или устройств изображают на схеме в непосредственной близости друг к другу.

б) *разнесенном*, при этом способе составные части элементов и устройств или отдельные элементы устройств изображают на схеме в разных местах таким образом, чтобы отдельные цепи изделия были изображены наиболее наглядно.

При выполнении схем рекомендуется пользоваться *строчным* способом. При этом условные графические обозначения элементов или их составных частей, входящих в одну цепь, изображают последовательно друг за другом по прямой, а отдельные цепи — рядом, образуя параллельные (горизонтальные или вертикальные) строки. При выполнении схемы строчным способом допускается нумеровать строки арабскими цифрами.

Схемы выполняют:

а) в *многолинейном* изображении (каждую цепь изображают отдельной линией, а элементы, содержащиеся в этих цепях, - отдельными условными графическими обозначениями);

б) в *однолинейном* изображении (цепи, выполняющие идентичные функции, изображают одной линией, а одинаковые элементы этих цепей - одним условным графическим обозначением).

Разработку принципиальных электрических схем ведут в следующем порядке [23]:

- на основе функциональной схемы автоматизации формулируют требования к принципиальной электрической схеме;

- устанавливают условия и последовательность действия ее элементов;
- каждое из сформулированных требований изображают в виде элементарных цепей;
- элементарные цепи объединяют в общую схему;
- производят выбор аппаратуры и расчет электрических параметров отдельных элементов;
- проверяют и корректируют схему.

4.1.2 Условные графические обозначения электрических элементов в КОМПАС-3D

В **Менеджер библиотек КОМПАС-3D** могут входить следующие библиотеки фрагментов: «Элементы электротехнических устройств», «Релейная защита и подстанционная автоматика», «Сигналы системы диспетчерского управления». При отсутствии указанных библиотек их можно добавить, выполняя этапы, описанные в разделе 2.

Библиотека «Элементы электротехнических устройств» предназначена для автоматизации чертежно-графических работ, связанных с вычерчиванием электротехнических устройств на электрических схемах главных и вспомогательных цепей электроснабжения при проектировании зданий и сооружений различного назначения. Графическое изображение элементов соответствует требованиям следующих международных стандартов: ГОСТ 2.721-74 «Обозначения условные графические в схемах. Обозначения общего применения» [38], ГОСТ 2.722-68 «Обозначения условные графические в схемах. Машины электрические» [49], «ГОСТ 2.723-68. Обозначения условные графические в схемах. Катушки индуктивности, дроссели, трансформаторы и магнитные усилители» [50], ГОСТ 2.727-68 «Обозначения условные графические в схемах. Разрядники; предохранители» [51], ГОСТ 2.728-74 «Обозначения условные графические в схемах. Резисторы, конденсаторы» [52], ГОСТ 2.729-68 «Обозначения условные графические в схемах. Приборы электроизмерительные» [37], ГОСТ 2.730-73 «Обозначения условные графические в схемах. Приборы полу-

проводниковые» [53], ГОСТ 2.732-68 «Обозначения условные графические в схемах. Источники света» [54], ГОСТ 2.741-68 «Обозначения условные графические в схемах. Приборы акустические» [55], ГОСТ 2.745-68 «Обозначения условные графические в схемах. Электронагреватели, устройства и установки электротермические» [56], ГОСТ 2.755-87 «Обозначения условные графические в схемах. Устройства коммутационные и контактные соединения» [57], ГОСТ 2.756-76 «Обозначения условные графические в схемах. Воспринимающая часть электромеханических устройств» [58] и других.

Условные обозначения элементов и устройств сгруппированы в разделы: «Элементы», «Главные цепи», «Вспомогательные цепи». В приложении В (таблица В.1) приведены примеры условных графических обозначений электрических элементов. Для работы с полным перечнем условных обозначений электрических элементов необходимо приобрести «Библиотеку элементов электрических схем».

Библиотека «Релейная защита и подстанционная автоматика» предназначена для автоматизации чертежно-графических работ, связанных с вычерчиванием принципиальных схем устройств релейной защиты и автоматики. Изображение элементов соответствует требованиям ГОСТ 2.767-89 [59]. Библиотека включает условные обозначения основных комплектов релейной защиты на постоянном и переменном оперативном токе, а также условные обозначения комплектов уставок защит.

Библиотека «Сигналы системы диспетчерского управления» предназначена для автоматизации чертежно-графических работ, связанных с разработкой и вычерчиванием функциональных схем электроснабжения, при проектировании зданий и сооружений различного назначения. Графическое изображение элементов соответствует требованиям ГОСТ 21.611-85 [60]. Библиотека включает условные обозначения элементов сигнализации, измерения, регулирования и управления.

4.2 Задание на выполнение работы

4.2.1 Разработать чертеж с фрагментом электрической схемы, представленным на рисунке 4.1. Построение выполнить по следующим этапам.

Этап 1. Создать чертежный лист нужного формата и ориентации (**Файл => Создать => Чертеж**);

Этап 2. Построить электрическую схему с использованием элементов из библиотеки «Элементы электротехнических устройств» (таблица 4.1).

Этап 3. Соединить вынесенные стандартные элементы в требуемую схему.

Этап 4. Нанести дополнительные надписи.

Этап 5. Заполнить основную надпись.

4.2.2 Разработать чертеж с фрагментом электрической схемы по заданию преподавателя.

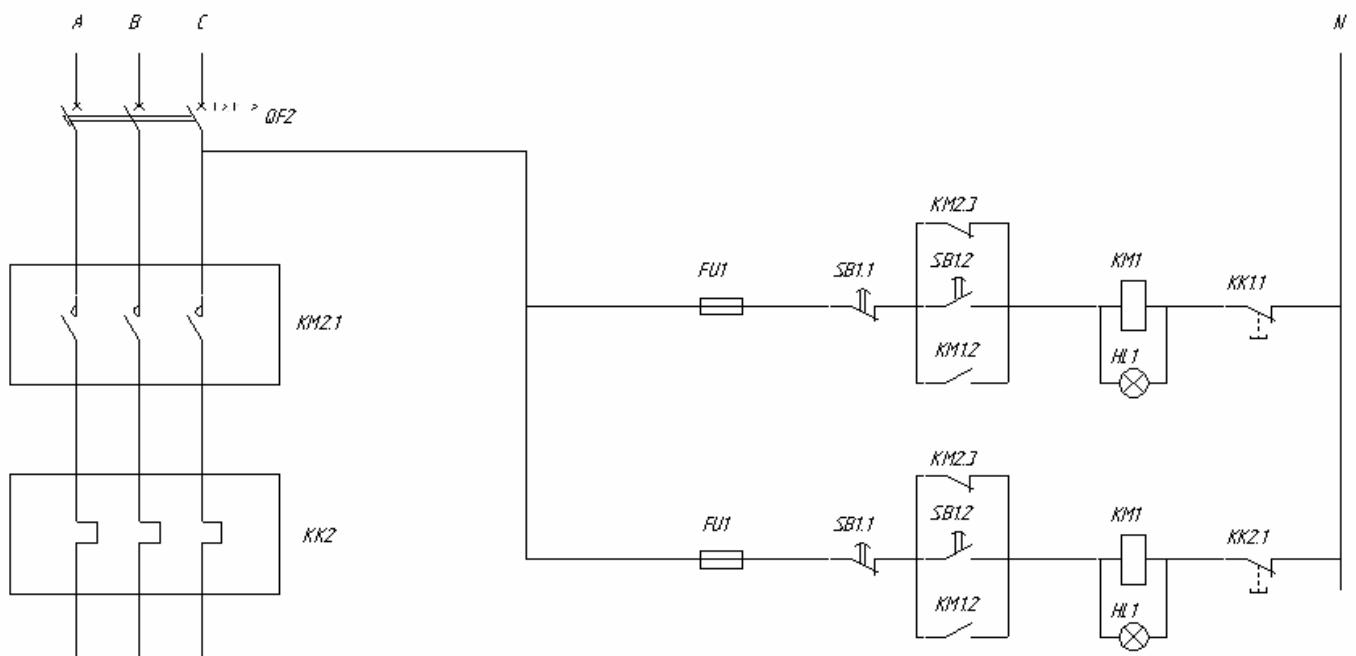


Рисунок 4.1 – Фрагмент принципиальной электрической схемы

4.3 Содержание отчета


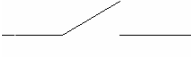
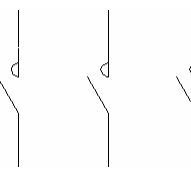
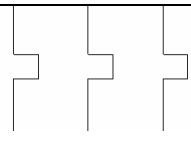
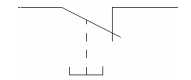
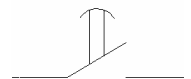

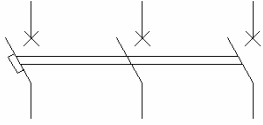
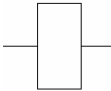
4.3.1 Название работы.

4.3.2 Цель работы.

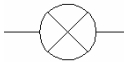

4.3.3 Перечень команд, используемых при выполнении лабораторной работы, с указанием их назначения.

4.3.4 Чертежи с фрагментами электрических схем на бумажном носителе.

Таблица 4.1 – Стандартные электрические элементы, использованные при построении схемы

Наименование элемента	Библиотека	Условное графическое обозначение	Обозначение на схеме
1	2	3	4
Контакт размыкающий	Библиотеки КОМПАС / ... / Элементы электротехнических устройств / ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ЦЕПИ / КОНТАКТЫ /		KM2.3
Контакт замыкающий			KM1.2,...
Контакт контактора замыкающий с автоматическим срабатыванием трехполюсный			KM2.1
Контакт теплового реле			KK2
Контакт теплового реле			KK1.1
Контакт замыкающий с замедлением, действующим при срабатывании			SB1.1
Контакт размыкающий с замедлением, действующим при срабатывании			SB1.2
Контакт выключателя с автоматическим срабатыванием трехполюсный		Библиотеки КОМПАС / ... / Элементы электротехнических устройств / ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ЦЕПИ / Выключатель 6	
Катушка реле	Библиотеки КОМПАС / ... / Элементы электротехнических устройств / ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ЦЕПИ / Катушка реле 01		KM1

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4
Лампа сигнальная	Библиотеки КОМПАС / ... / Элементы электротехнических устройств / ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ЦЕПИ / ЭЛЕМЕНТЫ / Лампа сигнальная без добавочного сопротивления термической установки		HL1
Предохранитель	Библиотеки КОМПАС / ... / Элементы электротехнических устройств / ГЛАВНЫЕ ЦЕПИ / Предохранитель 2		FU1

4.4 Тесты и контрольные вопросы

4.4.1 На принципиальной электрической схеме изображают:

а) функциональные части изделия (элементы, устройства и функциональные группы), участвующие в процессе, иллюстрируемой схемой, и связи между этими частями;

б) все электрические элементы или устройства, необходимые для осуществления и контроля в изделии заданных электрических процессов, все электрические связи между ними, а также электрические элементы, которыми заканчиваются входные и выходные цепи;

в) все устройства и элементы, входящие в состав изделия, их входные и выходные элементы, а также соединения между этими устройствами и элементами;

г) изделие, его входные и выходные элементы и подводимые к ним концы проводов и кабелей (многожильных проводов, электрических шнуров) внешнего монтажа, около которых помещают данные о подключении изделия.

4.4.2 Для чего не предназначены принципиальные схемы?

а) для разработки других документов проекта (монтажных таблиц щитов и пультов, схем внешних соединений и других);

б) для изучения принципа действия системы;

в) для отображения подводимых к входным и выходным элементам концов проводов и кабелей внешнего монтажа;

г) для производства наладочных работ и в эксплуатации.

4.4.3 К элементарным электрическим цепям могут быть отнесены:

а) схемы подключения измерительных приборов различного назначения;

б) типовые схемы включения электрических приборов;

в) типовые схемы подключения электрических приборов различного назначения;

г) типовые схемы включения измерительных приборов различного назначения.

4.4.4 Принципиальная электрическая схема должна обеспечивать высокую:

а) экономичность;

б) универсальность;

в) точность;

г) адекватность.

4.4.5 Принципиальная электрическая схема не должна обеспечивать:

а) надежность;

б) экономичность;

в) универсальность;

г) удобство.

4.4.6 Элементы и устройства изображают на схемах:

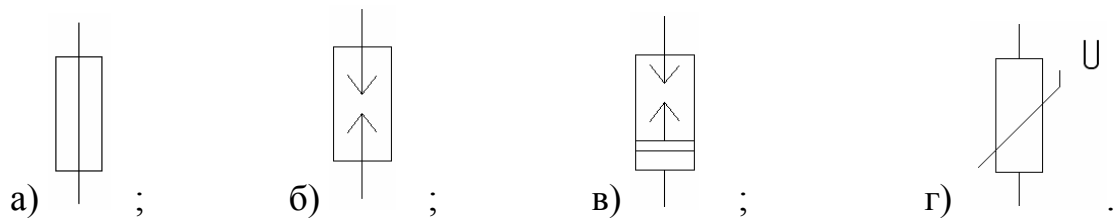
а) совмещенным и разнесенным способом;

б) параллельным и последовательным способом;

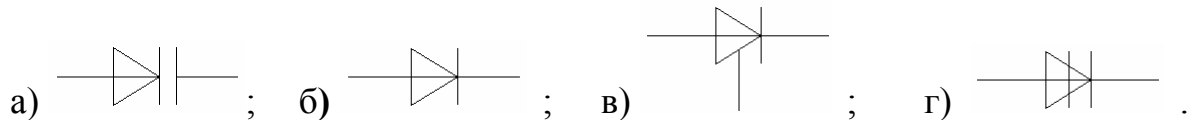
в) упрощенным и развернутым способом;

г) прямым и косвенным способом.

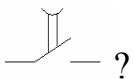
4.4.7 Какое условное обозначение соответствует электрическому элементу «предохранитель»?



4.4.8 Какое условное обозначение соответствует электрическому элементу «диод»?

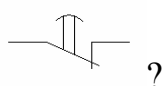


4.4.9 Для какого контакта используется следующее условное обозначение



- а) контакт размыкающий с замедлением, действующим при возврате;
- б) контакт замыкающий с замедлением, действующим при срабатывании;
- в) контакт размыкающий с замедлением, действующим при срабатывании;
- г) контакт замыкающий с замедлением, действующим при возврате.

4.4.10 Для какого контакта используется следующее условное обозначение



- а) контакт размыкающий с замедлением, действующим при возврате;
- б) контакт замыкающий с замедлением, действующим при срабатывании;
- в) контакт размыкающий с замедлением, действующим при срабатывании;
- г) контакт замыкающий с замедлением, действующим при возврате.

4.4.11 Для чего используются электрические схемы?

4.4.12 Что такое «принципиальная схема»?

4.4.13 Что отражает принципиальная электрическая схема?

4.4.14 Для чего используются принципиальные электрические схемы?

4.4.15 Что представляет собой принципиальная электрическая схема в системах автоматизации?

- 4.4.16 Что определяет принципиальная электрическая схема?
- 4.4.17 Что можно отнести к элементарным электрическим цепям?
- 4.4.18 Что должна обеспечивать электрическая схема?
- 4.4.19 Какими способами изображают на электрических схемах элементы и устройства?
- 4.4.20 В каких изображениях выполняют принципиальные электрические схемы?
- 4.4.21 Как выполняются схемы в многолинейном изображении?
- 4.4.22 Как выполняются схемы в однолинейном изображении?
- 4.4.23 В каком порядке ведут разработку принципиальных электрических схем?
- 4.4.24 Какие библиотеки фрагментов входят в **Менеджер библиотек КОМПАС-3D**?
- 4.4.25 Какие команды использовались при построении чертежа с принципиальной электрической схемой при выполнении лабораторной работы?

5 Разработка чертежа в КОМПАС-3D

Целью работы является приобретение навыков в построении чертежа в соответствии с ЕСКД в системе КОМПАС-3D, выполнение индивидуального задания.

5.1 Технология создания чертежа

Чертеж – основной тип графического документа в КОМПАС-3D. Он может содержать один или несколько листов. Для каждого листа можно задать формат, кратность, ориентацию и другие свойства. В файле чертежа КОМПАС-3D могут содержаться не только чертежи (в понимании ЕСКД), но и схемы, плакаты и прочие графические документы.

Чертеж системы полностью соответствует листу чертежа, который создает конструктор при черчении на кульмане.

В состав чертежа входят рамка, основная надпись, технические требования, обозначения шероховатости, один или несколько видов. Некоторые из этих элементов на чертеже могут отсутствовать, но для них зарезервировано место и они могут быть созданы в любой момент. Размеры чертежей соответствуют установленным форматам.

Файл чертежа имеет расширение `cdw`.

При работе в КОМПАС-3D используются декартовы правые системы координат. В каждом файле модели (в том числе в новом, только что созданном) существует система координат и определяемые ею проекционные плоскости. Изображение системы координат появляется посередине окна модели.

Начало абсолютной системы координат чертежа всегда находится в левой нижней точке габаритной рамки формата.

Начало системы координат фрагмента не имеет такой четкой привязки, как в случае чертежа. Поэтому, когда открывается новый фрагмент, точка начала его системы координат автоматически отображается в центре окна.

Для удобства работы пользователь может создавать в графических документах и в эскизах произвольное количество локальных систем координат и оперативно переключаться между ними.

В КОМПАС-3D используется метрическая система мер.

Расстояния между точками на плоскости в графических документах и между точками в пространстве вычисляются и отображаются в миллиметрах. При этом пользователь всегда работает с реальными размерами (в масштабе 1:1).

При расчете массо-моментных характеристик деталей пользователь может управлять представлением результатов, назначая нужные единицы измерений (килограммы или граммы – для массы; миллиметры, сантиметры, дециметры или метры – для длины).

Числовые параметры текстов (высота шрифта, шаг строк, значение табуляции и другие) задаются и отображаются в миллиметрах.

Построение чертежа осуществляется по следующим этапам:

- создание нового документа типа «чертеж»;
- построение модели детали;
- простановка размеров на чертеже;
- заполнение основной надписи.

5.2 Задание на выполнение работы

5.2.1 Приобрести навыки работы с системой автоматизированного проектирования и черчения КОМПАС-3D, выполнив построение детали «Колонка».

Рассмотрим построение детали «Колонка», внешний вид которой представлен на рисунке 5.1. Для построения данной детали можно использовать следующие способы, используя:

- вспомогательные линии для построения;
- ось симметрии для построения верхней части детали, а затем отразить все построения.

Рассмотрим первый способ построения детали.

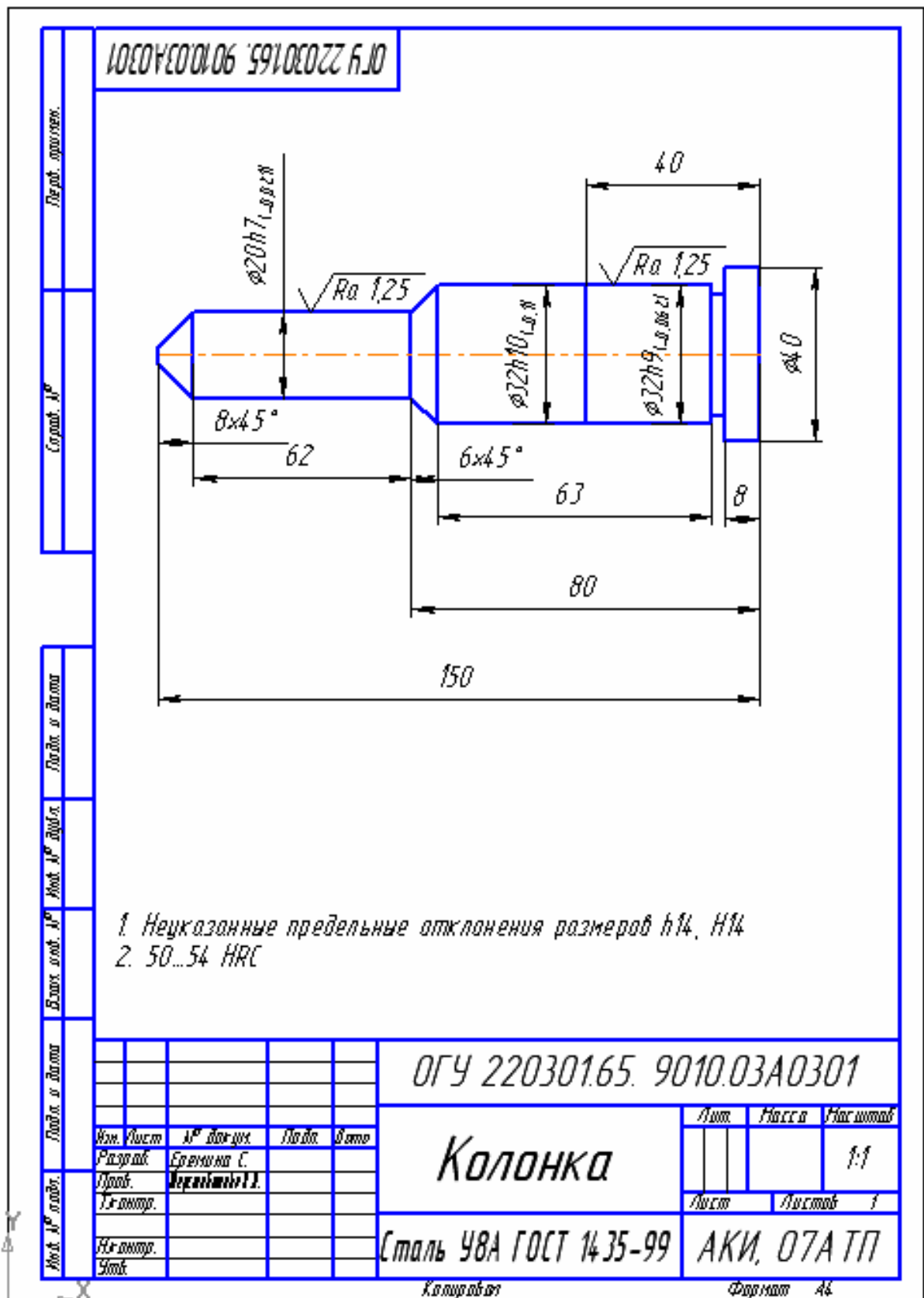




Рисунок 5.1 – Чертеж детали «Колонка»



Для выполнения задания необходимо выполнить следующие этапы.

Этап 1. Создать новый документ. Вызвать команду **Файл => Создать** или нажать кнопку **Создать**  на панели **Стандартная**. В появившемся на экране диалоге выбрать вариант **Чертеж** на вкладке **Новый документ**.


Этап 2. Нажать кнопку **Показать все**  на панели **Вид**.


Этап 3. Вызвать команду **Файл => Сохранить** или нажать кнопку **Сохранить**  на панели **Стандартная**. Сохранить документ на диске D: в папке с именем группы, номером лабораторной работы и названием чертежа «Колонка».

Этап 4. Построить внешний контур детали:


- удерживая левую клавишу мыши на кнопке **Вспомогательная прямая**  панели **Геометрия**, выбрать в раскрывающемся меню кнопку **Горизонтальная прямая**  ;


- построить прямую приблизительно в центре листа;


- удерживая левую клавишу мыши кнопки **Вспомогательная прямая**  на панели **Геометрия**, выбрать в раскрывающемся меню кнопку **Параллельная прямая** ;

- на панели свойств команды указать построение двух параллельных прямых  ;

- ввести последовательно значения расстояния 10, 16, 15, 20, не выходя из команды, и зафиксировать их нажатием клавиши «**Enter**»;

- построить вспомогательные вертикальные прямые на расстоянии 8, 70, 76, 139, 142 и 150 относительно левого края детали, используя команду **Вертикальная прямая**  ;

- обвести контур детали, используя команду **Непрерывный ввод объектов**  ;

- нажать кнопку **Увеличить масштаб рамкой**  на панели **Стандартная**; увеличить построенную деталь во весь экран;


- выполнить построение фасок:

а) нажать кнопку **Фаска**  на панели **Геометрия**;


б) в поле **Длина 1** на панели свойств ввести значение 8, в поле **Угол** ввести значение 45;

в) указать курсором стороны прямоугольника;

г) аналогично построить фаски для диаметра 32;

д) выйти из команды, нажав кнопку  **Создать объект**.



Этап 5. Построить осевую линию и удалить вспомогательные линии:

- нажать кнопку **Отрезок**  в меню **Инструменты** => **Геометрия**;


- выбрать в поле **Стиль** на панели свойств тип линии «Осевая»;

- построить осевую линию;

- вызвать команду **Редактор** => **Удалить** => **Вспомогательные кривые и точки** => **В текущем виде** в основном меню; будут удалены вспомогательные построения (построенная деталь должна выглядеть так, как показано на рисунке 5.2);

- для проставления линейных размеров выбрать на панели **Размеры**  вкладку **Линейный размер**  и указать все размеры;

Этап 6. Проставить размеры на чертеже:

- при проставлении размеров фасок на панели свойств выбрать поле **Текст** и в появившемся диалоговом окне **Задание размерной записи** задать в поле **Текст после**, нажав кнопку  $\times 45^\circ$;

- для простановки диаметральных размеров использовать также диалоговое окно **Задание размерной записи**, выбрав на панели **Символ** знак диаметра;

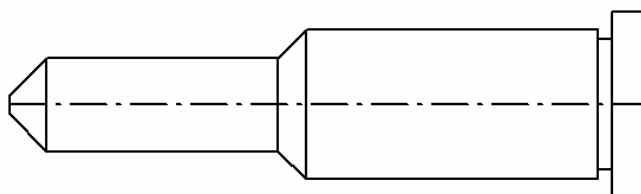




Рисунок 5.2 – Построенная деталь

- при простановке отклонений на детали вызвать диалоговое окно **Задание размерной записи**; выбрать кнопку **Квалитет**, указать его значение для вала и отклонения, нажав флажок «Включить»;

- для задания шероховатости выбрать панель **Обозначения**  и на ней указать кнопку **Шероховатость** ; нажать **Текст** на панели свойств задать в поле «2» значение 1,25.

Этап 7. Ввести технические требования.

Выбрать **Вставка => Технические требования => Ввод**, ввести текст технических требований.


Этап 8. Заполнить основную надпись чертежа.

Разработанный чертеж с построенной деталью показан на рисунке 5.1.

Для завершения построения с помощью команды **Симметрия** необходимо выполнить следующие действия:

- нажать кнопку **Выделить рамкой**  на панели **Редактирование**; выделить построенную часть детали;

- нажать кнопку **Симметрия**  на панели **Редактирование**;

- нажать кнопку **Выбор базового объекта**  на текущей панели специального управления;

- указать курсором ось симметрии в любой ее точке;

- прервать работу команды **Симметрия**  и отменить выделение объектов.

5.2.2 Создать чертеж детали по заданию преподавателя.

5.3 Содержание отчета

5.3.1 Название работы.

5.3.2 Цель работы.

5.3.3 Перечень команд, используемых при выполнении лабораторной работы, с указанием их назначения.

5.3.4 Чертежи деталей на бумажном носителе.

5.4 Тесты и контрольные вопросы

5.4.1 Сколько листов может содержать чертеж в КОМПАС-3D?

- а) один;
- б) два;
- в) три;
- г) четыре;
- д) больше одного.

5.4.2 Что можно задать для каждого листа чертежа?

- а) формат, кратность, ориентацию;
- б) формат, кратность, количество листов;
- в) формат, количество листов, границы и заливку;
- г) количество листов, границы, кратность;
- д) формат, кратность, границы и заливка.

5.4.3 Какое расширение имеет файл чертежа?

- а) dwg;
- б) cdw;
- в) kdw;
- г) dxf;
- д) grs.

5.4.4 Что входит в состав чертежа?

- а) рамки, обозначение неуказанной шероховатости, фрагмент сборки;
- б) рамки, алфавит, фрагмент сборки;
- в) основная надпись, рамки, обозначение неуказанной шероховатости;
- г) фрагмент сборки, рамки, обозначение неуказанной шероховатости.

5.4.5 Где находится начало абсолютной системы координат?

- а) в правой нижней точке;
- б) посередине чертежа;
- в) в левой нижней точке;
- г) в правой верхней точке;

д) в левой верхней точке.

5.4.6 Какую пиктограмму команды необходимо нажать для создания нового чертежа?

- а)  ; б)  ; в)  ; г)  ; д)  .

5.4.7 Как построить горизонтальную вспомогательную прямую?

- а)  ; б)  ; в)  ; г)  ; д)  .

5.4.8 На какой панели находится команда **Отрезок**?

- а) **Размеры**;
б) **Обозначения**;
в) **Редактирование**;
г) **Геометрия**;
д) **Измерения 2D**.

5.4.9 Какую команду необходимо задать для удаления вспомогательных линий построения на чертеже?

- а) **Редактор => Удалить => Вспомогательные кривые и точки**;
б) **Вид => Обновить изображение**;
в) **Редактор => Вырезать**;
г) **Редактор => Разбить**.

5.4.10 Какую команду необходимо выполнить для задания размерной записи «x45»?

- а) **Линейный размер => Текст => Текст до**;
б) **Линейный размер => Текст => Текст после**;
в) **Линейный размер => Текст => Значение**;
г) **Линейный размер => Текст => Квалитет**;
д) **Линейный размер => Текст => Единица измерения**.

5.4.11 Что такое чертеж?

5.4.12 Что содержит чертеж?

- 5.4.13 Сколько локальных систем координат при работе в графических документах может создать пользователь?
- 5.4.14 Какая система мер используется в КОМПАС-3D?
- 5.4.15 В каких единицах измеряется расстояние в графических документах?
- 5.4.16 Какие этапы построения были использованы при построении детали?
- 5.4.17 Где находится команда «Фаска»?
- 5.4.18 Как симметрично отобразить построения?
- 5.4.19 Как проставить размеры на чертеже?
- 5.4.20 Какие виды размеров можно проставить на чертеже?
- 5.4.21 Как добавить квалитет в размере?
- 5.4.22 Как проставить шероховатость на поверхности детали?
- 5.4.23 Как вставить в чертеж технические требования?
- 5.4.24 Как задать неуказанную шероховатость?
- 5.4.25 Как отредактировать основную надпись чертежа?
- 5.4.26 Какие команды использовались при построении чертежа при выполнении лабораторной работы?

6 Построение трехмерных моделей

Целью работы является приобретение навыков формирования трехмерных объектов, построение трехмерной модели, выполнение индивидуального задания.

6.1 Общие положения

6.1.1 Трехмерное моделирование

Модель – создаваемое человеком подобие изучаемых объектов: макеты, изображения, схемы, словесные описания, математические формулы, карты и так далее. Модели всегда проще реальных объектов, но они позволяют выделить главное, не отвлекаясь на детали. *Процесс проектирования* может рассматриваться как постепенная детализация формы по мере развития идей разработчика. В настоящее время трехмерное (объемное, 3D-) компьютерное моделирование считается одной из самых универсальных компьютерных технологий, используемых в автоматизированных системах промышленного назначения [17]. Геометрическая и топологическая информация об изделии, наиболее полно представленная в трехмерной модели, применяется на различных этапах жизненного цикла, входит целиком или частично во многие другие модели, необходимые для работы локальных программ и автоматизированных систем.

В САПР используются три основных типа трехмерных моделей:

- каркасные модели;
- поверхностные модели;
- твердотельные модели.

Каркасная модель – это совокупность отрезков и кривых, определяющих ребра фигуры. Объемное тело описывается набором вершин (точек) и ребер (отрезков). В каркасном моделировании используются трехмерные отрезки, сплайны и полилинии, которые позволяют в общих чертах определить конфигурацию изделия - построить его *каркас*. Данный вид работы следует рассматривать, главным образом,

как этап вспомогательных построений для трехмерного проектирования более высокого уровня.

Поверхностная модель – это совокупность поверхностей, ограничивающих и определяющих трехмерный объект в пространстве. Точки и линии используются для вспомогательных построений и порождаются в виде вершин и ребер в результате пересечения поверхностей. Моделирование поверхностей применяется для детальной отработки внешнего облика изделия. Создаваемые при этом объекты характеризуются лишь конфигурацией своей поверхности и поэтому не пригодны для решения таких задач, как определение инерционно-массовых характеристик изделия или получение необходимых изображений для оформления чертежей. Область применения данного вида моделирования – дизайн, решение задач компоновки сложных изделий и т. п.

Твердотельное моделирование является основным видом трехмерного проектирования изделий машиностроения. Сплошное объемное тело сложной формы при этом формируется из множества более простых объемных элементов с помощью операций объединения, пересечения, вычитания и преобразований (булевы операции). Создаваемые в ходе такого моделирования тела воспринимаются системой как некие единые объекты, имеющие определенный объем. Твердотельное моделирование позволяет не только эффективно решать компоновочные задачи, но и определять инерционно-массовые характеристики, а также получать с пространственного объекта необходимые виды, разрезы и сечения для оформления рабочей документации. Твердотельные модели могут подвергаться различным расчетам, в том числе методом конечных элементов.

Основными преимуществами трехмерного моделирования являются [61]:

- лучшее визуальное представление изделия;
- автоматизированное получение рабочих чертежей;
- легкость внесения изменений в проект;
- интеграция с другими приложениями;
- сокращение сроков проектирования.

6.1.2 Подходы к построению трехмерных объектов

В настоящее время применяют следующие *подходы к построению трехмерных геометрических моделей* (3D-моделей) [17, 62, 63]:

- *задание граничных элементов* (B-REP, Boundary Representation), в этом случае тело определяется совокупностью ограничивающих его поверхностей;

- *кинематический* (Sweep-представление), согласно которому задают двумерный контур и траекторию его перемещения; след от перемещения контура принимают в качестве поверхности детали;

- *позиционный*, в соответствии с которым рассматриваемое пространство разбивают на ячейки (позиции) и деталь задают указанием ячеек, принадлежащих ей;

- *конструктивный* (CSG-представление, Constructive Solid Geometry), который рассматривает сложную деталь в виде совокупностей базовых элементов формы и выполняемых над ними теоретико-множественных операций; типичными теоретико-множественными операциями являются объединение, пересечение, вычитание; например, модель плиты с отверстием в ней может быть получена вычитанием цилиндра из параллелепипеда.

Объемные элементы, из которых состоит трехмерная модель, образуют в ней грани, ребра и вершины. Описания этих элементов приведены в таблице 6.1.

Кроме того, в модели могут присутствовать дополнительные элементы: символ начала координат, плоскости и оси (рисунок 6.1).

Построение детали начинается с создания ее основания - первого формообразующего элемента. Основание есть у любой детали и оно всегда одно. Понятно, что создание основания всегда связано с добавлением материала, так как до его появления вычитать материал просто не из чего. В качестве основания можно использовать любой из четырех основных *типов формообразующих элементов*: элемент выдавливания, элемент вращения, кинематический элемент и элемент по сечениям.

При *кинематическом подходе* в процессе перемещения в пространстве плоские фигуры ограничивают часть пространства, которая и определяет форму элемента. Например, перемещение прямоугольника в направлении, перпендикулярном

его плоскости, приведет к формированию призмы, которую можно рассматривать как прямоугольную пластину определенной толщины (рисунок 6.2).

Таблица 6.1 – Описания объемных элементов

Объемный элемент	Описание
Грань	Гладкая (необязательно плоская) часть поверхности детали. Гладкая поверхность детали может состоять из нескольких граней.
Ребро	Прямая или кривая, разделяющая две смежные грани.
Вершина	Точка на конце ребра
Тело детали	Замкнутая и непрерывная область пространства, ограниченная гранями детали. Считается, что эта область заполнена однородным материалом, из которого изготовлена деталь.

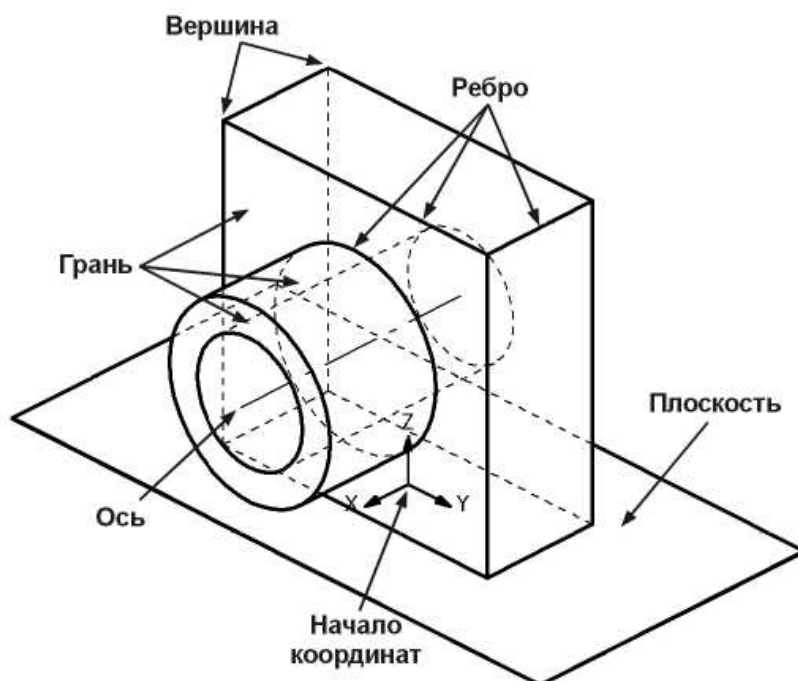


Рисунок 6.1 – Объемные элементы трехмерной модели

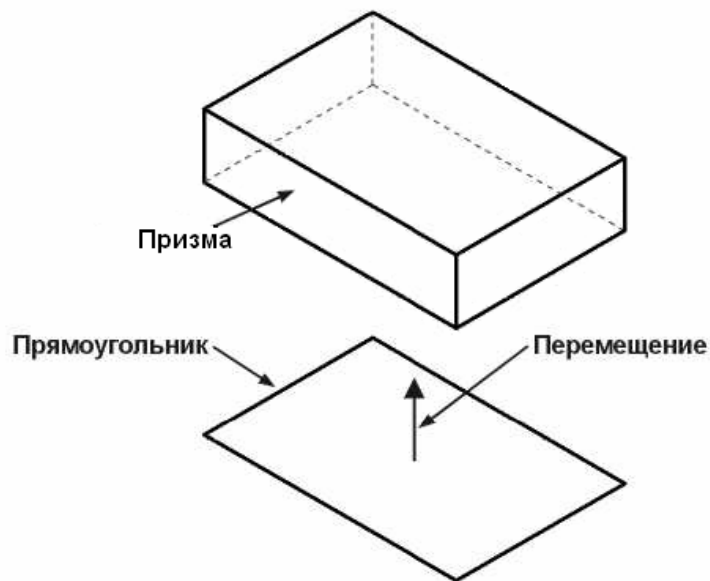


Рисунок 6.2 – Построение прямоугольной пластины с помощью перемещения

В результате поворота ломаной линии на 360° вокруг оси, лежащей в плоскости ломаной, будет сформирован объемный элемент. Этот элемент будет представлять собой вал, состоящий из цилиндрических и конических участков (рисунок 6.3).

Если окружность переместить вдоль направляющей кривой, то будет получен объемный элемент, представляющий собой круглый стрержень определенного диаметра и формы (рисунок 6.4).

Плоская фигура, в результате перемещения которой образуется объемное тело, называется *эскизом*, а само перемещение – *операцией*.

Эскиз может располагаться в одной из стандартных плоскостей проекций, на плоской грани существующего тела или на вспомогательной плоскости, положение которой определено пользователем. Эскизы изображаются средствами модуля плоского черчения и состоят из отдельных графических примитивов: отрезков, дуг, окружностей, ломаных линий и так далее. При этом доступны все команды построения и редактирования изображения, средства создания параметрических зависимостей и различные сервисные возможности.



Рисунок 6.3 – Построение вала путем поворота

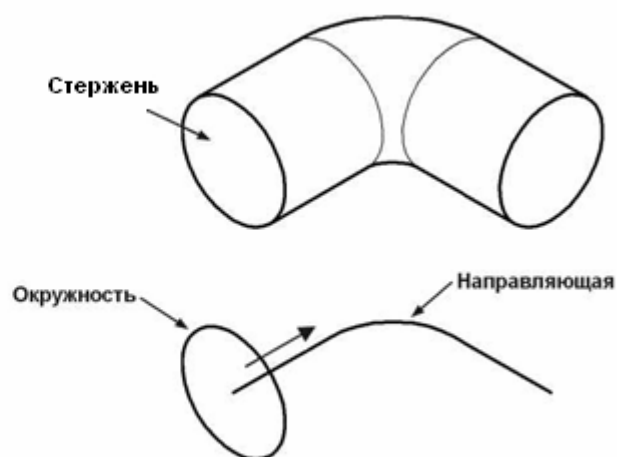


Рисунок 6.4 – Построение стержня путем перемещения окружности по направляющей

В эскиз можно скопировать изображение из созданного ранее чертежа или фрагмента. Это позволяет при создании трехмерной модели использовать существующие плоские чертежи.

При *конструктивном подходе* построение твердотельной модели выполняется по общему принципу, который заключается в последовательном выполнении булевых операций над объемными базовыми элементами формы, или графическими примитивами. *Графические примитивы* представляют собой элементарные геометрические фигуры типа прямоугольного параллелепипеда, цилиндра, конуса, призмы, клина, тора и тому подобное. В этом методе к *булевым операциям*, производимым над примитивами, относятся операции объединения, вычитания, пересечения.

Подход на основе базовых элементов формы часто называют *методом конструктивной геометрии*. Он в основном используется для конструирования сборочных узлов в современных конструкторских системах автоматизированного проектирования.

На рисунке 6.5 показан пример построения простой модели с помощью упомянутой последовательности операций. Вначале создается прямоугольная призма, лежащая в основании детали (1). Затем к модели добавляется цилиндрическая бобышка путем объединения призмы с цилиндром (2). К получившемуся в результате телу добавляется усеченная пирамида (3). Наконец, в модели выполняется построение отверстия путем вычитания из нее цилиндра (4).

Многokrатно выполняя эти простые операции над различными объемными элементами можно построить самую сложную модель [18].

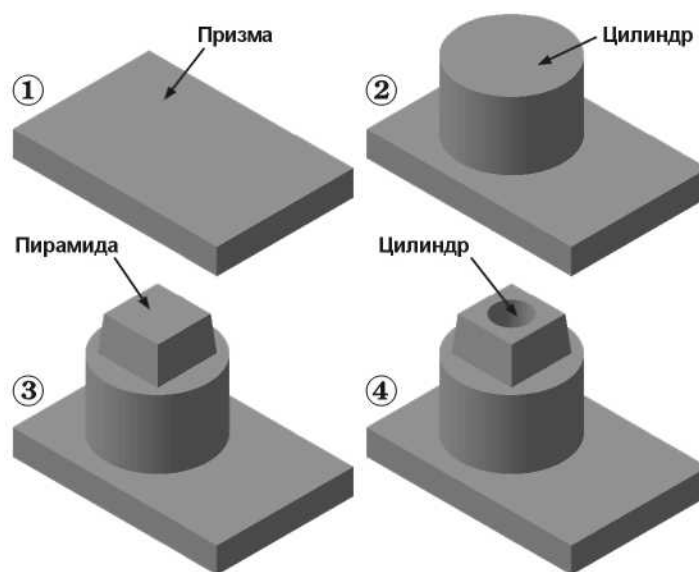


Рисунок 6.5 – Построение 3D-детали с помощью операций объединения, вычитания

6.1.3 Твердотельное моделирование в КОМПАС-3D

КОМПАС-3D имеет разнообразные операции для построения объемных элементов. Четыре типа операций являются *базовыми*. К ним относятся следующие:

- *операция выдавливания* (выдавливание эскиза в направлении, перпендикулярном плоскости эскиза);
- *операция вращения* (вращение эскиза вокруг оси, лежащей в плоскости эскиза);

- *кинематическая операция* (перемещение эскиза вдоль направляющей);
- *операция по сечениям* (построение объемного элемента по нескольким эскизам, которые рассматриваются как сечение элемента в нескольких плоскостях) (рисунок 6.6).

Операция может иметь дополнительные возможности (опции), которые позволяют изменять или уточнять правила построения объемного элемента. Например, если в операции выдавливания прямоугольника дополнительно задать величину и направление уклона, то вместо призмы будет построена усеченная пирамида (рисунок 6.7).

Процесс создания трехмерной модели заключается в многократном добавлении или вычитании дополнительных объемов. Каждый из них представляет собой элемент, образованный при помощи операций над плоскими эскизами. При выборе

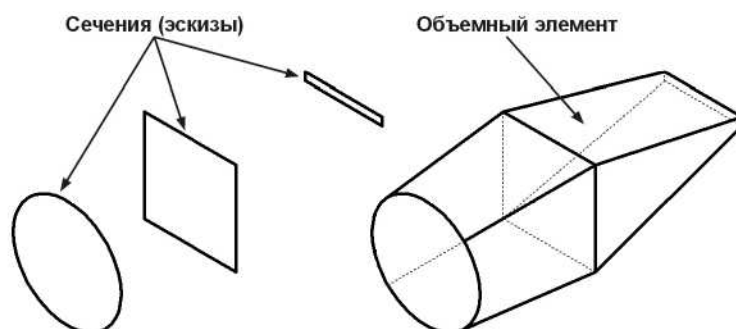


Рисунок 6.6 – Построение объемного элемента по нескольким эскизам (сечениям)

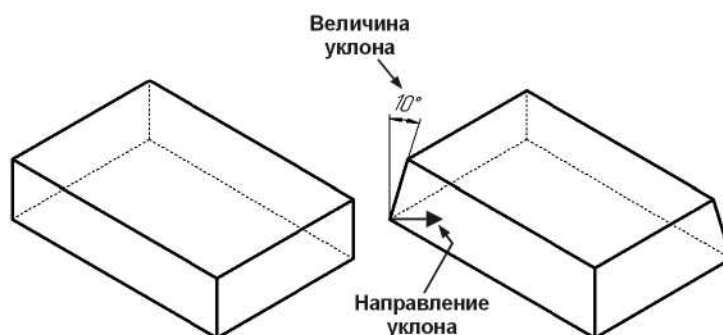


Рисунок 6.7 – Построение объемного элемента операцией выдавливания с уклоном

операции нужно в первую очередь определить, будет ли создаваемый элемент вычитаться из имеющегося на данный момент тела, или добавляться к нему. Примерами вычитания объема из детали могут быть различные отверстия, проточки, канавки, пазы, а примерами добавления объема – бобышки, выступы, ребра (рисунок 6.8).

В *кинематических операциях*, примеряемых в КОМПАС-3D, процесс создания модели твердого тела начинается с описания плоского контура, который можно задавать различными методами: от простого аналитического описания простейших базовых геометрических фигур до методов аппроксимации сплайнами. После создания математической модели плоского контура формируется модель твердого тела.

Как правило, эскиз представляет собой сечение будущего объемного элемента. Для правильного формирования объемного элемента изображение в эскизе должно подчиняться некоторым правилам.

Одним из основных понятий при описании эскиза является *контур*. При построении эскиза под контуром понимается любой линейный графический объект или совокупность последовательно соединенных линейных объектов (отрезков, дуг, ломаных, сплайнов и так далее).

Основные требования, предъявляемые к контурам:

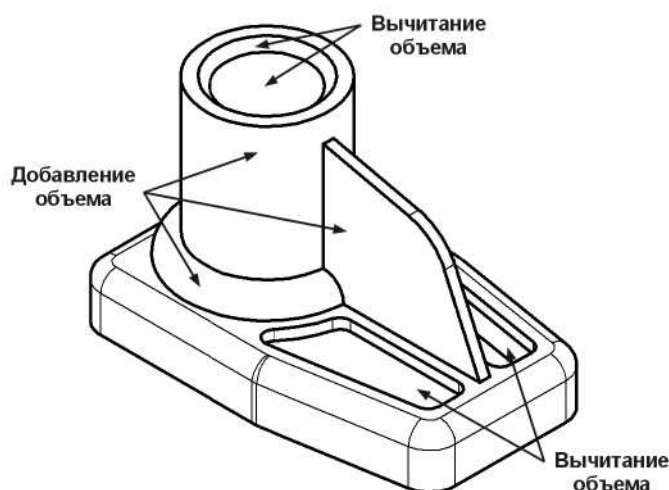


Рисунок 6.8 – Построение объемного элемента путем добавления и вычитания объема

а) контур в эскизе всегда отображается стилем линии «Основная»;

б) контуры в эскизе не должны пересекаться и не должны иметь общих точек.


КОМПАС-3D поддерживает все стили линий, предусмотренные стандартом: основные, тонкие, осевые, утолщенные и другие. При создании эскизов можно использовать любой из этих стилей, но при формировании объемного элемента система будет учитывать только те объекты, которые начерчены стилем линии «Основная». Объекты, начерченные другими стилями, будут проигнорированы. Основные линии имеют синий цвет. По умолчанию все геометрические объекты создаются основными линиями.

Все системы трехмерного моделирования предъявляют очень высокие требования к качеству эскизов. Если эскиз не отвечает приведенному выше требованию, то система просто не сможет сформировать на его основе объемный элемент. На рисунке 6.9 показаны примеры ошибок, связанных с нарушением этого условия:

а) слева вверху показано самопересечение контура; в таком случае необходимо удалить выступающие участки;

б) справа вверху показан случай пересечения двух контуров; для исправления ошибки следует полностью или частично удалить один из контуров;

в) справа внизу показан частный случай пересечения двух контуров - контуры имеют общую точку;

г) слева внизу одна линия начерчена поверх другой; такие ошибки очень трудно обнаружить, так как на практике линии имеют одинаковую толщину; в таком случае можно попробовать вырезать контур в буфер обмена и нажать кнопку **Обновить изображение**  на панели **Вид**; после этого лишний отрезок становится виден и его можно удалить, а контур из буфера обмена вставить обратно в эскиз.

И еще одна из наиболее распространенных ошибок связана с непреднамеренным созданием незамкнутых контуров. На рисунке 6.10 пользователь случайно оставил небольшой промежуток между отрезками. Такой эскиз удовлетворяет всем требованиям, но система при вытяжке сформирует не сплошное тело, а тонкостен-

ный элемент. В таком случае нужно вернуться в режим редактирования эскиза и совместить отрезки.

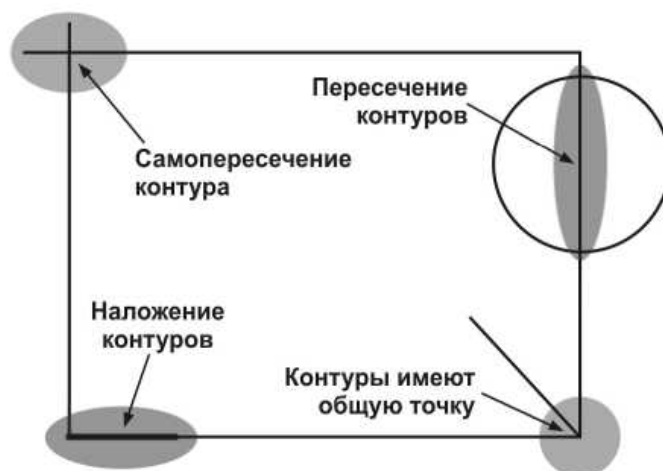


Рисунок 6.9 – Примеры ошибок при формировании контура

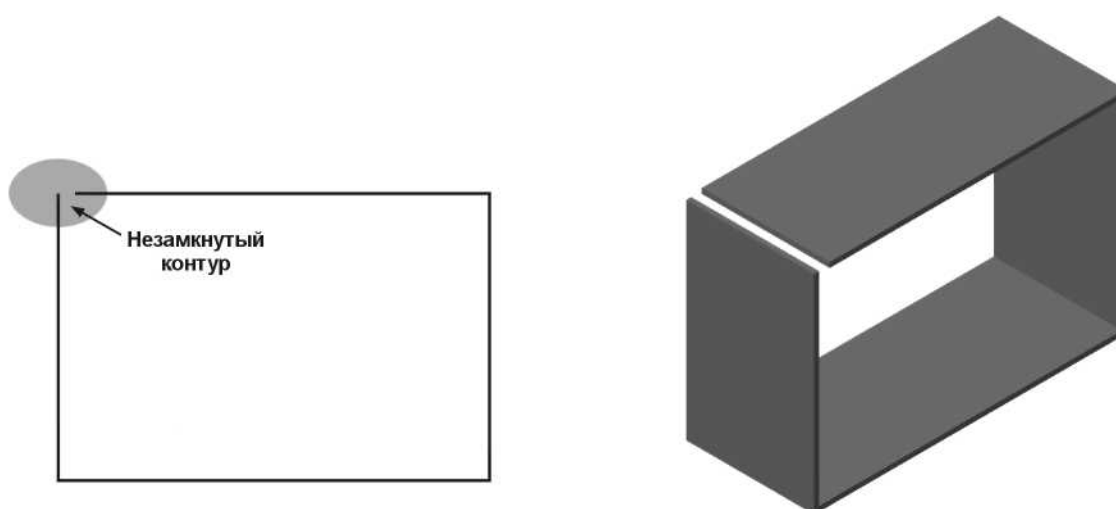


Рисунок 6.10 – Создание незамкнутого контура

Кроме приведенных выше общих требований, существуют дополнительные требования, предъявляемые к эскизам, предназначенным для выполнения конкретных операций.


При создании контура для операции выдавливания основания предъявляются следующие дополнительные требования:

- а) в эскизе основания детали может быть один или несколько контуров;

- б) если контур один, то он может быть разомкнутым или замкнутым;
- в) если контуров несколько, все они должны быть замкнутыми;
- г) если контуров несколько, один из них должен быть наружным, а другие - вложенными в него;
- д) допускается только один уровень вложенности контуров.

В процессе работы над эскизом постоянно возникает необходимость точно установить курсор в различные точки элементов, уже существующих в эскизе, иными словами, выполнить *привязку* к точкам или объектам.

В КОМПАС-3D основным средством выполнения привязок к характерным точкам (граничные точки, центр) и объектам (пересечение, по нормали, по направлениям осей координат и другие) являются *глобальные привязки*.

Кнопка **Установка глобальных привязок**  на панели **Текущее состояние** служит для вызова диалога настроек глобальных привязок. Выполнив щелчок по этой кнопке, на экране появится диалоговое окно **Установка глобальных привязок** (рисунок 6.11).

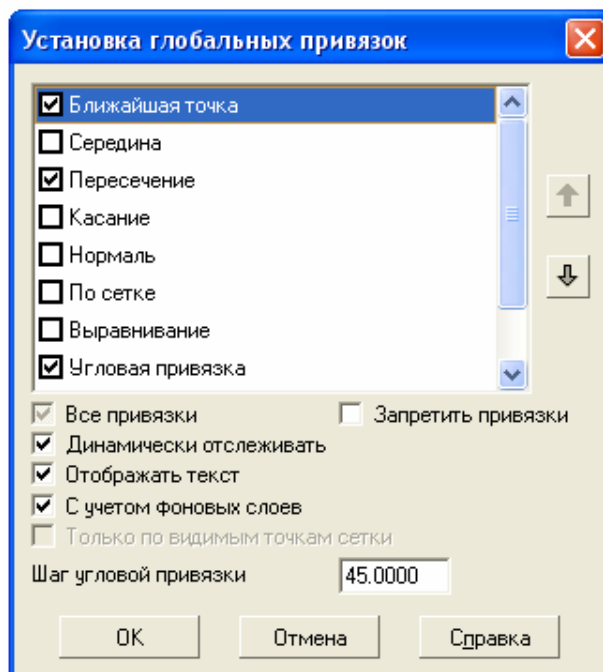


Рисунок 6.11 – Диалоговое окно «Установка глобальных привязок»

Чтобы сделать активной нужную привязку, необходимо включить ее флажок в диалоговом окне. Например, если включена глобальная привязка «Ближайшая точка», то при указании любой точки система автоматически будет выполнять поиск ближайшей характерной точки ближайшего объекта в пределах ловушки курсора (начало или конец отрезка, центр окружности и так далее). В том случае, если такая точка будет найдена, курсор будет зафиксирован именно в этом месте.

Важная особенность глобальных привязок заключается в том, что в КОМПАС-3D можно включать несколько различных глобальных привязок к объектам, и все они будут работать одновременно. При этом расчет точки выполняется в реальном времени и на экране отображается фантом, соответствующим вычисленной точке.

Проверка области чертежа вокруг текущего положения курсора на соответствие точек одному из типов привязки осуществляет в том же порядке, в котором они расположены в диалоговом окне. То есть вначале ищутся ближайшие точки ближайшего элемента. Если таких точек нет, то начинается поиск средней точки ближайшего элемента и так далее.

Для построения эскиза основания вполне достаточно привязок «Ближайшая точка» и «Пересечение». Для отключения привязки «Угловая привязка» нужно погасить флажок в соответствующей строке.

При включенном по умолчанию флажке «Отображать текст» система генерирует подсказку о том, какая именно из включенных глобальных привязок выполняется в данный момент. Это позволяет точно выбирать нужную привязку в тех случаях, когда в области ловушки курсора находятся несколько близко расположенных характерных точек или объектов.

Необходимо при построении детали прокрутить список привязок вниз и дополнительно отключить привязку «Точка на кривой». Для закрытия диалогового окна щелкнуть по кнопке **ОК**.


Полутонное изображение — это изображение, имеющее множество значений тона, и их непрерывное, плавное изменение. Примерами полутонных изображений могут быть рисунки, картины, выполненные красками, фотографии. При по-

лутоновом отображении модели учитываются оптические свойства ее поверхности (цвет, блеск, диффузия и так далее). Для отображения полутоновой модели необходимо задать **Вид => Отображение**.

6.2 Задание на выполнение работы

6.2.1 Приобрести навыки работы с системой трехмерного моделирования КОМПАС-3D, выполнив построение трехмерной модели.

Этапы построения детали представлены в таблице 6.2.





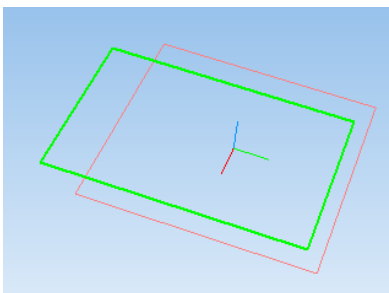
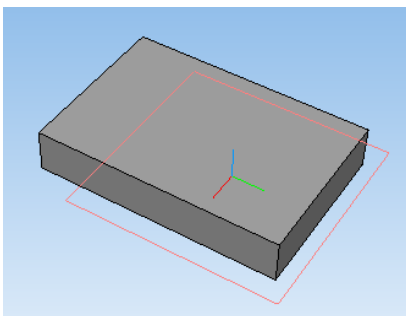

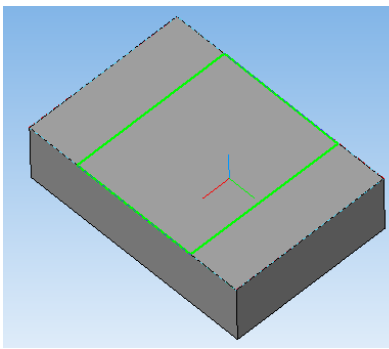
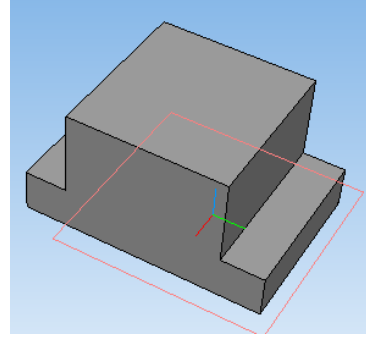

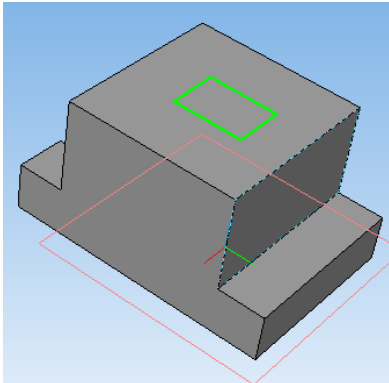
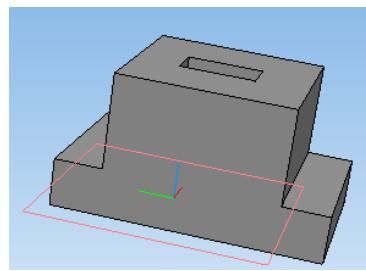
На рисунке 6.12 представлено дерево модели (*дерево модели* – это графическое представление набора объектов, составляющих модель). Корневой объект Дерева – сама модель, то есть деталь или сборка. Пиктограммы объектов автоматически возникают в Дереве модели сразу после создания этих объектов в модели. В окне Дерева отображается либо последовательность построения модели, либо ее структура. Способом представления информации можно управлять с помощью кнопки **Отображение структуры модели**  на Панели управления Дерева модели.

Сразу после создания новой модели в нем присутствуют лишь наименование детали по умолчанию «Деталь», три стандартные плоскости проекций и символ начала координат (исходная точка).


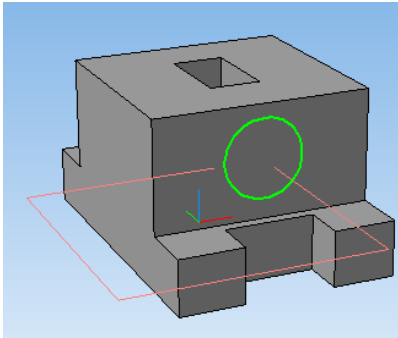
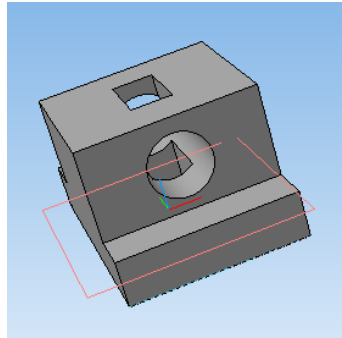

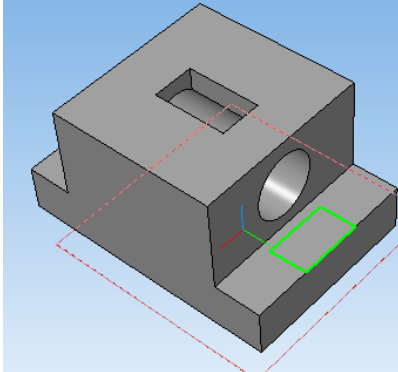
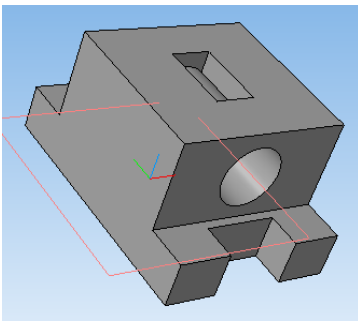
Таблица 6.2 – Этапы построения детали

Этап	Построения	Результат
1	2	3
1 Создание рабочего пространства: Файл => Создать => Деталь		

Продолжение таблицы 6.2

1	2	3
<p>2 Построение эскиза основания детали:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Текущее состояние => <p>Эскиз ;</p> <ul style="list-style-type: none"> - Вид => Ориентация => <p>Вид Спереди;</p> <ul style="list-style-type: none"> - Геометрия  => Прямоугольник ; - Редактирование детали => Операция выдавливания  		
<p>3 Построение эскиза (прямоугольник), выдавливание контура</p> <p>Редактирование детали =></p> <p>Операция выдавливания </p>		
<p>4 Построение эскиза (прямоугольник) и вырезание элемента</p> <p>Редактирование детали =></p> <p>Вырезать выдавливанием </p>		

Продолжение таблицы 6.2

1	2	3
<p>5 Построение эскиза (окружность), вырезание элемента</p> <p>Редактирование детали => Вырезать выдавливанием </p>		
<p>6 Построение эскиза (прямоугольник) и вырезание элемента</p> <p>Редактирование детали => Вырезать выдавливанием </p>		

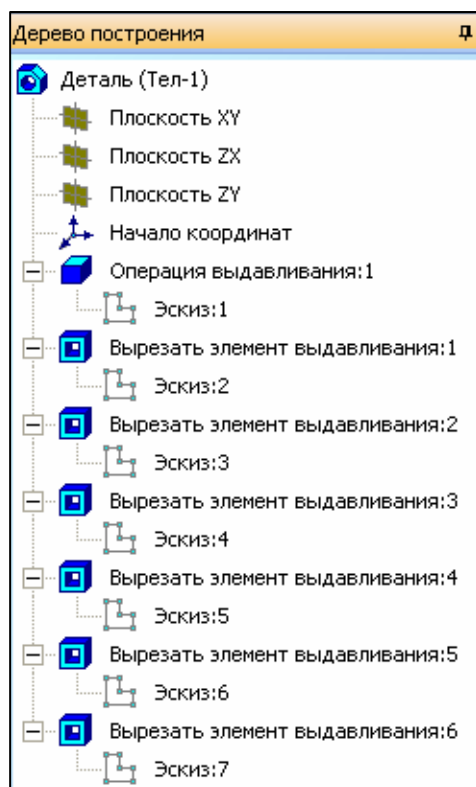


Рисунок 6.12 – Дерево модели

По мере построения модели в нем появляются сведения о выполняемых операциях.

6.2.2 Создать трехмерные модели по заданию преподавателя.

6.3 Содержание отчета

6.3.1 Название работы.

6.3.2 Цель работы.

6.3.3 Перечень команд, используемых при выполнении лабораторной работы, с указанием их назначения.

6.3.4 Модели деталей на бумажном носителе.

6.4 Тесты и контрольные вопросы

6.4.1 Какое расширение имеет файл трехмерной модели в КОМПАС-3D?

а) **dwg**;

б) **cdw**;

в) **m3d**;

г) **dxg**;

д) **m3t**.

6.4.2 Какой графический примитив отсутствует в КОМПАС-3D?

а) прямоугольный параллелепипед;

б) клин;

в) конус;

г) тор;

д) тетраэдр.

6.4.3 В какой форме хранятся трехмерные модели в памяти компьютера?

а) параметрической;

б) векторной;

в) пиксельной;

г) бинарной;

д) воксельной.

6.4.4 Каким стилем линии должен быть создан контур?

а) тонкая;

б) основная;

в) осевая;

г) вспомогательная;

д) штриховая.

6.4.5 С помощью какой команды задается полутоновое изображение трехмерного объекта?

а) **Вид => Ориентация;**

б) **Вид => Упрощения;**

в) **Вид => Отображение;**

г) **Операции;**

д) **Сервис => Параметры.**

6.4.6 Как перейти на операцию выдавливания?

а) **Операции => Операция => Выдавливания;**

б) **Геометрия => Операция выдавливания;**

в) **Редактирование детали => Операция выдавливания;**

г) **Поверхности => Операция выдавливания;**

д) **Сервис => Операция выдавливания.**

6.4.7 На какой панели находится команда Эскиз?

а) **Вид;**

б) **Текущее состояние;**

в) **Геометрия;**

г) **Операции;**

д) **Редактирование детали.**

6.4.8 Какой глобальной привязки не существует?

а) «Ближайшая точка»;

б) «Пересечение»;

в) «Середина»;

г) «Центр»;

д) «Конечная точка».

6.4.9 Команда **Вырезать** может использоваться в следующих видах:

а) выдавливание, вращение, кинематически, по сечениям;

б) выдавливание, кинематически, по контуру;

в) выдавливание, вращение, по контуру;

г) выдавливание, вращение, вычитание;

д) выдавливание, по сечениям, вычитание.

6.4.10 На какой панели находится команда открытия дерева построения?

а) **Вид**;

б) **Инструменты**;

в) **Окно**;

г) **Файл**;

д) **Редактор**.

6.4.11 Что такое процесс проектирования?

6.4.12 Что такое программное обеспечение автоматизированного проектирования?

6.4.13 Для работы с какими объектами предназначены системы твердотельного моделирования?

6.4.14 Какие методы конструирования объектов применяются в системах твердотельного моделирования?

6.4.15 Какие подходы применяют для построения трехмерных моделей?

6.4.16 На каком методе конструирования основано построение сборочных узлов?

6.4.17 Какие алгоритмы формирования трехмерных тел получили широкое распространение?

6.4.18 Назовите виды операций для построения трехмерного тела.

6.4.19 Что такое контур?

6.4.20 Какие требования предъявляются к контурам?

6.4.21 Какие ошибки могут возникнуть при формировании контура?

- 6.4.22 Какие выделяют дополнительные требования к эскизам?
- 6.4.23 Для чего необходимы глобальные привязки?
- 6.4.24 Как установить глобальные привязки?
- 6.4.25 Какие простейшие операции используются при построении трехмерных моделей?
- 6.4.26 Что позволяет выполнить операция выдавливания?
- 6.4.27 Что позволяет выполнить операция вращения?
- 6.4.28 Что позволяет выполнить кинематическая операция?
- 6.4.29 Что позволяет выполнить операция по сечениям?
- 6.4.30 Какие существуют характеристики объемных элементов?
- 6.4.31 Как осуществляется создание новой детали?
- 6.4.32 Как можно сохранить документ?
- 6.4.33 Что отображает «Дерево построения»? Где оно находится?
- 6.4.34 С помощью какой команды можно изменить ориентацию детали?
- 6.4.35 Какие предъявляются требования к эскизам?
- 6.4.36 Какие существуют привязки? Как их изменить?
- 6.4.37 Какие этапы построения детали выполнялись в лабораторной работе?

Список использованных источников

- 1 АСКОН - комплексные решения CAD/CAM/CAPP/AEC/CAE/PDM : сайт компании АСКОН. – Электрон. дан. – СПб. : АСКОН, 1989 - 2010. – Режим доступа : <http://www.ascon.ru>.
- 2 Богуславский, А. А. КОМПАС-3D v. 5.11-8.0 : практикум для начинающих / А. А. Богуславский, Т. М. Третьяк, А. А. Фарафонов. – М. : Изд-во «Солон-Пресс», 2006. – 272 с. – ISBN 5-98003-263-0.
- 3 Большаков, В. П. Построение 3D моделей сборок в системе автоматизированного проектирования «КОМПАС» : учеб. пособие / В. П. Большаков. – СПб. : Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2005. – 80 с. – ISBN 5- 7629-0460.
- 4 Ганин, Н. Б. САПР от А до Я / Н. Б. Ганин. – СПб. : ДМК-Пресс, 2010. – 776 с. – ISBN 978-5-94074-543-3.
- 5 Герасимов, А. А. Самоучитель Компас-3D V9. Трехмерное проектирование / А. А. Герасимов. – СПб. : БХВ-Петербург, 2008. – 400 с. – ISBN 978-9-9775-0086-9.
- 6 Зыков, О. КОМПАС-3D : все возможности интерфейса, или что такое usability САД-системы // САПР и графика. – 2005. – № 9. : Web - сервер журнала «САПР и графика». – Электрон. дан. – М. : Компьютерпресс, 2010. – Режим доступа : <http://www.sapr.ru>.
- 7 Жарков, Н. В. КОМПАС-3D V11. Полное руководство / Н. В. Жарков, М. А. Минеев, Р. Г. Прокди. – СПб. : Наука и техника, 2010. – 688 с. – ISBN 978-5-94387-606-6.
- 8 Кидрук, М. КОМПАС-3D V8 Plus: еще один шаг вперед системы / М. Кидрук. // САПР и графика. – 2006. – № 5. : Web - сервер журнала «САПР и графика». – Электрон. дан. – М. : Компьютерпресс, 2010. – Режим доступа : <http://www.sapr.ru>.
- 9 КОМПАС-3D V11. Эффективный самоучитель / А. М. Доронин, Н. В. Жарков, М. А. Минеев, Р. Г. Прокди. – СПб. : Наука и техника, 2010. – 688 с. – ISBN 978-5-94387-607-3.
- 10 Кудрявцев, Е. М. КОМПАС-3D V8. Наиболее полное руководство / Е. М. Кудрявцев. – СПб. : ДМК-Пресс, 2006. – 928 с. – ISBN 5-94074-313-7.

11 Кудрявцев, Е. М. Практикум по КОМПАС-3D V8 : машиностроительные библиотеки / Е. М. Кудрявцев. – СПб. : ДМК-Пресс, 2007. – 440 с. – ISBN 5-94074-333-1.

12 Нечипоренко, М. Одиннадцать слухов про КОМПАС-3D / М. Нечипоренко. // САПР и графика. – 2009. – № 6. : Web - сервер журнала «САПР и графика». - Электрон. дан. – М. : Компьютерпресс, 2010. – Режим доступа : <http://www.sapr.ru>.

13 Талалай, П. КОМПАС-3D V11 на примерах / П. Талалай. – СПб. : БХВ-Петербург, 2010. – 616 с. – ISBN 978-5-9775-0414-0.

14 Теверовский, Л. Под барабанную дробь, или Прошу всех к столу! К выходу 11-й версии КОМПАС-3D / Лев Теверовский // САПР и графика. – 2009. – № 5. : Web - сервер журнала «САПР и графика». – Электрон. дан. – М. : Компьютерпресс, 2010. – Режим доступа : <http://www.sapr.ru>.

15 Расторгуева, Л. Г. Лабораторный практикум по компьютерной графике / Л. Г. Расторгуева. – Альметьевск : Альметьевский гос. нефтяной ин-т, 2005. – 162 с.

16 Сторчак, Н. А. Моделирование трехмерных объектов в среде КОМПАС-3D: учеб. пособие / Н. А. Сторчак, В. И. Гегучадзе, А. В. Синьков. – Волгоград : – ВолгГТУ, 2006. – 216 с. – ISBN 5-230-04668-6.

17 Черепашков, А. А. Компьютерные технологии, моделирование и автоматизированные системы в машиностроении : учеб. для студ. высш. учеб. заведений / А. А. Черепашков, Н. В. Носов. – Волгоград : Ин-Фолио, 2009. – 640 с. – ISBN 978-5-903826-22-3.

18 Черноусова, А. М. Программное обеспечение автоматизированных систем проектирования и управления : учеб. пособие / А. М. Черноусова, В. Н. Шерстобитова. – Оренбург : ИПК ГОУ ОГУ, 2006. – 301 с. – ISBN 5-7410-0667-1.

19 Шалумов, А. С. Система автоматизированного проектирования КОМПАС-ГРАФИК: учеб. пособие / А. С. Шалумов, Д. В. Багаев, А. С. Осипов. – Ковров : КГТА, 2005. – 42 с. – ISBN 5-86151-024-5.

20 ГОСТ 34.601–90. Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы. Стадии создания. –

Взамен ГОСТ 24.601-86, ГОСТ 24.602-86 ; введ. 1992-01-01. – М. : Издательство стандартов, 1991. – 9 с.

21 ГОСТ 34.003-90. Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы. Термины и определения. – Взамен ГОСТ 24.003-84 ; введ. 1992-01-01. – М. : Издательство стандартов, 1991. – 22 с.

22 ГОСТ 2.102-68. Единая система конструкторской документации. Виды и комплексность конструкторских документов. – Взамен ГОСТ 5291-60 ; введ. 1971-01-01. – М. : Издательство стандартов, 1988. – 14 с.

23 Проектирование систем автоматизации технологических процессов: справ. пособие / А. С. Ключев, Б. В. Глазов, А. Х. Дубровский, А. А. Ключев ; под ред. А. С. Ключева. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Энергаториздат, 1990. – 464 с.

24 ГОСТ 2.103-68. Единая система конструкторской документации. Стадии разработки. – Введ. 1971-01-01. – М. : Издательство стандартов, 1988. – 3 с.

25 Маллаев, А. Р. Конспект лекций по курсу «Автоматизация теплоэнергетических установок» / А. Р. Маллаев. – Электрон. дан. – [2009]. – Режим доступа : http://e-lib.qmii.uz/ebooks/007_atep_mallayev/contents.htm.

26 ГОСТ 2.701-2008. Единая система конструкторской документации. Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению. – Взамен ГОСТ 2.701-84 ; введ. 2009-07-01. – М. : Издательство стандартов, 1987. – 14 с.

27 Бородин, И. Ф. Автоматизация технологических процессов / И. Ф. Бородин, Ю. А. Судник. – М. : КолосС, 2004. – 344 с. – ISBN 5-9532-0030-7.

28 Курсовое и дипломное проектирование по автоматизации производственных процессов : учеб. пособие для вузов по спец. «Автоматизация и комплексная механизация химико-технологических процессов / И. К. Петров, Д. П. Петелин, М. С. Тюльпанов, М. В. Козлов ; под ред. И. К. Петрова. – М. : Высш. шк., 1986. – 352 с.

29 ГОСТ 2.702-75. Единая система конструкторской документации. Правила выполнения электрических схем. – Взамен ГОСТ 2.702-69 ; введ. 1977-07-01. – М. : Издательство стандартов, 1987. – 30 с.

30 ГОСТ 2.104–2006. Единая система конструкторской документации. Основные надписи. – Взамен ГОСТ 2.104–68 ; введ. 2006-09-01. – М. : Стандартинформ, 2007. – 15 с.

31 Курсовое и дипломное проектирование по автоматизации технологических процессов и производств / Ф. Я. Изаков, В. Р. Казадаев, А. Х. Ройтман, Б. В. Шмаков. – М. : Агропромиздат, 1988. – 183 с. – ISBN 5-10-000384-7.

32 Жежера, Н. И. Микропроцессорные системы автоматизации и управления: учеб. пособие / Н. И. Жежера. – Оренбург : ОГУ, 2001. – 81 с. – ISBN 5-7410-0669-8.

33 ГОСТ 24.302–80. Система технической документации на АСУ. Общие требования к выполнению схем. – Введ. 1981-01-01. – М. : Издательство стандартов, 1986. – 3 с.

34 ГОСТ 21.404–85. Система проектной документации для строительства. Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах. – Введ. 1986-01-01. – М. : Госстрой России ГУП ЦПП, 2001. – 19 с.

35 Автоматика и автоматизация пищевых производств / М. М. Благовещенская [и др.] – М. : Агропромиздат, 1991. – 239 с. – ISBN 5-10-001081.

36 АТЕХНОЛОДЖИ : сайт компании А-ТЕХНОЛОДЖИ ИНЖИНИРИНГ. – Электрон. дан. – М., [2009]. – Режим доступа <http://a-tehnology.ru>.

37 ГОСТ 2.729–68. Единая система конструкторской документации. Обозначения условные графические в схемах. Приборы электроизмерительные. – Взамен ГОСТ 7624–62 в части разд. 6 ; введ. 1971-01-01. – М. : Издательство стандартов, 1983. – 9 с.

38 ГОСТ 2.721–74. Единая система конструкторской документации. Обозначения условные графические в схемах. Обозначения общего применения. – Взамен ГОСТ 2.721–68, ГОСТ 2.783-69 ; введ. 1975-07-01. – М. : Изд-во стандартов, 1983. – 22 с.

39 ГОСТ 2.780–96. Единая система конструкторской документации. Обозначения условные графические. Кондиционеры рабочей среды, емкости гидравличе-

ские и пневматические. – Взамен ГОСТ 2.780–68 в части пп. 1, 2, 18 – 25 ; введ. 1998-01-01. – М. : ИПК Издательство стандартов, 2005. – 6 с.

40 ГОСТ 2.781–96. Единая система конструкторской документации. Обозначения условные графические. Аппараты гидравлические и пневматические, устройства управления и приборы контрольно-измерительные. – Взамен ГОСТ 2.781–68 ; введ. 1998-01-01. – М. : ИПК Издательство стандартов, 2005. – 15 с.

41 ГОСТ 2.782–96. Единая система конструкторской документации. Обозначения условные графические. Машины гидравлические и пневматические. – Взамен ГОСТ 2.782–68 ; введ. 1998-01-01. – М. : ИПК Издательство стандартов, 2002. – 14 с.

42 ГОСТ 2.784–96. Единая система конструкторской документации. Обозначения условные графические. Элементы трубопроводов. – Взамен ГОСТ 2.784–70 ; введ. 1998-01-01. – М. : ИПК Издательство стандартов, 2005. – 7 с.

43 Шандров, Б. В. Технические средства автоматизации: учеб. для студ. высш. учеб. заведений / Б. В. Шандров, А. Д. Чудаков. – М. : Издательский центр «Академия», 2007. – 368 с. – ISBN 978-5-7695-3624-3.

44 Гидравлика, гидромашины и гидроприводы: учеб. для машиностр. вузов / Т. М. Башта [и др]. – М. : Машиностроение, 1982. – 423 с.

45 ГОСТ 2.704–76. Единая система конструкторской документации. Правила выполнения гидравлических и пневматических схем. – Взамен ГОСТ 2.704–68 ; введ. 1978-01-01. – М. : Издательство стандартов, 1987. – 16 с.

46 ГОСТ 2.785–70. Единая система конструкторской документации. Обозначения условные графические. Арматура трубопроводная. – Взамен ГОСТ 11628–65 в части трубопроводной арматуры, ГОСТ 3463–46 в части трубопроводной арматуры ; введ. 1971-01-01. – М. : Издательство стандартов, 1988. – 8 с.

47 ГОСТ 2.793–79. Единая система конструкторской документации. Обозначения условные графические. Элементы и устройства машин и аппаратов химических производств. – Взамен ГОСТ 2.780–68, кроме п.п. 1, 2, 18 - 25, ГОСТ 2.789–74 в части приложения ; введ. 1981-01-01. – М. : Издательство стандартов, 1988. – 10 с.

48 Геометрическое и компьютерное построение электрических принципиальных схем: метод. разработки / Г. М. Михайлов, В. В. Афонин, К. А. Набатов, Ю. А. Тепляков. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2005. – 28 с.

49 ГОСТ 2.722–68. Единая система конструкторской документации. Обозначения условные графические в схемах. Машины электрические. – Взамен ГОСТ 7624-62 в части разд. 4 ; введ. 1971-01-01. – М. : Изд-во стандартов, 1983. – 11 с.

50 ГОСТ 2.723–68. Единая система конструкторской документации. Обозначения условные графические в схемах. Катушки индуктивности, дроссели, трансформаторы, автотрансформаторы и магнитные усилители. – Взамен ГОСТ 7624–62 в части разд. 11 ; введ. 1971-01-01. – М. : Изд-во стандартов, 1983. – 18 с.

51 ГОСТ 2.727–68. Единая система конструкторской документации. Обозначения условные графические в схемах. Разрядники; предохранители. – Взамен ГОСТ 7624–62 в части разд. 7 ; введ. 1971-01-01. – М. : Изд-во стандартов, 1983. – 6 с.

52 ГОСТ 2.728–74. Единая система конструкторской документации. Обозначения условные графические в схемах. Резисторы, конденсаторы. – Взамен ГОСТ 2.728-68, ГОСТ 2.729–68 в части п. 12 и ГОСТ 2.747-68 в части подпунктов 24, 25 таблицы ; введ. 1975-07-01. – М. : Изд-во стандартов, 1983. – 21 с.

53 ГОСТ 2.730–73. Единая система конструкторской документации. Обозначения условные графические в схемах. Приборы полупроводниковые. – Взамен ГОСТ 2.730–68, ГОСТ 2.747–68 ; введ. 1974-07-01. – М. : Изд-во стандартов, 1988. – С. 113 - 140.

54 ГОСТ 2.732–68. Единая система конструкторской документации. Обозначения условные графические в схемах. Источники света. – Взамен ГОСТ 7624–62 в части разд. 12 подраздела Ж ; введ. 1971-01-01. – М. : Изд-во стандартов, 1983. – 10 с.

55 ГОСТ 2.741–68. Единая система конструкторской документации. Обозначения условные графические в схемах. Приборы акустические. – Взамен ГОСТ 7624–62 в части разд. 18 и 19 ; введ. 1971-01-01. – М. : Изд-во стандартов, 1983. – 9 с.

56 ГОСТ 2.745–68. Единая система конструкторской документации. Обозначения условные графические в схемах. Электронагреватели, устройства и установки электротермические. – Взамен ГОСТ 7624–62 в части разд. 20, п. 20.12 ; введ. 1971-01-01. – М. : Изд-во стандартов, 1983. – 8 с.

57 ГОСТ 2.755–87. Единая система конструкторской документации. Обозначения условные графические в электрических схемах. Устройства коммутационные и контактные соединения. – Взамен ГОСТ 2.738–68, ГОСТ 2.755–84; введ. 1988-01-01. – М. : Изд-во стандартов, 1988. – 20 с.

58 ГОСТ 2.756–76. Единая система конструкторской документации. Обозначения условные графические в схемах. Воспринимающая часть электромеханических устройств. – Взамен ГОСТ 2.724–68, ГОСТ 2.725–68, ГОСТ 2.738–68, ГОСТ 2.747–68 ; введ. 1978-01-01. – М. : Изд-во стандартов, 1988. – 8 с.

59 ГОСТ 2.767–89. Единая система конструкторской документации. Обозначения условные графические в электрических схемах. Реле защиты. – Введ. 1990-01-01. – М. : ИПК Изд-во стандартов, 2004. – 7 с.

60 ГОСТ 21.611–85. Система проектной документации для строительства. Централизованное управление энергоснабжением. Условные графические и буквенные обозначения вида и содержания информации. – Введ. 1988-07-01. – М. : ИПК Изд-во стандартов, 2002. – 7 с.

61 Пять главных причин перехода на твердотельное моделирование // САПР и графика. – 2005. – № 12. : Web - сервер журнала «САПР и графика». – Электрон. дан. – М. : Компьютерпресс, 2010. – Режим доступа : <http://www.sapr.ru>.

62 Ли, К. Основы САПР (CAD/CAM/CAE) / К. Ли. – СПб. : Питер, 2004. – 560 с. – ISBN 5-94723-770-9.

63 Норенков, И. П. Основы автоматизированного проектирования / И. П. Норенков. – М. : Изд-во МГТУ им.Н.Э.Баумана, 2000. – 360с. – ISBN 5-7038-2090-1.

Алфавитный указатель

Б

Базовые операции для построения объемных элементов 101

Библиотека 40

Булевы операции 100

Г

Глобальная привязка 106

Графические примитивы 100

Д

Дерево модели 108

Динамические структурные элементы 26

Документация на автоматизированную систему 18

Документы КОМПАС 9

Достоинства пневматических систем 63

Е

Единая система конструкторской документации 18

З

Задание граничных элементов 97

Запуск КОМПАС 9

И

Инструментальные панели 12

К

Каркасная модель 95

Кинематическая операция 102

Кинематический подход 97

Конструктивный подход к построению трехмерных моделей 97

Конструкторские документы 18

Контур 103

М

Менеджер библиотек 41

Метод конструктивной геометрии 100

Многолинейное изображение электрических схем 77

Модель 95

Н

Недостатки пневматических систем 63

О

Объемные элементы 97

Однолинейное изображение электрических схем 77

Операция вращения 101

Операция выдавливания 101

Операция 99

Операция по сечениям 102

П

Пиктограммы 11

Пневматические средства автоматизации 63

Поверхностная модель 96

Позиционный подход к построению трехмерных моделей 97

Подходы к построению трехмерных геометрических моделей 97

Полутоновое изображение 107

Правила выполнения структурных схем 23

Практичность 8

Преимущества работы пользователя 7

Привязка 106

Принципиальная электрическая схема 75

Принципиальные пневматические схемы 64

Принципы разработки ФСА 49

Процесс проектирования 95

Р

- Рабочая документация 19
- Развернутый метод построения приборов и средств автоматизации 52
- Разнесенный способ изображения элементов электрических схем 77
- Расширенная панель команд 15
- Режимы работы с подключенной библиотекой 44
- Режим работы «Меню» 45
- Режимы работы «Диалог», «Окно», «Панель» 46

С

- Совмещенный способ изображения элементов электрических схем 77
- Стадии разработки конструкторской документации 19
- Стадии создания автоматизированных систем 17
- Статические структурные элементы 26
- Строчный способ выполнения электрических схем 77
- Структура управления 20
- Схема принципиальная 75
- Схема структурная 20

Т

- Твердотельное моделирование 96
- Технический проект 19
- Техническое задание 18
- Техническое предложение 19
- Тип документов «Деталь» 9, 12
- Тип документов «Сборка» 9, 12
- Тип документов «Спецификация» 9, 12
- Тип документов «Текстовый документ» 9, 12
- Тип документов «Фрагмент» 9, 11
- Тип документов «Чертеж» 9
- Типы библиотек КОМПАС 42
- Типы формообразующих элементов 97

Трехмерная модель 95

У

Упрощенный метод построения приборов и средств автоматизации 52

Ф

Функциональная схема автоматизации (ФСА) 47

Э

Эскиз 99





Эскизный проект 19

Приложение А

(справочное)

Примеры построения условных обозначений приборов и средств автоматизации в КОМПАС-3D






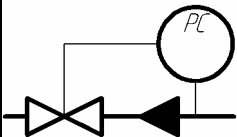
Таблица А.1

Наименование	Условное обозначение	Название библиотеки
1	2	3
1 Первичный измерительный преобразователь (чувствительный элемент) для измерения температуры, установленный по месту (например, термометр термоэлектрический, термометр сопротивления, термобаллон манометрического термометра, датчик пирометра)		Библиотеки КОМПАС / Строительство, инженерные сети и коммуникации / Обозначения условные приборов и средств автоматизации технологических процессов / Устройства
2 Прибор для измерения температуры, показывающий, установленный по месту (например, термометр ртутный, термометр манометрический)		Библиотеки КОМПАС / Строительство, инженерные сети и коммуникации / Обозначения условные приборов и средств автоматизации технологических процессов / Приборы
3 Прибор для измерения температуры, одноточечный, регистрирующий, установленный на щите (например, самопишущий милливольтметр, логометр, потенциометр, мост автоматический)		Библиотеки КОМПАС / Строительство, инженерные сети и коммуникации / Обозначения условные приборов и средств автоматизации технологических процессов / Приборы
4 Прибор для измерения температуры с автоматическим обегаяющим устройством, регистрирующий, установленный на щите (например, многоточечный самопишущий потенциометр, мост автоматический)		Библиотеки КОМПАС / Строительство, инженерные сети и коммуникации / Обозначения условные приборов и средств автоматизации технологических процессов / Приборы







Продолжение таблицы А.1

1	2	3
5 Прибор для измерения температуры регистрирующий, регулирующий, установленный на щите (например, термометр манометрический, милливольтметр, логометр, потенциометр, мост автоматический)		Библиотеки КОМПАС / Строительство, инженерные сети и коммуникации / Обозначения условные приборов и средств автоматизации технологических процессов / Приборы
6 Регулятор температуры бесшкальный, установленный по месту (например, dilatометрический регулятор температуры)		Библиотеки КОМПАС / Строительство, инженерные сети и коммуникации / Обозначения условные приборов и средств автоматизации технологических процессов / Устройства
7 Комплект для измерения температуры регистрирующий, регулирующий, снабженный станцией управления, установленный на щите (например, вторичный прибор и регулирующий блок системы «Старт»)		Библиотеки КОМПАС / Строительство, инженерные сети и коммуникации / Обозначения условные приборов и средств автоматизации технологических процессов / Приборы
8 Прибор для измерения температуры бесшкальный с контактным устройством, установленный по месту (например, реле температурное)		Библиотеки КОМПАС / Строительство, инженерные сети и коммуникации / Обозначения условные приборов и средств автоматизации технологических процессов / Приборы
9 Байпасная панель дистанционного управления, установленная на щите		Библиотеки КОМПАС / Строительство, инженерные сети и коммуникации / Обозначения условные приборов и средств автоматизации технологических процессов / Устройства
10 Переключатель электрических цепей измерения (управления), переключатель для газовых воздушных линий, установленный на щите		Библиотеки КОМПАС / Строительство, инженерные сети и коммуникации / Обозначения условные приборов и средств автоматизации технологических процессов / Устройства

Продолжение таблицы А.1

1	2	3
11 Прибор для измерения давления (разрежения) показывающий, установленный по месту (например, любой показывающий манометр, дифманометр, тягомер, напорометр, вакуумметр)		Библиотеки КОМПАС / Строительство, инженерные сети и коммуникации / Обозначения условные приборов и средств автоматизации технологических процессов / Приборы
12 Прибор для измерения давления (разрежения) бесшкальный с дистанционной передачей показаний, установленный по месту (например, манометр, дифманометр бесшкальный с пневмоили электропередачей)		Библиотеки КОМПАС / Строительство, инженерные сети и коммуникации / Обозначения условные приборов и средств автоматизации технологических процессов / Приборы
13 Прибор для измерения давления (разрежения) регистрирующий, установленный на щите (например, самопишущий манометр или любой вторичный прибор для регистрации давления)		Библиотеки КОМПАС / Строительство, инженерные сети и коммуникации / Обозначения условные приборов и средств автоматизации технологических процессов / Приборы
14 Прибор для измерения давления с контактным устройством, установленный по месту (например, реле давления)		Библиотеки КОМПАС / Строительство, инженерные сети и коммуникации / Обозначения условные приборов и средств автоматизации технологических процессов / Приборы
15 Прибор для измерения давления (разрежения) показывающий, с контактным устройством, установленный по месту (например, электроконтактный манометр, вакуумметр)		Библиотеки КОМПАС / Строительство, инженерные сети и коммуникации / Обозначения условные приборов и средств автоматизации технологических процессов / Приборы
16 Регулятор давления, работающий без использования постороннего источника энергии (регулятор давления прямого действия) «до себя»		Библиотеки КОМПАС / Строительство, инженерные сети и коммуникации / Обозначения условные приборов и средств автоматизации технологических процессов / Устройства






Продолжение таблицы А.1

1	2	3
17 Первичный измерительный преобразователь (чувствительный элемент) для измерения расхода, установленный по месту (например, диафрагма, сопло, труба Вентури, датчик индукционного расходомера)		Библиотеки КОМПАС / Строительство, инженерные сети и коммуникации / Обозначения условные приборов и средств автоматизации технологических процессов / Устройства
18 Прибор для измерения расхода бесшкальный с дистанционной передачей показаний, установленный по месту (например, бесшкальный дифманометр или ротаметр с пневмо- или электропередачей)		Библиотеки КОМПАС / Строительство, инженерные сети и коммуникации / Обозначения условные приборов и средств автоматизации технологических процессов / Приборы
19 Прибор для измерения соотношения расходов регистрирующий, установленный на щите (любой вторичный прибор для регистрации соотношения расходов)		Библиотеки КОМПАС / Строительство, инженерные сети и коммуникации / Обозначения условные приборов и средств автоматизации технологических процессов / Приборы
20 Прибор для измерения расхода показывающий, установленный по месту (например, дифманометр или ротаметр, показывающий)		Библиотеки КОМПАС / Строительство, инженерные сети и коммуникации / Обозначения условные приборов и средств автоматизации технологических процессов / Приборы
21 Прибор для измерения расхода интегрирующий, установленный по месту (например, любой бесшкальный счетчик-расходомер с интегратором)		Библиотеки КОМПАС / Строительство, инженерные сети и коммуникации / Обозначения условные приборов и средств автоматизации технологических процессов / Приборы
22 Прибор для измерения расхода показывающий, интегрирующий, установленный по месту (например, показывающий дифманометр с интегратором)		Библиотеки КОМПАС / Строительство, инженерные сети и коммуникации / Обозначения условные приборов и средств автоматизации технологических процессов / Приборы

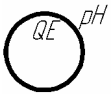
Продолжение таблицы А.1

1	2	3
23 Прибор для измерения расхода интегрирующий, с устройством для выдачи сигнала после прохождения заданного количества вещества, установленный по месту (например, счетчик-дозатор)		Библиотеки КОМПАС / Строительство, инженерные сети и коммуникации / Обозначения условные приборов и средств автоматизации технологических процессов / Приборы
24 Первичный измерительный преобразователь (чувствительный элемент) для измерения уровня, установленный по месту (например, датчик электрического или емкостного уровнемера)		Библиотеки КОМПАС / Строительство, инженерные сети и коммуникации / Обозначения условные приборов и средств автоматизации технологических процессов / Устройства
25 Прибор для измерения уровня показывающий, установленный по месту (например, манометр или дифманометр, используемый для измерения уровня)		Библиотеки КОМПАС / Строительство, инженерные сети и коммуникации / Обозначения условные приборов и средств автоматизации технологических процессов / Приборы
26 Прибор для измерения уровня с контактным устройством, установленный по месту (например, реле уровня, используемое для блокировки и сигнализации верхнего уровня)		Библиотеки КОМПАС / Строительство, инженерные сети и коммуникации / Обозначения условные приборов и средств автоматизации технологических процессов / Приборы
27 Прибор для измерения уровня бесшкальный, с дистанционной передачей показаний, установленный по месту (например, уровнемер бесшкальный с пневмо- или электропередачей)		Библиотеки КОМПАС / Строительство, инженерные сети и коммуникации / Обозначения условные приборов и средств автоматизации технологических процессов / Приборы
28 Прибор для измерения уровня бесшкальный, регулирующий, с контактным устройством, установленный по месту (например, электрический регулятор-сигнализатор уровня; буква <i>H</i> в данном примере означает блокировку по верхнему уровню)		Библиотеки КОМПАС / Строительство, инженерные сети и коммуникации / Обозначения условные приборов и средств автоматизации технологических процессов / Приборы




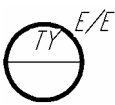
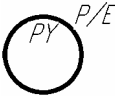
Продолжение таблицы А.1

1	2	3
<p>29 Прибор для измерения уровня показывающий, с контактным устройством, установленный на щите (например, вторичный показывающий прибор с сигнальным устройством; буквы <i>H</i> и <i>L</i> означают сигнализацию верхнего и нижнего уровней)</p>		<p>Библиотеки КОМПАС / Строительство, инженерные сети и коммуникации / Обозначения условные приборов и средств автоматизации технологических процессов / Приборы</p>
<p>30 Прибор для измерения плотности раствора бесшкальный, с дистанционной передачей показаний, установленный по месту (например, датчик плотномера с пневмо- или электропередачей)</p>		<p>Библиотеки КОМПАС / Строительство, инженерные сети и коммуникации / Обозначения условные приборов и средств автоматизации технологических процессов / Приборы</p>
<p>31 Прибор для измерения размеров показывающий, установленный по месту (например, показывающий прибор для измерения толщины стальной ленты)</p>		<p>Библиотеки КОМПАС / Строительство, инженерные сети и коммуникации / Обозначения условные приборов и средств автоматизации технологических процессов / Приборы</p>
<p>32 Прибор для измерения любой электрической величины показывающий, установленный по месту (надписи, расшифровывающие конкретную измеряемую величину, располагаются либо рядом с прибором, либо в виде таблицы на поле чертежа)</p>		<p>Библиотеки КОМПАС / Строительство, инженерные сети и коммуникации / Обозначения условные приборов и средств автоматизации технологических процессов / Приборы</p>
<p>33 Прибор для управления процессом по временной программе, установленный на щите (например, командный электропневматический прибор КЭП, многоцепное реле времени)</p>		<p>Библиотеки КОМПАС / Строительство, инженерные сети и коммуникации / Обозначения условные приборов и средств автоматизации технологических процессов / Приборы</p>



Продолжение таблицы А.1

1	2	3
34 Первичный измерительный преобразователь (чувствительный элемент) для измерения качества продукта, установленный по месту (например, датчик рН-метра)		Библиотеки КОМПАС / Строительство, инженерные сети и коммуникации / Обозначения условные приборов и средств автоматизации технологических процессов / Устройства
35 Прибор для измерения качества продукта показывающий, установленный по месту (например, газоанализатор показывающий для контроля содержания кислорода в дымовых газах)		Библиотеки КОМПАС / Строительство, инженерные сети и коммуникации / Обозначения условные приборов и средств автоматизации технологических процессов / Приборы
36 Прибор для измерения качества продукта регистрирующий, регулирующий, установленный на щите (например, вторичный самопишущий прибор регулятора концентрации серной кислоты в растворе)		Библиотеки КОМПАС / Строительство, инженерные сети и коммуникации / Обозначения условные приборов и средств автоматизации технологических процессов / Приборы
37 Прибор для измерения радиоактивности показывающий, с контактным устройством, установленный по месту (например, прибор для показания и сигнализации предельно допустимых концентраций α - и β -лучей)		Библиотеки КОМПАС / Строительство, инженерные сети и коммуникации / Обозначения условные приборов и средств автоматизации технологических процессов / Приборы
38 Прибор для измерения скорости вращения привода регистрирующий, установленный на щите (например, вторичный прибор тахогенератора)		Библиотеки КОМПАС / Строительство, инженерные сети и коммуникации / Обозначения условные приборов и средств автоматизации технологических процессов / Приборы
39 Прибор для измерения нескольких разнородных величин регистрирующий, установленный по месту (например, самопишущий дифманометр-расходомер с дополнительной записью давления; надпись, расшифровывающая измеряемые величины, наносится справа от прибора)		Библиотеки КОМПАС / Строительство, инженерные сети и коммуникации / Обозначения условные приборов и средств автоматизации технологических процессов / Приборы

Продолжение таблицы А.1

1	2	3
40 Прибор для измерения вязкости раствора показывающий, установленный по месту (например, вискозиметр показывающий)		Библиотеки КОМПАС / Строительство, инженерные сети и коммуникации / Обозначения условные приборов и средств автоматизации технологических процессов / Приборы
41 Прибор для измерения массы продукта показывающий, с контактным устройством, установленный по месту (например, устройство электронно-тензометрическое, сигнализирующее)		Библиотеки КОМПАС / Строительство, инженерные сети и коммуникации / Обозначения условные приборов и средств автоматизации технологических процессов / Приборы
42 Прибор для контроля погасания факела в печи бесшкальный, с контактным устройством, установленный на щите (например, вторичный прибор запально-защитного устройства; применение резервной буквы <i>B</i> должно быть оговорено на поле схемы)		Библиотеки КОМПАС / Строительство, инженерные сети и коммуникации / Обозначения условные приборов и средств автоматизации технологических процессов / Приборы
43 Преобразователь сигнала, установленный на щите (входной сигнал электрический, выходной сигнал тоже электрический; например, преобразователь измерительный, служащий для преобразования термо-ЭДС термометра термоэлектрического в сигнал постоянного тока)		Библиотеки КОМПАС / Строительство, инженерные сети и коммуникации / Обозначения условные приборов и средств автоматизации технологических процессов / Устройства
44 Преобразователь сигнала, установленный по месту (входной сигнал пневматический, выходной - электрический)		Библиотеки КОМПАС / Строительство, инженерные сети и коммуникации / Обозначения условные приборов и средств автоматизации технологических процессов / Устройства

Продолжение таблицы А.1

1	2	3
45 Пусковая аппаратура для управления электродвигателем (например, магнитный пускатель, контактор; применение резервной буквы должно быть оговорено на поле чертежа схемы)		Библиотеки КОМПАС / Строительство, инженерные сети и коммуникации / Обозначения условные приборов и средств автоматизации технологических процессов / Устройства
46 Аппаратура, предназначенная для ручного дистанционного управления, снабженная устройством для сигнализации, установленная на щите (кнопка, ключ управления, задатчик)		Библиотеки КОМПАС / Строительство, инженерные сети и коммуникации / Обозначения условные приборов и средств автоматизации технологических процессов / Устройства
47 Аппаратура, предназначенная для ручного дистанционного управления, снабженная устройством для сигнализации, установленная на щите (например, кнопка со встроенной лампочкой, ключ управления с подсветкой)		Библиотеки КОМПАС / Строительство, инженерные сети и коммуникации / Обозначения условные приборов и средств автоматизации технологических процессов / Устройства

Приложение Б





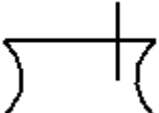
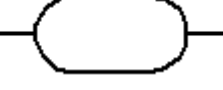


(справочное)

Примеры условных обозначений элементов пневмо- и гидросхем в КОМПАС-3D

Таблица Б.1

Наименование	Обозначение	Название библиотеки
1	2	3
ГОСТ 2.721-74 [38]		
Привод электромашинный		Библиотеки КОМПАС / Машиностроение / Условные обозначения Пневмо – и Гидро-схем / Насосы / Двигатели / Электродвигатель
Направление потока газа		Библиотеки КОМПАС / Машиностроение / Условные обозначения Пневмо – и Гидро-схем / Прочие элементы / Направление потока / Направление потока газа 02
ГОСТ 2.780 – 96 [39]		
Фильтр		Библиотеки КОМПАС / Машиностроение / Условные обозначения Пневмо – и Гидро-схем / Кондиционеры рабочей среды / Фильтры / Фильтр 01
Влагоотделитель с ручным отводом конденсата		Библиотеки КОМПАС / Машиностроение / Условные обозначения Пневмо – и Гидро-схем / Кондиционеры рабочей среды / Влагоотделители / Влагоотделитель 01
Влагоотделитель с автоматическим отводом конденсата		Библиотеки КОМПАС / Машиностроение / Условные обозначения Пневмо – и Гидро-схем / Кондиционеры рабочей среды / Влагоотделители / Влагоотделитель 02
Воздухоосушитель		Библиотеки КОМПАС / Машиностроение / Условные обозначения Пневмо – и Гидро-схем / Кондиционеры рабочей среды / Воздухоосушитель

Продолжение таблицы Б.1

1	2	3
Маслораспылитель		Библиотеки КОМПАС / Машиностроение / Условные обозначения Пневмо – и Гидро-схем / Кондиционеры рабочей среды / Маслораспылитель
Подогреватель		Библиотеки КОМПАС / Машиностроение / Условные обозначения Пневмо – и Гидро-схем / Кондиционеры рабочей среды / Подогреватель
Охладитель без указания линий подвода и отвода охлаждающей среды		Библиотеки КОМПАС / Машиностроение / Условные обозначения Пневмо – и Гидро-схем / Кондиционеры рабочей среды / Охладители / Охладитель 01
Гидробак открытый: под атмосферным давлением, со сливным трубопроводом выше уровня рабочей жидкости		Библиотеки КОМПАС / Машиностроение / Условные обозначения Пневмо - и Гидро-схем / Емкости / Гидробаки / Гидробак открытый
Гидробак закрытый: с давлением ниже атмосферного; со сливным трубопроводом выше уровня рабочей жидкости		Библиотеки КОМПАС / Машиностроение / Условные обозначения Пневмо - и Гидро-схем / Емкости / Гидробаки / Гидробак закрытый
Ресивер		Библиотеки КОМПАС / Машиностроение / Условные обозначения Пневмо - и Гидро-схем / Емкости / Аккумулятор
Пневмоглушитель		Библиотека КОМПАС / Машиностроение / Условные обозначения Пневмо – и Гидро-схем / Прочие элементы / Глушитель шума
ГОСТ 2.781 – 96 [40]		
Дроссель		Библиотеки КОМПАС / Машиностроение / Условные обозначения Пневмо - и Гидро-схем / Дроссели / Дроссель 02

Продолжение таблицы Б.1

1	2	3
Дроссель регулируемый		Библиотеки КОМПАС / Машиностроение / Условные обозначения Пневмо - и Гидро-схем / Дроссели / Дроссель 03
Клапан обратный без пружины; открыт, если давление на входе выше давления на выходе		Библиотеки КОМПАС / Машиностроение / Условные обозначения Пневмо – и Гидро-схем / Клапаны / Клапан
Указатель давления		Библиотеки КОМПАС / Машиностроение / Условные обозначения Пневмо – и Гидро-схем / Средства измерения / Индикатор
Термометр		Библиотеки КОМПАС / Машиностроение / Условные обозначения Пневмо – и Гидро-схем / Средства измерения / Термометры / Термометр 01
Расходомер		Библиотеки КОМПАС / Машиностроение / Условные обозначения Пневмо – и Гидро-схем / Средства измерения / Расходомер 01
Закрытый ход в позиции распределителя	T	Библиотеки КОМПАС / Машиностроение / Условные обозначения Пневмо – и Гидро-схем / Составные элементы / Заглушка
ГОСТ 2.782-96 [41]		
Насос нерегулируемый - с нереверсивным потоком		Библиотеки КОМПАС / Машиностроение / Условные обозначения Пневмо – и Гидро-схем / Насосы / Насосы нерегулируемые / Насос 01
Насос регулируемый - с нереверсивным потоком		Библиотеки КОМПАС / Машиностроение / Условные обозначения Пневмо – и Гидро-схем / Насосы / Насосы регулируемые / Насос 01
Пневмомотор нерегулируемый - с нереверсивным потоком		Библиотеки КОМПАС / Машиностроение / Условные обозначения Пневмо – и Гидро-схем / Насосы / Моторы нерегулируемые / Пневмомотор 01

Продолжение таблицы Б.1

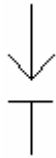

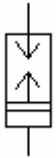

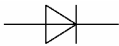

1	2	3
<p>Пневмомотор регулируемый - с реверсивным потоком</p>		<p>Библиотеки КОМПАС / Машиностроение / Условные обозначения Пневмо – и Гидро- схем / Насосы / Моторы регулируемые / Пневмомотор 01</p>
<p>Гидромотор регулируемый</p>		<p>Библиотеки КОМПАС / Машиностроение/ Условные обозначения Пневмо – и Гидро- схем / Насосы / Моторы регулируемые / Гидромотор 01</p>
<p>Насос-мотор нерегулируе- мый; с реверсивным направ- лением потока</p>		<p>Библиотеки КОМПАС / Машиностроение / Условные обозначения Пневмо – и Гидро- схем / Насосы / Насос-моторы нерегули- руемые / Насос-мотор 01</p>
<p>Насос-мотор регулируемый; с реверсивным направлением потока</p>		<p>Библиотеки КОМПАС / Машиностроение / Условные обозначения Пневмо – и Гидро- схем / Насосы / Насос-моторы регулируем- ые / Насос-мотор 01</p>
<p>Насос ручной</p>		<p>Библиотеки КОМПАС / Машиностроение / Условные обозначения Пневмо – и Гидро- схем / Насосы / Насос 01</p>
<p>ГОСТ 2.784-96 [42]</p>		
<p>Гаситель гидравлического удара</p>		<p>Библиотеки КОМПАС / Машиностроение / Условные обозначения Пневмо – и Гидро- схем / Прочие элементы / Гаситель гидрав- лического удара</p>
<p>Форсунка</p>		<p>Библиотеки КОМПАС / Машиностроение / Условные обозначения Пневмо – и Гидро- схем / Прочие элементы / Форсунка</p>
<p>Присоединительное устрой- ство к другим системам</p>		<p>Библиотеки КОМПАС / Машиностроение / Условные обозначения Пневмо – и Гидро- схем / Прочие элементы / Присоедини- тельное устройство</p>

Приложение В

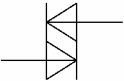
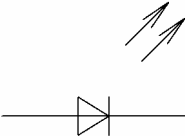
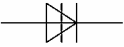
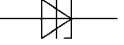
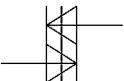
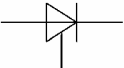
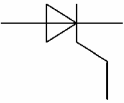
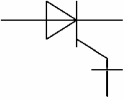
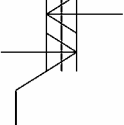
(справочное)

Примеры условных графических обозначений электрических элементов в КОМПАС-3D

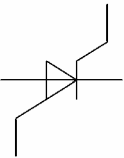
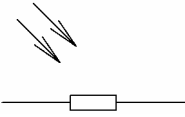
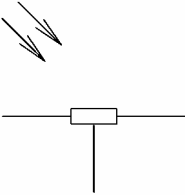
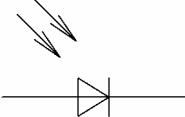



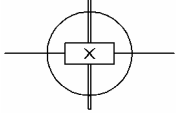
Таблица В.1

Наименование	Обозначение	Наименование в КОМПАС
1	2	3
ГОСТ 2.727-68 [51]		
Предохранитель пробивной		Библиотеки КОМПАС / ... / Элементы электротехнических устройств / ГЛАВНЫЕ ЦЕПИ / Предохранитель 1
Предохранитель плавкий		Библиотеки КОМПАС / ... / Элементы электротехнических устройств / ГЛАВНЫЕ ЦЕПИ / Предохранитель 2
Разрядник вентильный		Библиотеки КОМПАС / ... / Элементы электротехнических устройств / ГЛАВНЫЕ ЦЕПИ / Разрядник 1
Разрядник трубчатый		Библиотеки КОМПАС / ... / Элементы электротехнических устройств / ГЛАВНЫЕ ЦЕПИ / Разрядник 2
ГОСТ 2.730-73 [56]		
Диод		Библиотеки КОМПАС / ... / Элементы электротехнических устройств / ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ЦЕПИ / Диод 1
Варикап (диод емкостной)		Библиотеки КОМПАС / ... / Элементы электротехнических устройств / ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ЦЕПИ / Варикап

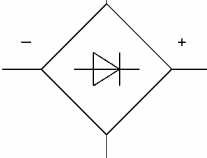




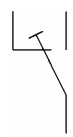


Продолжение таблицы В.1

1	2	3
Диод двунаправленный		Библиотеки КОМПАС / ... / Элементы электротехнических устройств / ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ЦЕПИ / Диод 3
Диод светоизлучающий		Библиотеки КОМПАС / ... / Элементы электротехнических устройств / ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ЦЕПИ / Светодиод
Тиристор диодный, запираемый в обратном направлении		Библиотеки КОМПАС / ... / Элементы электротехнических устройств / ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ЦЕПИ / Тиристор 04
Тиристор диодный, проводящий в обратном направлении		Библиотеки КОМПАС / ... / Элементы электротехнических устройств / ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ЦЕПИ / Тиристор диодный
Тиристор диодный симметричный		Библиотеки КОМПАС / ... / Элементы электротехнических устройств / ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ЦЕПИ / Тиристор 03
Тиристор триодный		Библиотеки КОМПАС / ... / Элементы электротехнических устройств / ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ЦЕПИ / Тиристор 01
Тиристор триодный, запираемый в обратном направлении с управлением по катоду		Библиотеки КОМПАС / ... / Элементы электротехнических устройств / ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ЦЕПИ / Тиристор 15
Тиристор триодный запираемый в обратном направлении, с управлением по катоду		Библиотеки КОМПАС / ... / Элементы электротехнических устройств / ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ЦЕПИ / Тиристор триодный 1
Тиристор триодный симметричный (двунаправленный) - триак		Библиотеки КОМПАС / ... / Элементы электротехнических устройств / ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ЦЕПИ / Тиристор 23

Продолжение таблицы В.1

1	2	3
Тиристор тетродный, запираемый в обратном направлении		Библиотеки КОМПАС / ... / Элементы электротехнических устройств / ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ЦЕПИ / Тиристор 08
Фоторезистор		Библиотеки КОМПАС / ... / Элементы электротехнических устройств / ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ЦЕПИ / Фоторезистор
Фоторезистор дифференциальный		Библиотеки КОМПАС / ... / Элементы электротехнических устройств / ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ЦЕПИ / Фоторезистор дифференциальный
Фотодиод		Библиотеки КОМПАС / ... / Элементы электротехнических устройств / ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ЦЕПИ / Фотодиод
Диодный фототиристор		Библиотеки КОМПАС / ... / Элементы электротехнических устройств / ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ЦЕПИ / Фототиристор диодный
Фототранзистор PNP		Библиотеки КОМПАС / ... / Элементы электротехнических устройств / ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ЦЕПИ / Фототранзистор PNP
Фототранзистор типа NPN		Библиотеки КОМПАС / ... / Элементы электротехнических устройств / ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ЦЕПИ / Фототранзистор NPN
Датчик Холла		Библиотеки КОМПАС / ... / Элементы электротехнических устройств / ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ЦЕПИ / Датчик Холла

Продолжение таблицы В.1

1	2	3
Однофазная мостовая выпрямительная схема		Библиотеки КОМПАС / ... / Элементы электротехнических устройств / ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ЦЕПИ / Выпрямитель 1
ГОСТ 2.745-68 [56]		
Электропечь дуговая трехфазная прямого нагрева с перемешивающей катушкой		Библиотеки КОМПАС / ... / Элементы электротехнических устройств / ГЛАВНЫЕ ЦЕПИ / Электропечь 01
ГОСТ 2.755-87 [57]		
Контакт замыкающий		Библиотеки КОМПАС / ... / Элементы электротехнических устройств / ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ЦЕПИ / КОНТАКТЫ / Контакт 01
Контакт размыкающий		Библиотеки КОМПАС / ... / Элементы электротехнических устройств / ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ЦЕПИ / КОНТАКТЫ / Контакт 02
Переключатель		Библиотеки КОМПАС / ... / Элементы электротехнических устройств / ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ЦЕПИ / КОНТАКТЫ / Контакт 30
Переключающий без размыкания цепи (мостовой)		Библиотеки КОМПАС / ... / Элементы электротехнических устройств / ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ЦЕПИ / КОНТАКТЫ / Контакт 32
Контакт импульсный замыкающий при срабатывании		Библиотеки КОМПАС / ... / Элементы электротехнических устройств / ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ЦЕПИ / КОНТАКТЫ / Контакт 09
Контакт импульсный замыкающий при возврате		Библиотеки КОМПАС / ... / Элементы электротехнических устройств / ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ЦЕПИ / КОНТАКТЫ / Контакт 11

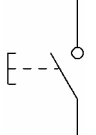
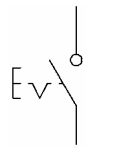
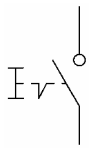
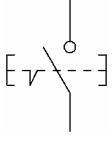
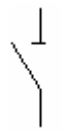


Продолжение таблицы В.1

1	2	3
Контакт импульсный замыкающий при срабатывании и возврате		Библиотеки КОМПАС / ... / Элементы электротехнических устройств / ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ЦЕПИ / КОНТАКТЫ / Контакт 13
Контакт в контактной группе, срабатывающий раньше по отношению к другим контактам группы, замыкающий		Библиотеки КОМПАС / ... / Элементы электротехнических устройств / ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ЦЕПИ / КОНТАКТЫ / Контакт 15
Контакт в контактной группе, срабатывающий раньше по отношению к другим контактам группы, размыкающий		Библиотеки КОМПАС / ... / Элементы электротехнических устройств / ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ЦЕПИ / КОНТАКТЫ / Контакт 16
Контакт в контактной группе, срабатывающий позже по отношению к другим контактам группы, замыкающий		Библиотеки КОМПАС / ... / Элементы электротехнических устройств / ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ЦЕПИ / КОНТАКТЫ / Контакт 17
Контакт в контактной группе, срабатывающий позже по отношению к другим контактам группы, размыкающий		Библиотеки КОМПАС / ... / Элементы электротехнических устройств / ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ЦЕПИ / КОНТАКТЫ / Контакт 18
Контакт без самовозврата замыкающий		Библиотеки КОМПАС / ... / Элементы электротехнических устройств / ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ЦЕПИ / КОНТАКТЫ / Контакт 19
Контакт без самовозврата размыкающий		Библиотеки КОМПАС / ... / Элементы электротехнических устройств / ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ЦЕПИ / КОНТАКТЫ / Контакт 20



Продолжение таблицы В.1

1	2	3
Контакт с самовозвратом замыкающий		Библиотеки КОМПАС / ... / Элементы электротехнических устройств / ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ЦЕПИ / КОНТАКТЫ / Контакт 21
Контакт с самовозвратом размыкающий		Библиотеки КОМПАС / ... / Элементы электротехнических устройств / ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ЦЕПИ / КОНТАКТЫ / Контакт 22
Контакт переключающий с нейтральным центральным положением, с возвратом из левого положения и без возврата из правого положения		Библиотеки КОМПАС / ... / Элементы электротехнических устройств / ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ЦЕПИ / КОНТАКТЫ / Контакт 31
Контакт контактора замыкающий		Библиотеки КОМПАС / ... / Элементы электротехнических устройств / ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ЦЕПИ / КОНТАКТЫ / Контакт 42
Контакт контактора размыкающий		Библиотеки КОМПАС / ... / Элементы электротехнических устройств / ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ЦЕПИ / КОНТАКТЫ / Контакт 43
Контакт контактора замыкающий дугогасительный		Библиотеки КОМПАС / ... / Элементы электротехнических устройств / ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ЦЕПИ / КОНТАКТЫ / Контакт 44
Контакт контактора размыкающий дугогасительный		Библиотеки КОМПАС / ... / Элементы электротехнических устройств / ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ЦЕПИ / КОНТАКТЫ / Контакт 45
Контакт контактора замыкающий с автоматическим срабатыванием		Библиотеки КОМПАС / ... / Элементы электротехнических устройств / ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ЦЕПИ / КОНТАКТЫ / Контакт 46

Продолжение таблицы В.1

1	2	3
Контакт выключателя		Библиотеки КОМПАС / ... / Элементы электротехнических устройств / ГЛАВНЫЕ ЦЕПИ / Выключатель 01
Контакт замыкающий нажимного кнопочного выключателя без самовозврата, с размыканием и возвратом элемента управления автоматически		Библиотеки КОМПАС / ... / Элементы электротехнических устройств / ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ЦЕПИ / КОНТАКТЫ / Контакт 34
Контакт замыкающий нажимного кнопочного выключателя без самовозврата, с размыканием и возвратом элемента управления		Библиотеки КОМПАС / ... / Элементы электротехнических устройств / ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ЦЕПИ / КОНТАКТЫ / Контакт 36
Контакт замыкающий выключателя посредством вытягивания кнопки		Библиотеки КОМПАС / ... / Элементы электротехнических устройств / ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ЦЕПИ / КОНТАКТЫ / Контакт 37
Контакт замыкающий выключателя посредством отдельного привода		Библиотеки КОМПАС / ... / Элементы электротехнических устройств / ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ЦЕПИ / КОНТАКТЫ / Контакт 39
Контакт разъединителя		Библиотеки КОМПАС / ... / Элементы электротехнических устройств / ГЛАВНЫЕ ЦЕПИ / Разъединитель 01
Контакт выключателя-разъединителя		Библиотеки КОМПАС / ... / Элементы электротехнических устройств / ГЛАВНЫЕ ЦЕПИ / Выключатель 02
Контакт концевого выключателя замыкающий		Библиотеки КОМПАС / ... / Элементы электротехнических устройств / ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ЦЕПИ / КОНТАКТЫ / Контакт 25

Продолжение таблицы В.1

1	2	3
Контакт концевого выключателя размыкающий		Библиотеки КОМПАС / ... / Элементы электротехнических устройств / ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ЦЕПИ / КОНТАКТЫ / Контакт 26
Контакт замыкающий с замедлением, действующим при возврате		Библиотеки КОМПАС / ... / Элементы электротехнических устройств / ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ЦЕПИ / КОНТАКТЫ / Контакт 06
Контакт замыкающий с замедлением, действующим при срабатывании и возврате		Библиотеки КОМПАС / ... / Элементы электротехнических устройств / ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ЦЕПИ / КОНТАКТЫ / Контакт 07
Контакт размыкающий с замедлением, действующим при возврате		Библиотеки КОМПАС / ... / Элементы электротехнических устройств / ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ЦЕПИ / КОНТАКТЫ / Контакт 05
Контакт размыкающий с замедлением, действующим при срабатывании		Библиотеки КОМПАС / ... / Элементы электротехнических устройств / ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ЦЕПИ / КОНТАКТЫ / Контакт 03
Контакт замыкающий с замедлением, действующим при срабатывании		Библиотеки КОМПАС / ... / Элементы электротехнических устройств / ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ЦЕПИ / КОНТАКТЫ / Контакт 04
Контакт размыкающий с замедлением, действующим при срабатывании и возврате		Библиотеки КОМПАС / ... / Элементы электротехнических устройств / ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ЦЕПИ / КОНТАКТЫ / Контакт 08
Контакт разъединителя трехполюсный		Библиотеки КОМПАС / ... / Элементы электротехнических устройств / ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ЦЕПИ / Рубильник 07

Продолжение таблицы В.1

1	2	3
Выключатель инерционный		Библиотеки КОМПАС / ... / Элементы электротехнических устройств / ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ЦЕПИ / КОНТАКТЫ / Контакт 28
Переключатель ртутный трехконечный		Библиотеки КОМПАС / ... / Элементы электротехнических устройств / ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ЦЕПИ / КОНТАКТЫ / Контакт 29
Переключатель двухполюсный, трехпозиционный с нейтральным положением		Библиотеки КОМПАС / ... / Элементы электротехнических устройств / ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ЦЕПИ / Переключатель 1
Переключатель двухполюсный, трехпозиционный с самовозвратом в нейтральное положение		Библиотеки КОМПАС / ... / Элементы электротехнических устройств / ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ЦЕПИ / Переключатель 2
Соединение контактное разъемное		Библиотеки КОМПАС / ... / Элементы электротехнических устройств / ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ЦЕПИ / Контактное соединение 1

Приложение Г
(рекомендуемое)

Карта правильных ответов к тестам

Таблица Г.1

Лабораторная работа	Номер вопроса									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	б	г	б	а	г	в	а	г	а	д
2	в	г	б	а	б	а	в	г	а	г
3	г	б	а	г	в	а	в	а	а	б
4	б	в	г	а	в	а	а	б	г	в
5	д	а	б	в	в	а	б	г	а	б
6	в	д	б	б	в	а, в	б	д	а	а