

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
«Полоцкий государственный университет»

В. Е. Питолин

ОСНОВЫ САПР В ЭНЕРГЕТИКЕ

Учебно-методический комплекс
для студентов специальности 1-43 01 03
«Электроснабжение (по отраслям)»

Новополоцк
2016

УДК 004.896:621.3.061(075.8)

ББК 30.2-5-05я73

ПЗ2

Рекомендовано к изданию методической комиссией
радиотехнического факультета
в качестве учебно-методического комплекса
(протокол № 4 от 10.02.2016)

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

зам. начальника цеха ТАИ по АСУ ТП
Новополоцкой ТЭЦ В. В. ПОДВОЙСКИЙ;
канд. техн. наук, доц. каф. информационных технологий
Полоцкого государственного университета А. Ф. ОСЬКИН

Питолин, В. Е.

ПЗ2 Основы САПР в энергетике : учеб.-метод. комплекс для студентов
специальности 1-43 01 03 «Электроснабжение (по отраслям)» /
В. Е. Питолин. – Новополоцк : Полоц. гос. ун-т, 2016. – 184 с.
ISBN 978-985-531-552-1.

Приведены описание структуры САПР и история ее развития. Представлены характеристики современной САПР общего назначения AutoCAD, а также современных программных средств САПР, используемых в энергетике для проектирования схем электроснабжения: САПР «Альфа», «RastrWIN», «TKZ-3000» и др.

Содержит методические указания к выполнению лабораторных и курсовой работ, а также перечень тем практических занятий.

Предназначен для студентов специальности 1-43 01 03 «Электроснабжение (по отраслям)».

УДК 004.896:621.3.061(075.8)

ББК 30.2-5-05я73

ISBN 978-985-531-552-1

© Питолин В. Е., 2016

© Полоцкий государственный университет, 2016

Содержание

Введение	5
ЛЕКЦИОННЫЙ КУРС	
1. Введение в САПР	8
1.1. Из истории развития САПР	8
1.2. Общие сведения о системах автоматизированного проектирования в электроэнергетике	12
1.3. Основные цели и задачи САПР	14
1.4. Функциональная структура САПР	17
1.5. Подсистемы САПР	19
1.6. Виды обеспечения САПР	20
2. Система автоматизированного проектирования AutoCAD	22
2.1. Организация работы в AutoCAD	22
2.2. Построение объектов в AutoCAD	34
2.3. Слои, цвета и типы линий	50
2.4. Методы редактирования	56
2.5. Блоки, атрибуты и внешние ссылки	70
3. Система автоматизированного проектирования схем электроснабжения САПР «Альфа» версии 7.0	80
3.1. Создание схемы электроснабжения	80
3.2. Последовательность работы в САПР «Альфа»	92
3.3. Создание плана расположения электрооборудования	103
4. Расчет режима работы энергосистемы в MatCAD	111
4.1. Порядок построения математической модели ЭС	111
4.2. Выполнение расчетов установившегося режима в MatCAD	119
5. Расчет токов короткого замыкания в программе ТКЗ-3000	126
5.1. Общая характеристика и возможности программы	126
5.2. Подготовка и обслуживание сетевой информации	127
5.3. Расчет электрических величин по месту повреждения	132
ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ	
Лабораторная работа № 1 Основы работы с графическим редактором AutoCAD	136
Лабораторная работа № 2 Построение линейных объектов в AutoCAD	138
Лабораторная работа № 3 Построение объектов и штриховка в AutoCAD	142
Лабораторная работа № 4 Работа с текстом и слоями в AutoCAD	146
Лабораторная работа № 5 Работа с массивами в AutoCAD	149

Лабораторная работа № 6	
Использование блоков и атрибутов в AutoCAD	152
Лабораторная работа № 7	
Выполнение схемы электроснабжения в САПР «Альфа»	155
Лабораторная работа № 8	
Выполнение плана расположения оборудования схемы электроснабжения в САПР «Альфа»	159
Перечень тем практических занятий	164
Методические указания к выполнению курсовой работы	
Разработка проекта электроснабжения промышленного здания с использованием средств САПР	165
Литература	182
Электронные материалы и программное обеспечение дисциплины	183

Введение

Целью изучения дисциплины «Основы САПР в энергетике» является освоение теоретических и практических методов и современных систем автоматизированного проектирования (САПР) в рамках квалификационных требований, предъявляемых к инженеру-энергетику по специальности 1-43 01 03 «Электроснабжение (по отраслям)», и применение их на практике при выполнении курсовой работы.

Структура дисциплины

Дисциплина «Основы САПР в энергетике», согласно учебному плану специальности 1-43 01 03 «Электроснабжение (по отраслям)», изучается на 3-м курсе обучения в осеннем семестре и включает в себя 34 ч лекционных, 16 ч лабораторных и 18 ч практических занятий. Предусмотрено выполнение курсовой работы. Итоговой формой контроля по дисциплине является экзамен.

Лекционный курс

Лекции по дисциплине проводятся с использованием презентаций, но основная часть теоретического материала помещена в данном учебно-методическом комплексе. В лекциях могут демонстрироваться *скринкасты* – учебные фильмы, построенные на базе действующих интерфейсов изучаемых программных комплексов САПР, и рассматриваться дополнительный материал в виде пояснений и практических примеров.

Промежуточный контроль усвоения лекционной части дисциплины – тест (дважды в течение семестра на аттестационных неделях). Он может осуществляться в виде письменного опроса или компьютерного тестирования. Результаты тестирования оцениваются по 10-балльной шкале.

Кроме тестового опроса в аттестацию входит контроль исполнения практических заданий по пройденным на лабораторных работах методам проектирования с использованием САПР.

На лекциях по изучению конкретных методов проектирования и программных средств САПР могут проводиться управляемые самостоятельные занятия студентов, на которых для индивидуального или группового выполнения предлагаются практические задания с консультированием студентов по ходу выполнения и контролем результатов.

Лабораторный практикум

Целью практикума является освоение практических навыков проектирования с использованием программных средств САПР. Работы выполняются в компьютерном классе в соответствии с индивидуальным вариан-

том задания, номер которого выдается студенту на первом занятии и сохраняется до конца семестра.

Отчеты по лабораторным работам представляются в электронном виде. Каждый отчет должен содержать: номер лабораторной работы, ее наименование, фамилию и инициалы студента, вариант задания, результаты выполнения по каждому пункту хода выполнения работы, выводы по работе. Защита лабораторных работ производится индивидуально, исключительно на занятиях по лабораторному практикуму в соответствии с расписанием и принимается только в течение семестра до календарной даты начала сессии. Студенты, не защитившие курсовую и выполнившие лабораторные работы, не допускаются к сессии.

Практические занятия

Изучение дисциплины «Основы САПР в энергетике» реализует следующие виды практических занятий студентов:

- самостоятельное изучение и освоение различного программного обеспечения САПР по дисциплине;
- использование основной и дополнительной литературы при подготовке рефератов по дисциплине;
- самостоятельную подготовку к промежуточной и итоговой аттестации;
- упражнения на компьютерных тренажерах.

Курсовая работа

Курсовая работа по дисциплине «Основы САПР в энергетике» студентами специальности 1-43 01 03 «Электроснабжение (по отраслям)» выполняется по теме «Разработка проекта электроснабжения промышленного здания с использованием средств САПР».

Объем работы определяется индивидуальным заданием на курсовую работу. Работа предусматривает выбор и расстановку конкретного электрического оборудования отдельного промышленного объекта, разработку общей схемы электроснабжения с выполнением необходимых расчетов. Работа завершается оформлением полного комплекта технической документации на систему электроснабжения, предусмотренной действующими стандартами.

Конкретное содержание курсовой работы и основные требования по ее исполнению изложены в методических указаниях по курсовому проектированию.

Цель курсовой работы – практическое закрепление курсового материала и развитие навыков самостоятельной работы студентов в современ-

ных системах автоматизированного проектирования (ACAD, MathCAD, АРМ СЭ и СРЗА и др.) при решении комплекса задач, связанных с разработкой систем электроснабжения промышленных предприятий.

В ходе выполнения курсовой работы студент должен овладеть современными способами автоматизированного проектирования систем электроснабжения с использованием ПЭВМ.

Для выполнения курсовой работы рекомендуется использовать программное обеспечение лабораторного практикума по дисциплине.

В процессе выполнения курсовой работы предусмотрен поэтапный контроль согласно утвержденному графику. Защита курсовой работы проводится согласно установленному этим графиком сроку.

Выполнение и успешная защита курсовой работы является обязательным условием допуска к сдаче экзамена по курсу «Основы САПР в энергетике».

На защите преподаватель проверяет самостоятельность выполнения работы путем проверочных заданий на демонстрацию основных навыков использования программного обеспечения, способность анализировать полученные результаты (читать чертежи, пояснять численные значения расчетных характеристик), а также соответствие представленной работы требованиям, изложенным в методических указаниях.

На защите разрешается пользоваться распечатками выданных электронных материалов по курсу и любой справочной литературой.

Итоговый контроль успеваемости

Итоговая диагностика компетенции осуществляется при защите курсовой работы и сдаче экзамена по изучаемой дисциплине. Экзамен представляет собой письменную работу, на выполнение которой отводится один час. Экзаменационный билет включает в себя один теоретический вопрос и две практические задачи на составление алгоритма выполнения проектных или расчетных заданий по использованию средств САПР.

Экзаменационная оценка выставляется на основании письменной работы, дополнительные вопросы и обсуждения не практикуются. Работа выполняется на специальном бланке. Бланк и черновики выдаются преподавателем. При себе на экзамене следует иметь только ручку и зачетную книжку. Пользование конспектом и консультации друг с другом запрещены. Использование мобильных телефонов, планшетов и других электронных средств связи и хранения данных во время экзамена запрещено.

ЛЕКЦИОННЫЙ КУРС

1. ВВЕДЕНИЕ В САПР

1.1. Из истории развития САПР

Состояние и уровень развития теории систем автоматизированного проектирования (САПР) технических объектов и электрических систем зависят, в первую очередь, от требований, предъявляемых к результатам проектирования. Последние определяются имеющимися возможностями технологической реализации проектов и доступными средствами проектирования. Указанные факторы меняются в ходе научно-технического прогресса и соответственно этому совершенствуется теория проектирования технических объектов.

Историю развития САПР можно условно разбить на несколько этапов.

До 30-х годов XX-го века – ручное индивидуальное проектирование (известны очень древние индивидуальные проекты, выполненные в III–II вв. до н.э.).

Индивидуальное проектирование сыграло прогрессивную роль в становлении технических отраслей, создании качественно новых, высокоэффективных для того времени технических устройств и систем. Однако с ростом количества типоразмеров, расширением номенклатуры выпускаемых изделий и усложнением их конструкции индивидуальная форма проектирования начала тормозить дальнейшее развитие промышленности. Противоречия между потребностями промышленности и возможностями индивидуального проектирования были устранены путем перехода к новой форме проектирования, которую принято называть ручным типовым проектированием.

1940–50-е годы – ручное типовое проектирование; в это время появляются методы группового проектирования, агрегирования и унификации.

Метод группового проектирования заключается в том, что проектируется не одно конкретно требуемое изделие, а целое семейство (параметрические ряды) конструктивно подобных изделий, удовлетворяющих всем существующим и прогнозируемым условиям их использования. Благодаря однотипности объектов и процессов проектирования производительность группового проектирования параметрических рядов изделий значительно выше, чем при индивидуальном проектировании отдельных изделий.

Сущность методов агрегирования и унификации первоначально заключалась в разработке минимального количества типовых конструктивных деталей и узлов, которые затем будут многократно использованы при проектировании различных изделий. В последующем унификация охватила все сферы проектирования, включая организационные, и оказала существенное влияние также на организацию специализированных производств составных частей изделий. Благодаря агрегированию и унификации повысилась не только производительность труда проектировщиков. Появились новые возможности повышения надежности изделий путем реализации принципов функциональной и монтажной взаимозаменяемости их составных частей.

1960-е годы – осуществлен переход к единой системе конструкторской документации (ЕСКД), установившей единые правила ее оформления.

Однако наряду с важными преимуществами типового проектирования проявились и его недостатки, связанные в основном с ручной формой обработки информации. Внедрение методов унификации и стандартизации привело к резкому сокращению доли творческого труда в работе проектировщика. Использование многочисленных справочников, стандартов и других нормативных документов, а также типовых проектных решений существенно увеличило трудоемкость проектирования.

Одновременно с методами проектирования получили развитие технические средства проектирования. Появились арифмометры, быстродействующие печатающие устройства, различные средства быстрого размножения проектной документации. Началась механизация процесса проектирования. Таким образом, возможности процесса проектирования в целом резко возросли и при соответствующем росте числа проектировщиков оказались в определенный период достаточными для удовлетворения потребностей промышленности в новых разработках.

1970-е годы – начало широкого применения ЭВМ и их периферийных устройств в качестве принципиально новых технических средств автоматизации проектирования.

Доля рутинных работ в проектировании превысила 60%, а сроки проектирования сравнялись со сроками изготовления и испытаний. Увеличилась численность среднего звена инженерно-технических работников, снизилась привлекательность и престижность труда проектировщиков. Постоянно растущие потребности в новых проектных разработках нельзя было удовлетворить за счет пропорционального роста проектных организаций при сохранении форм типового проектирования. Возникла необходи-

мость в коренной перестройке форм проектирования, направленной на повышение качества проектов, сокращение сроков и трудоемкости проектирования.

Применение ЭВМ и их периферийных устройств в качестве принципиально новых технических средств проектирования явилось основой для радикального преобразования процесса проектирования.

1980-е годы – появилась и начала стремительно нарастать тенденция перевода расчетных алгоритмов проектирования на персональные ЭВМ.

При этом:

- стали усиленно развиваться численные методы расчета дифференциальных уравнений и нелинейных зависимостей на ЭВМ;
- резко увеличилась производительность труда в расчетном проектировании даже на ПЭВМ первого поколения;
- возникло противоречие между возможностью ЭВМ рассчитать большее число проектных вариантов и физической невозможностью проектировщика задавать (генерировать) эти варианты. Это противоречие было устранено с появлением ПЭВМ второго поколения, простейших вычислительных сетей и развитием кибернетических методов принятия решений;
- полное замещение промышленных ЭВМ, неудобных в программировании и эксплуатации, персональными ПЭВМ;
- увеличение быстродействия и объема памяти ПЭВМ третьего поколения в сочетании с методами поиска оптимума позволило перейти к решению ряда оптимизационных задач проектирования;
- сократилось время и повысилось качество расчетных проектов;
- появление ПЭВМ третьего поколения, оснащенных средствами машинной графики и другими инструментальными средствами, позволило автоматизировать не только расчетные, но и конструкторско-технологические стадии проектирования.

1990-й год – создаются и развиваются программно-технические средства, ориентированные на коллективную деятельность проектировщиков различного профиля (расчетчиков, конструкторов, технологов), не имеющих глубоких познаний в программировании и вычислительной технике.

Интерфейс САПР становится универсальным, аналогичным интерфейсу основных офисных приложений (Word, Excell).

Разработка и внедрение OLE-технологий (технологий связывания и внедрения объектов, разработанных в одних программах, например, ACAD, в другие программы и объекты, например, офисные приложения

или графические редакторы, позволили существенно упростить процесс создания и комплектования проектов.

2000-й год – решается проблема конвейерной автоматизации всех процессов расчета и проектирования систем путем создания полностью сетевых САПР, оснащенных специализированными серверными станциями.

Становится возможным выполнение большого объема проектных работ небольшим коллективом разработчиков.

2010-й год – появление облачных технологий, обусловленных наличием необходимых WEB-ресурсов, позволяет сделать САПР полностью мобильными, не зависящими от конкретного места создания проекта: проектировщики могут находиться на большом удалении друг от друга, но при этом работать в единой команде над одним проектом.

Системы автоматизированного проектирования совершили революцию в промышленности, сократив объем ручного труда, повысив точность конструирования, уменьшив количество ошибок, увеличив производительность проектировщиков и улучшив качество проектов.

Проблемы внедрения САПР

Как это обычно бывает, решение проблем автоматизации проектных работ вызвало появление проблем другого уровня сложности:

1. Отсутствуют единые стандарты САПР для проектной информации. Повторное использование спроектированных ранее объектов и систем затруднено из-за несовместимости форматов данных в разных САПР.

По оценке Национального института стандартов и технологии (США), из-за несовместимости стандартов различных САПР одна только американская автомобильная отрасль ежегодно теряет более 1 млрд долл. Известен скандал и с проектированием лайнера Airbus A380, когда задержка во внесении изменений в электрическую систему самолета, вызванная среди прочих причин несоответствием форматов, привела к многомиллиардным убыткам.

2. Разработчики различных САПР стремятся закрыть информацию об используемой файловой структуре, произвольно изменять, усложнять или даже шифровать ее, что не позволяет пользователям САПР самостоятельно создавать качественные конвертеры для совмещения форматов или данных.

3. Сложность освоения новых версий САПР. Это связано с несколькими причинами:

– сложные модели, созданные с помощью предыдущей версии САПР, не всегда правильно интерпретируются в следующей;

- постоянно расширяется функционал САПР, поэтому при обновлении САПР необходимо переучивать специалистов, отрывая их от работы;
- после каждого обновления САПР приходится выявлять старые ошибки заново, а также изобретать способы их обойти.

4. Не решена проблема передачи проекта изделия, разработанного САПР, в производство. Такой разрыв может возникнуть, если на предприятии не осталось грамотных конструкторов, понимающих особенности проектируемых изделий, и опытных технологов, знающих возможности своего производства.

Наличие этих проблем не снижает значимости САПР, но показывает, что процесс совершенствования САПР продолжается.

1.2. Общие сведения о системах автоматизированного проектирования в электроэнергетике

Современная система автоматизированного проектирования представляет собой организационно-техническую структуру, которая состоит из комплекса средств автоматизации на базе ПЭВМ и вычислительных сетей, связывающих все подразделения проектной организации в единое целое.

Автоматизированное проектирование характеризуется следующими важными преимуществами:

- возможностью для практического использования принципиально новых методов проектирования (методов математического моделирования, методов оптимизации, принятия решений и т.п.);
- использованием сложных, но более точных моделей объектов проектирования (электрических распределительных сетей);
- возможностью анализа большого числа вариантов проектных решений;
- исключением случайных ошибок при выполнении инженерных расчетов и формировании проектной документации;
- многократным ростом производительности труда проектировщиков и повышением качества проектов;
- творческим характером труда проектировщиков.

При проектировании объектов электроэнергетики, относящихся к различным подсистемам (электрические сети, электрическая часть станций и подстанций, электроснабжение промышленных предприятий и др.), требуется обрабатывать большой объем разнообразной информации. Трудоемкость проекта резко возрастает при необходимости поиска наиболее оптимальных

параметров и режимов работы систем электроснабжения (СЭС) на основе многовариантных электрических и технико-экономических расчетов.

Эффективность принятого решения во многом определяется квалификацией и опытом проектировщиков. Однако даже опытные специалисты не застрахованы от ошибок и принятия неоптимальных вариантов. При этом традиционные способы решения проектных задач приводят к неоправданно большим затратам труда и времени проектировщиков на подготовку проектной документации.

При использовании САПР технические решения принимаются в режиме диалога проектировщика с ЭВМ на основе математического моделирования объектов проектирования, что позволяет:

- повысить точность и исключить ошибки в расчетах;
- обеспечить выбор оптимального варианта;
- ускорить подготовку проектной документации.

Построение САПР объектов электроэнергетики представляет собой достаточно сложную проблему, т.к. СЭС является иерархической и состоит из большого числа взаимосвязанных элементов.

При внедрении САПР нужно, прежде всего, решить, для каких задач проектирования наиболее эффективно ее применение. Эти задачи должны иметь математические методы решения, на основе которых разрабатываются алгоритмы и программы для ЭВМ.

При создании САПР используются следующие принципы:

- комплексный подход к созданию САПР;
- модульность структуры и непрерывность развития САПР;
- информационное единство и полная управляемость потоками информации;
- инвариантность (компоненты САПР должны быть по возможности универсальными и неизменяющимися по отношению к объектам проектирования и используемой вычислительной техники);
- совместимость (техническая, информационная и программная);
- использование новейших методов решения задач и комплексность их решения;
- типизация и стандартизация используемых элементов и решений;
- математическая определенность проектных задач;
- наличие универсальной оптимизационной подсистемы.

Поэтому любое предприятие, планирующее внедрение САПР, должно отказаться от индивидуальных методов проектирования, сосредоточив усилия на быстром переходе проектных подразделений на САПР.

1.3. Основные цели и задачи САПР

Основными целями создания САПР являются:

- 1) повышение качества и технико-экономического уровня проектируемых объектов на основе применения математических методов и моделей, отражающих специфические особенности проектируемых объектов, алгоритмов, программ и современных средств вычислительной техники, а также за счет применения многовариантного проектирования и оптимизации;
- 2) увеличение производительности труда проектировщиков путем автоматизации процессов поиска, обработки и выдачи информации;
- 3) сокращение сроков подготовки проектной документации и улучшение качества ее оформления;
- 4) повышение доли творческого труда проектировщиков за счет автоматизации повторяющихся однотипных (рутинных) работ.

Автоматизация процесса проектирования может применяться на всех или отдельных стадиях создания проектной документации для объектов электроэнергетики в целом или их составных частей.

Наибольшая эффективность от внедрения САПР достигается при автоматизации всего процесса проектирования – от постановки задачи и до выпуска рабочей проектной документации. Использование САПР позволяет сократить сроки разработки проектов в 3–4 раза и повысить качество принимаемых решений.

Например, создание в САПР проекта электроснабжение 24-этажного здания коллективом из 3-х разработчиков занимает 3–4 дня, ранее на это тратилось до 4-х месяцев.

Основными проектными задачами в области электроэнергетики являются следующие:

1. *Анализ и выбор приемников электроэнергии (ПЭ).*

Исходная информация для решения этой задачи – требования технологического процесса и технологического оборудования, для обеспечения функционирования которых предназначена СЭС (электропривод, электро-термические установки, светотехническое оборудование, устройства и системы контроля работы технологических установок, специальное оборудование), а также справочно-нормативные данные по электрооборудованию, с помощью которого выполняются эти требования.

На базе перечня ПЭ составляются группы потребителей электроэнергии и рассчитываются нагрузки отдельных групп ПЭ на различных уровнях системы электроснабжения с учетом всех возможных режимов

работы, включая аварийные режимы, выбираются ответвления – распределительные устройства (РУ) к электроприемникам, снабженные пускозащитной аппаратурой.

2. Выбор и размещение узловых точек СЭС.

При этом выполняется построение структурной схемы СЭС (распределительной сети), которая показывает направления передачи электроэнергии от источников электрической энергии к потребителям.

Обычно ПЭ питаются электроэнергией:

- на уровне энергосистемы – от источников питания (ИП) через систему понижающих трансформаторных подстанций (ПС), связанных с ИП и между собой районными и местными электрическими сетями высокого напряжения;

- на уровне СЭС промышленных предприятий – от главных понижающих подстанций (ГПП) или распределительных пунктов (РП), распределительных устройств (РУ) и распределительных пунктов, связанных распределительной сетью 6–10 кВ;

- на уровне внутрицехового электроснабжения – от цеховых ТП (ЦТП), распределительных и силовых пунктов (СП).

В целом ПС, ГПП, РП, РУ, ЦТП, СП также, как и первичные, и вторичные источники, в рамках структурных схем можно рассматривать как узловые точки, через которые происходит передача энергии от источников к ПЭ.

Выбор и размещение указанных узловых точек в основном зависит от трех факторов:

- структурной схемы СЭС;
- размещения потребителей электроэнергии по территории района или предприятия;
- типовой конфигурации электрической сети (разомкнутая, замкнутая или существенно разветвленная).

Все три фактора при решении данной задачи предполагаются известными. Тогда множество вариантов выбора и размещения узловых точек определяется допустимыми зонами и трассами прокладки электрических сетей. Выбор конечного варианта из указанного множества также является решением оптимизационной задачи, удовлетворяющей критерию минимума приведенных затрат, а также требованиям надежности электроснабжения. В самом простейшем случае за критерий оптимальности можно принять минимум суммарной длины электрических сетей.

3. Разработка принципиальных электрических схем.

Эта задача требует детализации схем подстанций и других узловых элементов СЭС путем выбора силового и коммутационного оборудования, исполнения электрических сетей (воздушные, кабельные, токопроводы, шинопроводы), количества трансформаторов на ПС. Выбор, как правило, осуществляется на заданном множестве соответствующих элементов, выпускаемых промышленностью, и типовых схем подстанций. В целом задача может иметь ряд вариантов решения и в общем случае также относится к классу оптимизационных задач. В результате решения должны быть получены принципиальные электрические схемы и полный перечень всех элементов, входящих в схему.

4. Выбор элементов и функциональный анализ СЭС.

После разработки принципиальных схем необходимо выбрать элементы ЭЭС – типы и мощность трансформаторов, типы и сечения проводов и кабелей ЛЭП, а также трасс их прокладки, типы выключателей и другого подстанционного оборудования. Выбор элементов осуществляется по ряду технических и экономических критериев (для проводников – экономической плотности тока, допустимому нагреву расчетным током и др., для силовых выключателей – рабочему току, коммутационной способности и др.).

Выбор элементов сопровождается проверкой работоспособности схем СЭС с учетом требований качества и надежности электроснабжения в рабочих и аварийных режимах. Например, при проектировании электрических сетей энергосистемы требуется проверить выполнение требований к качеству напряжения в узлах сети в режиме минимальных и максимальных нагрузок, при проектировании СЭС предприятий – к провалам напряжения при кратковременных повышениях нагрузки, пуске высоковольтных электродвигателей или токах короткого замыкания на различных режимах.

Функциональный анализ обычно осуществляется путем математического моделирования работы ЭЭС на ЭВМ.

Последовательное решение указанных выше задач определяет основное содержание этапов проектирования. Завершаются эти этапы выпуском проектной документации, предусмотренной стандартом, в которой должны быть отражены спецификация электрооборудования СЭС на уровне принципиальных однолинейных схем, схемы размещения узловых подстанций в географическом пространстве, принципиальные схемы СЭС, планы расположения ЭП, расчетные нагрузки, расчет токов коротких замыканий, кабельные и кабельно-трубные журналы, технико-экономическое обоснование проекта.

1.4. Функциональная структура САПР

Функциональная структурная схема современной САПР СЭС представлена на рис. 1.

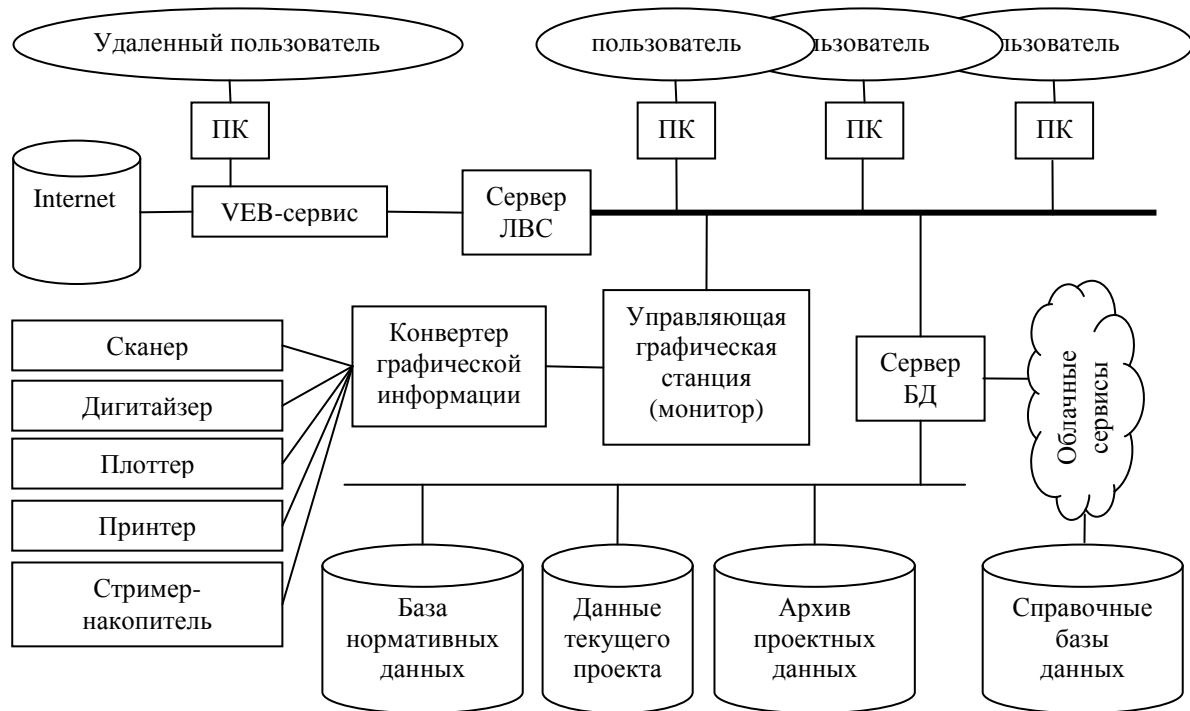


Рис. 1

Центральное место в структуре занимает система управления процессом проектирования – управляющая графическая станция, которая работает на базе штатной операционной системы ПЭВМ.

Она представляет собой системный комплекс – программный монитор, организующую взаимодействие между всеми программными компонентами САПР. Эта часть общего комплекса вызывает необходимые служебные программы, дает им задания на исполнение, получает результаты исполнения и т.п.

Связь конструктора проекта СЭС с программным монитором, а через него и с другими разработчиками этого проекта, осуществляется через локальную сеть ПЭВМ, поддерживаемую сервером локальной сети.

Через программный монитор и конвертер к САПР с использованием набора драйверов подключается комплекс аппаратных средств (сканер, дигитайзер, графопостроитель, сетевой принтер, стример-накопитель на магнитной ленте и т.д.).

Вся информация, необходимая для организации и реализации процесса проектирования, хранится в электронной базе данных (БД). База

данных поддерживается (управляется) сервером БД, который может быть установлен как на отдельной ПЭВМ, так и входить в состав программного монитора САПР, а в комплексе составлять систему управления базами данных (СУБД).

СУБД включает три основных раздела данных:

- справочно-нормативные данные;
- данные текущего проекта СЭС;
- данные архивных проектов, ранее выполненных в САПР.

Архивные данные можно хранить не только на жестких дисках ПЭВМ, но и на отдельных магнитных носителях, и устанавливать в САПР по мере необходимости. Для этой цели в составе САПР предусмотрен стример-накопитель.

В свою очередь в разделах СУБД можно выделить ряд подразделов. Например, в проектных данных можно выделить отдельно геометрическую модель монтажного пространства. Связь между разделами СУБД и разбиение на подразделы в основном определяется логической структурой построения информационной модели СЭС. Следует особо подчеркнуть, что в СУБД, в частности, в справочно-нормативной базе данных, должны храниться данные не только в алфавитно-цифровой форме, но и в графической, например, стандартные изображения элементов схем (блоки) или типовые схемные решения (модели).

Программный монитор САПР может иметь связь с облачными структурами, содержащими БД справочной информации, типовых решений и расчетов различного назначения.

Имеется возможность выхода в интернет для поиска некоторой недостающей информации общего характера.

Для обработки различных видов данных в процессе проектирования и обеспечения его реализации в полном объеме в структуре САПР предусмотрены специальные программы – инструментальные средства. В состав программного инструмента входят кроме СУБД системы машинной графики, выпуска графической и алфавитно-цифровой конструкторской документации и организации диалога при вводе и выводе графической и текстовой документации (программные интерфейсы). Применение единых инструментальных средств существенно облегчает процесс разработки новых прикладных модулей и внесения изменений в действующие модули, делая тем самым САПР открытой системой, готовой к постоянному совершенствованию.

Используя имеющийся арсенал программных инструментальных средств и СУБД, монитор управляет работой прикладных программных комплексов (ПК), предназначенных для решения отдельных задач проектирования как в автономном, так и в конвейерном режимах работы. При-

кладные ПК могут реализовать различные сценарии организации процесса проектирования в САПР в зависимости от конкретных задач, алгоритмов их решения и общности отдельных процедур проектирования.

1.5. Подсистемы САПР

Системы автоматизированного проектирования относятся к числу сложных систем, характеризующихся большим разнообразием составных элементов и решаемых задач. Для удобства пользования средства автоматизированного проектирования объединяются в подсистемы САПР.

Подсистема САПР – это выделенная по определенным признакам часть САПР, обеспечивающая получение законченных решений и соответствующих проектных документов.

Основным структурным элементом САПР любого уровня сложности является функциональная проектирующая подсистема.

По отношению к объекту проектирования можно выделить два вида подсистем: объектно-ориентированные (объектные) и объектно-независимые (инвариантные).

Функциональные объектные подсистемы выполняют определенные проектные процессы на основе конкретных исходных данных с учетом специфики объекта проектирования.

Инвариантные проектирующие подсистемы позволяют получать технические решения, не зависящие от отрасли промышленности (схемы управления, компоновки РУ, раскладка кабелей в туннеле и т.п.).

Проектирующие подсистемы включают компоненты САПР, под которыми понимаются средства обеспечения, выполняющие определенные функции.

В САПР электрической части промышленного предприятия в качестве основных функциональных подсистем могут быть выделены подсистемы проектирования электроснабжения, силового электрооборудования, электрического освещения, линий электропередачи, подстанций и т.п.

Функциональные подсистемы САПР должны быть взаимосвязаны и опираться на общую информационную базу. Каждая функциональная подсистема базируется на едином комплексе средств автоматизации проектирования, включающем вычислительные системы, автоматизированные банки данных и т.п.

Функциональная часть САПР обслуживается комплексом подсистем общего назначения. К ним относятся подсистемы:

- графического отображения объекта и его элементов;
- кодирования, контроля и преобразования информации;

- выпуска сметной документации;
- оформления и тиражирования проектной документации;
- управления БД;
- информационного поиска и т.п.

Свойства и возможности САПР существенно зависят от обеспечивающих подсистем.

Среди функциональных подсистем САПР электрической части промышленного предприятия одной из основных является подсистема проектирования электроснабжения. С ее помощью в интерактивном режиме проводятся необходимые расчеты и решаются информационно-логические задачи с целью выпуска проектной документации.

Подсистема строится на следующих основных принципах:

- минимальном количестве исходных данных для получения требуемой выходной документации;
- возможности общения проектировщика с ЭВМ на различных этапах обработки информации;
- допустимости корректировки исходной и нормативно-справочной информации, а также программного обеспечения без нарушения функционирования подсистемы в целом;
- возможности построения новой конфигурационной модели электрической сети на основе ранее введенной информации;
- получении от ЭВМ документов, пригодных для непосредственной комплектации проекта.

Подсистема проектирования электроснабжения функционально и информационно связана с другими подсистемами САПР электрической части промышленного предприятия: проектированием схем расположения силового электрооборудования, расчетами электрической нагрузки, падения напряжения на участках, токов короткого замыкания, структурной оптимизацией, расчетом схем электрического освещения и др. Поэтому эти подсистемы должны иметь общую информационную базу.

1.6. Виды обеспечения САПР

Средства автоматизации проектирования можно сгруппировать по видам обеспечения САПР.

Техническое обеспечение САПР. Представляет собой совокупность взаимосвязанных и взаимодействующих технических средств (ПЭВМ различных классов, оборудования локальной сети ПЭВМ, xDSL-модемов,

систем ввода и вывода графической и текстовой информации и т.п.), предназначенных для выполнения автоматизированного проектирования.

Математическое обеспечение САПР. Включает математические модели проектируемых объектов, методы и алгоритмы для решения задач и обработки информации с применением вычислительной техники.

Элементы математического обеспечения САПР весьма разнообразны. К ним относятся методы численного решения алгебраических и дифференциальных уравнений, поиска экстремума, оптимизации, а также решения разнообразных задач электроэнергетики.

Практическое использование математического обеспечения осуществляется на основе разработки программ для ПЭВМ.

Программное обеспечение – это совокупность программ для обработки данных на машинных носителях информации и сопровождающих их эксплуатационных документов. Программное обеспечение САПР делится на общесистемное и прикладное (специальное).

Общесистемное программное обеспечение предназначено для организации функционирования технических средств и представлено в САПР операционными системами ЭВМ и вычислительных комплексов.

Прикладное программное обеспечение САПР предназначено для решения разнообразных задач проектирования. Его состав зависит от проектируемого объекта, специфики и объема задач, решаемых конкретной САПР. Прикладные программы разрабатываются на основе математического обеспечения. Разработка программ является одним из наиболее трудоемких и ответственных процессов при создании САПР.

Так, например, основной задачей проектирования электроснабжения предприятия является создание оптимального проекта системы электроснабжения, соответствующей действующим нормам и правилам, имеющей наименьшие затраты при строительстве и монтаже электротехнических сооружений и обеспечивающей надежную, удобную и экономичную эксплуатацию электроустановок.

Для этого в составе программного обеспечения САПР необходимо иметь пакет прикладных программ для ЭВМ, позволяющих решать частные задачи проектирования СЭС:

- разработку графической схемы СЭС;
- выбор оборудования СЭС из БД (расширение и дополнение БД);
- формирование спецификаций и ведомостей;
- расчет электрических нагрузок;
- выбор числа, мощности и места размещения подстанций;
- выбор напряжения питающей и распределительной сети;

- распределение электрических нагрузок по подстанциям;
- расчет систем компенсации реактивной мощности;
- расчет сечений проводников электрических сетей;
- расчет токов КЗ и т.п.

Структура подсистемы проектирования электроснабжения определяется составом пакета прикладных программ. В пакете прикладных программ могут выделяться управляющая и обрабатывающие части.

Информационное обеспечение. Представляет собой совокупность единой системы классификации и кодирования технико-экономической информации, унифицированных систем документации и массивов информации, используемых в САПР. Информационное обеспечение объединяет разнообразные данные, представленные в виде тех или иных документов на различных носителях информации.

Лингвистическое обеспечение. Включает специальные языковые средства (языки проектирования), предназначенные для описания процедур автоматизированного проектирования и проектных решений. Основную часть лингвистического обеспечения составляют языки общения человека с ЭВМ.

Методическое обеспечение. Охватывает документы, отражающие состав, правила отбора и эксплуатации средств автоматизированного проектирования.

Организационное обеспечение. Включает документы (положения, инструкции, приказы, штатные расписания, квалификационные требования и т.п.), регламентирующие организационную структуру подразделений проектной организации и их взаимодействие с комплексом средств автоматизированного проектирования.

2. СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ AutoCAD

2.1. Организация работы в AutoCAD

2.1.1. Интерфейс AutoCAD

Наиболее распространенной САПР общего пользования является программа AutoCAD разработки фирмы «Autodesk» США. Российский аналог – САПР КОМПАС (КОМПлекс Автоматизированных Систем проектирования).

В последнее время фирма «Autodesk» выпускает новые усовершенствованные версии своего продукта практически ежегодно, поэтому в ос-

нову изучения положена версия AutoCAD 2014. Эта версия является достаточно продвинутой и в то же время по интерфейсу пользователя совместима с предыдущими версиями. Изучив интерфейс этого программного продукта линейки САПР, студент сможет с минимальными затратами времени разобраться и в последующих версиях (или понять предыдущие).

Запуск системы осуществляется с помощью двойного щелчка левой кнопки мыши по ярлыку AutoCAD 2014, расположенному на рабочем столе, или из меню «Пуск» рабочего стола Windows.

Сразу после старта системы открывается стандартное окно 2-координатной модели проектирования (рис. 2).

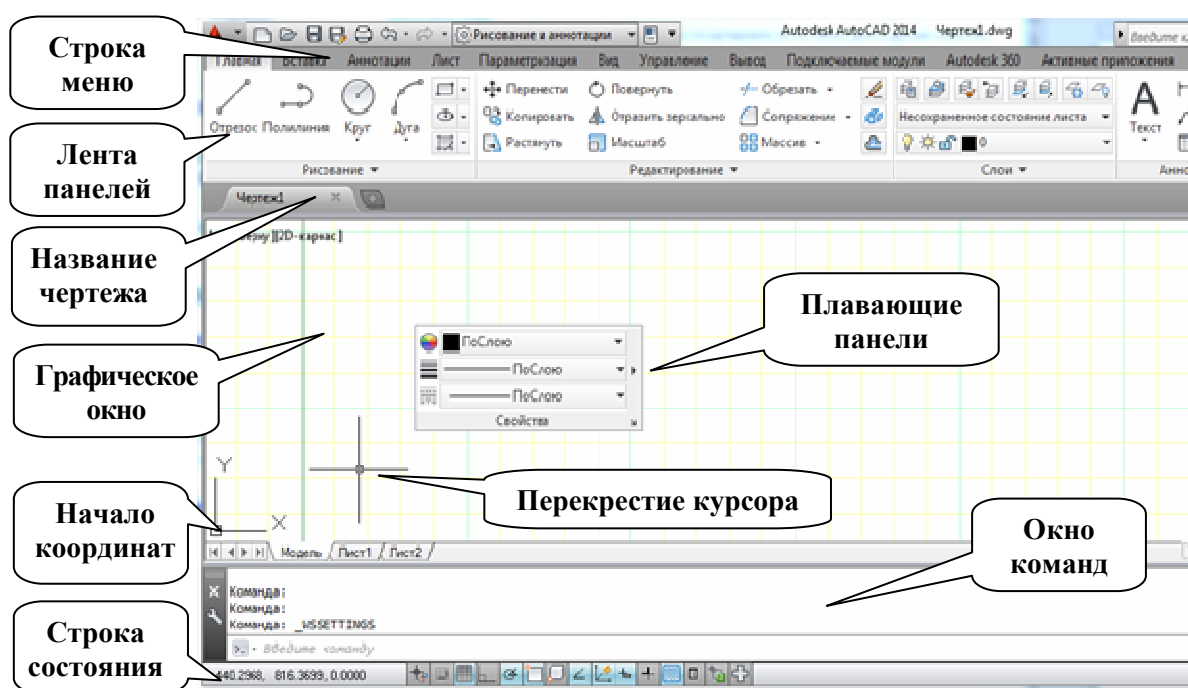


Рис. 2

Здесь следует отметить, что для проектирования топологических структур электрических распределительных сетей и их элементов, в отличие от архитектурных или машиностроительных чертежей, 3-координатная модель САПР не используется или используется крайне редко, поэтому при инсталляции программного пакета необходимо придерживаться политики развертывания и использования 2-координатной модели.

Для проектирования электрических схем используется 2D-модель, поэтому на поле пользовательской модели, справа вверху, можно видеть надпись *[-][Сверху][2D-каркас]*, которая обозначает, что используется видовой куб с видом сверху на каркасную плоскую схему.

Для обеспечения преемственности версий перейдем к классической форме представления AutoCAD через панель адаптации (рис. 3).

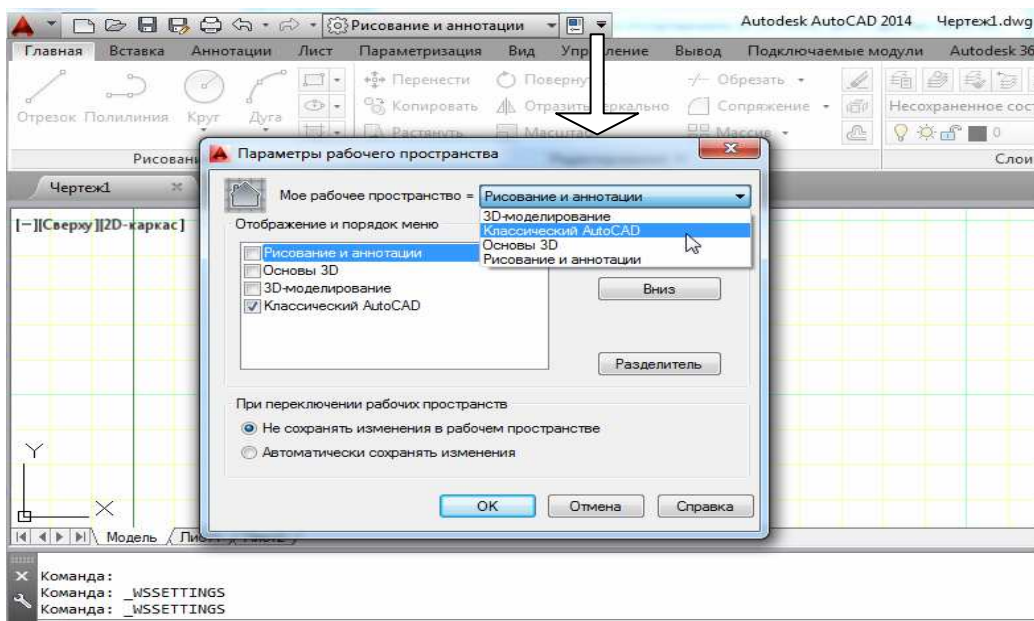


Рис. 3

После преобразования окно AutoCAD 2-координатной модели проектирования примет следующий вид (рис. 4).

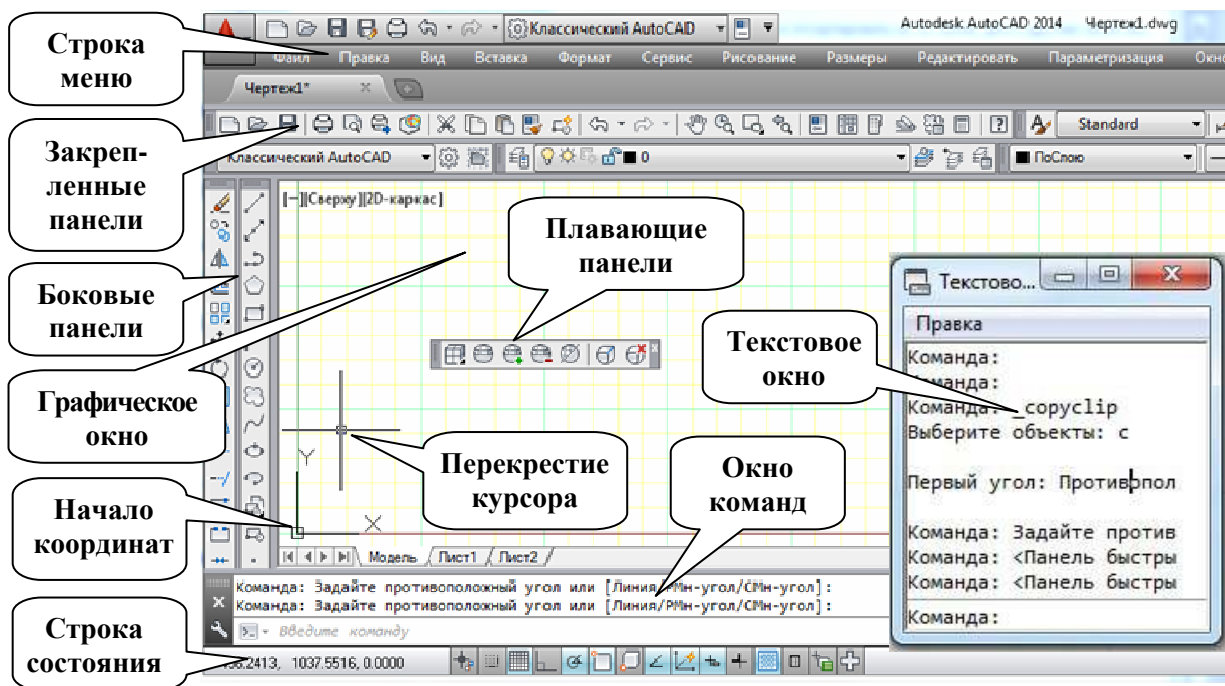


Рис. 4

В строке меню высвечиваются заголовки ниспадающих меню. Вызов конкретного пункта осуществляется щелчком мыши сначала на заголовке меню, а затем на имени нужного пункта.

Другой способ вызова – однократное нажатие клавиши ALT сопровождается подчеркиванием активных букв в заголовках меню. Эти буквы нажимаются на клавиатуре, ниспадает соответствующий список меню, после чего необходимо клавишами-стрелками установить курсор на нужный пункт и нажать <Enter>.

В строке состояния (статусной строке) отображаются координаты перекрестья курсора и состояние режимов рисования, таких как «Шаг» и «Сетка». Имена режимов постоянно присутствуют в статусной строке в виде экранных кнопок. Щелчок на кнопке переключает указанный на ней режим в противоположное состояние. Сама кнопка окрашивается в голубой, если режим активирован, или серый, если режим деактивирован, цвет.

В графическом окне отображается рисунок AutoCAD и ведутся все операции по его редактированию.

Перекрестье курсора, которое управляется устройством указания (обычно в качестве последнего используется мышь), предназначено для указания точек, выбора объектов рисунка или области графического окна.

Окно команд служит для ведения диалога с пользователем и вывода сообщений ACAD при выполнении команд. В окне имеется командная строка, в которой пользователь указывает команды для управления работой ACAD.

Просмотреть большую часть протокола работы команд можно, переключившись в текстовое окно нажатием клавиши F2. При наличии в окне команд более одной строки перемещение по строкам осуществляется с помощью полосы прокрутки.

Текстовое окно, которое вызывается нажатием клавиши F2, служит для показа протокола введенных пользователем команд и сообщений, выданных программой. В нем, как и в окне команд, можно вводить команды и наблюдать подсказки и сообщения.

В отличие от окна команд в текстовом окне содержится полный протокол текущего сеанса. Переход в текстовое окно обычно выполняется при просмотре результатов команд с интенсивным текстовым выводом.

Нажатие F2 при активном текстовом окне вызывает всплытие окна приложения поверх текстового окна. Если какое-либо из окон свернуто, нажатие F2 приводит к восстановлению его полного размера. Если открыты и графическое, и текстовое окна, клавиша F2 работает как переключатель между ними.

Панели инструментов (закрепленные, плавающие или боковые) – содержат наборы различных видов команд AutoCAD, представленных в виде пиктограмм (рис. 5).



Рис. 5

Отображение панелей можно отключать и включать. Вызов набора панелей выполняется через меню **Сервис / Панели инструментов / AutoCAD**. При этом появится полный набор панелей инструментов AutoCAD. Нужные панели отмечаются галочкой при нажатии любой из кнопок мыши.

Кроме того, существует функция создания новых панелей.

Панель может быть *плавающей* или *закрепленной*. Плавающие панели могут располагаться в любом месте области рисования окна AutoCAD. Их можно перемещать в любое другое место и закреплять, а также изменять их размеры. Закрепленные панели примыкают к одному из краев области рисования. Размеры закрепленной панели нельзя изменить. Ее можно отбуксировать в другое место. Закрепление панелей можно блокировать от последующего перемещения.

Некоторые действия и наборы команд доступны через *контекстные меню*, которые вызываются нажатием правой кнопки мыши в различных зонах экрана.

Как правило, контекстные меню предлагают следующие действия:

- повтор последней команды;
- прерывание текущей команды;
- вырезание и копирование в буфер обмена, вставка из буфера обмена;
- выбор различных опций команды;
- вызов диалоговых окон «Настройка», «Адаптация» или «Свойства»;
- отмена результата действия последней выполненной команды.

2.1.2. Ввод команд

Ввод команд AutoCAD может производиться любым из следующих способов: выбором пункта меню, щелчком на пиктограмме панели инструментов, вводом имени команды с клавиатуры в окне команд.

Большая часть команд AutoCAD доступна либо посредством меню, либо через панель.

Для ввода команды с клавиатуры и ее выполнения следует ввести полное имя команды в командной строке, затем нажать клавишу <Enter> или < Пробел >, либо щелкнуть правой кнопкой мыши.

Большинство команд в ходе выполнения требует от пользователя задания различных режимов их работы – опций. Ввод опций для некоторых команд производится в командной строке, в то время как другие команды предоставляют для этого специальные *диалоговые окна*.

Для задания опции в командной строке достаточно напечатать хотя бы часть ее, выделенную заглавными буквами, после чего необходимо нажать клавишу <Enter>. Для выбора опции в диалоговом окне нужно щелкнуть на ней устройством указания, а затем нажать кнопку ОК.

Например, при вводе **КРУГ** в командной строке выдается подсказка:

3Т/2Т/ККР/<Центр>: – вид подсказки для AutoCAD 2007 и ранее;

Центр круга или [3Т 2Т ККР]: – современный вид подсказки.

Угловые скобки, в которые заключено слово «Центр», означают, что данная опция является текущей. Задать точку центра можно либо набором координат *X, Y* на клавиатуре, либо указанием точки на экране.

Квадратные скобки содержат альтернативные способы ввода опций команды. Для выбора опции достаточно ввести ее часть, выделенную прописными буквами. Регистр здесь значения не имеет. Например, для построения круга по трем точкам (опция 3Т) нужно ввести 3Т.

Удаление лишних символов в командной строке производится клавишами BACKSPACE и DEL.

Для *повторного вызова* последней команды следует нажать либо <Enter>, либо < Пробел >, либо кнопку ввода устройства указания (правая клавиша мыши). Та же цель может быть достигнута вводом **МНОГОРАЗ** в командной строке перед именем команды (через пробел), например: **МНОГОРАЗ КРУГ**.

Для *прерывания* команд используется клавиша **ESC**.

В AutoCAD имеется возможность отмены действия последней или нескольких последних команд. Отмена действия команды производится командой **ОТМЕНИ**. В раскрывающемся списке опций можно выбрать несколько команд в различных сочетаниях (по умолчанию – одна).

Восстановление отмененной команды возможно с помощью команды **ПОВТОРИТЬ**, которая должна вызываться сразу же после отмены.

Некоторые команды могут вызываться *прозрачно*, т.е. в процессе выполнения других команд. К их числу относятся, например, команды смены режимов рисования, такие как **ШАГ**, **СЕТКА** или **ПОКАЗАТЬ**.

Для *прозрачного* вызова перед именем команды должен следовать апостроф ('). Например, для изменения видимой области рисунка в ходе

работы команды **ОТРЕЗОК** следует ввести **'ПОКАЗАТЬ'**. После завершения команды **'ПОКАЗАТЬ'** выполнение команды **ОТРЕЗОК** возобновляется.

Команда **СЕТКА** управляет режимом отображения на экране вспомогательной разметки в виде точек или линий.

Команда **СЕТКА** имеет следующие опции:

- *Вкл / Откл* – включение/отключение сетки на экране (F7);
- *Шаг привязки* – задает шаг сетки, равный шагу перемещения курсора;
- *Основной* – частота основных линий сетки;
- *Адаптивный* – ограничение плотности линий при уменьшении масштаба;
- *Лимиты* – отображение линий сетки за границами заданной области;
- *Следующий* – изменение плотности сетки за границами области;
- *Аспект* – позволяет задать шаг перемещения курсора с различным значением перемещения по осям X, Y.

Пример обращения к команде из командной строки:

Команда: **СЕТКА – Шаг сетки(X) или [Вкл оТкл Шаг оСНовой аДапт лИмиты сЛед Аспект] <10.0000>**: (вводимое число).

2.1.3. Настройка рабочей среды рисования и единиц измерения

При открытии имеющегося рисунка все системные настройки рабочей среды принимают значения, которые они имели в ходе последнего сеанса работы с ним. То же происходит и при настройке рабочей среды *по шаблону*.

Если же рисунок начинается вновь, пользователю следует задать ряд параметров рабочей среды и режимов работы (рабочих установок), к которым относятся следующие:

- *единицы изменения* - задают систему мер при построении и редактировании объектов: футы и дюймы, миллиметры, мили и т.п.;
- *сетка координатная* – выводится на экран для удобства ориентации в текущих единицах и представляет собой набор точек, расположенных на заданном расстоянии друг от друга. Это, в частности, предохраняет от грубых ошибок рисования в случаях частой смены экранного увеличения рисунка;
- *лимиты чертежа* – указывают, какая часть графической области AutoCAD предназначена для рисования. Сетка изображается только в пре-

делах лимитов. Кроме того, лимиты воздействуют на некоторые из операций по изменению видимой части рисунка;

– *шаговая привязка* (дискретное перемещение курсора) – позволяет производить точное указание координат. Величина шага не обязательно должна равняться расстоянию между узлами сетки; например, при интервале сетки, равном 4 мм, можно установить шаг 1 мм.

AutoCAD позволяет менять установки и в ходе сеанса, если в этом возникает необходимость. Для этого используют следующие команды: **ЕДИНИЦЫ, ШАГ, СЕТКА, ЛИМИТЫ**.

По ходу работы изменение параметров рабочей среды можно выполнить с помощью управляющего окна «Режимы рисования» (рис. 6), которое вызывается из раздела главного меню **Сервис / Режимы рисования**.

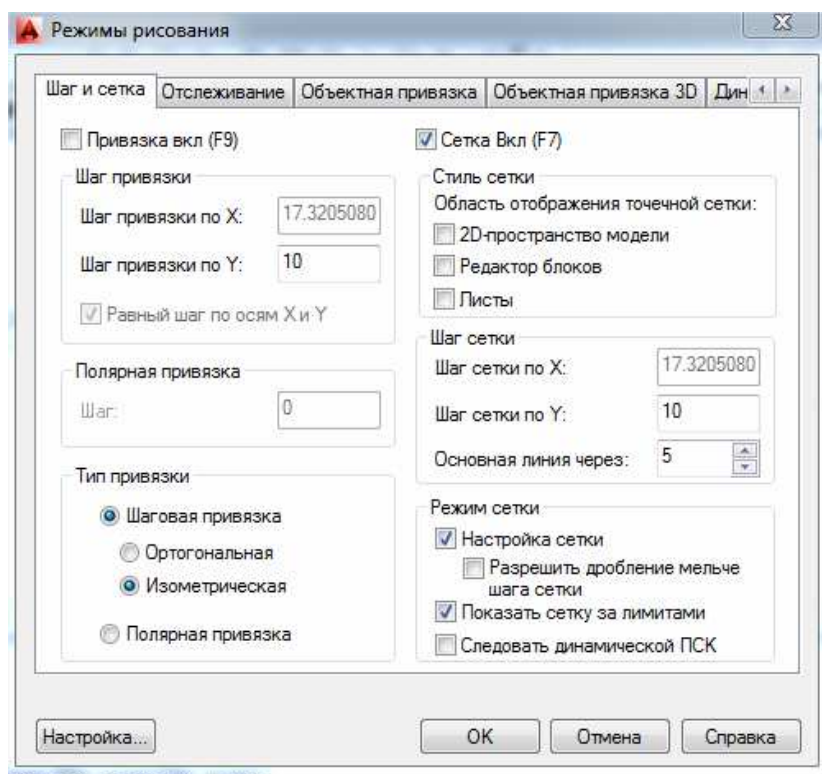


Рис. 6

Если требуется, чтобы создаваемые линии проходили параллельно горизонтальной или вертикальной оси координат, следует включить режим «Орто» нажатием пиктограммы в строке состояния или клавиши F8.

Установленный набор параметров сеанса можно сделать доступным и в последующих вновь создаваемых рисунках. Для этого следует сохранить рисунок как шаблон, назвав его *по своей фамилии и порядковому номеру*.

Шаблон обычно представляет собой рисунок, не содержащий никаких графических объектов и используемый только для хранения стандартных значений системных переменных.

При начале работы в 2D-режиме AutoCAD предлагает выбрать имеющиеся шаблоны из списка. Обычно это шаблон *Чертеж1.dwg*.

2.1.5. Координаты: виды, способы указания и контроля

При работе в двумерном пространстве задание точек производится в плоскости XU . Эта плоскость называется также плоскостью построений и подобна листу бумаги в клетку. Координата X определяет расстояние от начала координат по горизонтали, координата Y – по вертикали. Началом координат $(0, 0)$ считается точка пересечения координатных осей.

Двумерные координаты некоторой точки могут вводиться как в *декартовой* (прямоугольной), так и в *полярной* форме.

Декартовы координаты X и Y характеризуют смещение точки от начала координат в положительном направлении по оси абсцисс X и оси ординат Y . При вводе декартовы координаты разделяются запятой – X, Y .

Полярные координаты R и α характеризуют длину отрезка R , соединяющего описываемую точку с началом координат и угол наклона этого отрезка к горизонтальной оси α . При вводе полярные координаты разделяются символом открывающей угловой скобки « \langle ». Например, для указания точки, находящейся на расстоянии 1 единица и под углом 45 градусов, нужно ввести $1 \langle 45$.

В обоих случаях координаты можно задавать либо в *абсолютном*, либо в *относительном* виде.

Абсолютные координаты отсчитываются от начала координат $(0, 0)$.

Относительные – от последней указанной точки (т.е. за начало координат принимается последняя указанная точка). Для указания координат в относительном виде перед координатами указывается символ @, например, декартовы координаты @-4, 2; полярные – @1 \langle 45.

На рис. 7 иллюстрируются координаты точек в плоскости XU . Координаты $(8, 5)$ говорят о том, что точка смещена от начала координат на 8 единиц в положительном направлении оси X и на 5 единиц в положительном направлении оси Y . Координатами $(-4, 2)$ представляется точка, находящаяся в 4 единицах в отрицательном направлении оси X и 2 единицах в положительном направлении оси Y от начала координат.

Если какая-либо из команд AutoCAD предлагает указать точку, это можно сделать либо *с помощью мыши*, либо *вводом значений координат* (явное задание) в командной строке.



Рис. 7

AutoCAD отображает текущие значения координат курсора в статусной строке. При нажатии клавиши F12 или пиктограммы в статусной строке координаты курсора отображаются и в динамическом окне, как это показано на рис. 8.

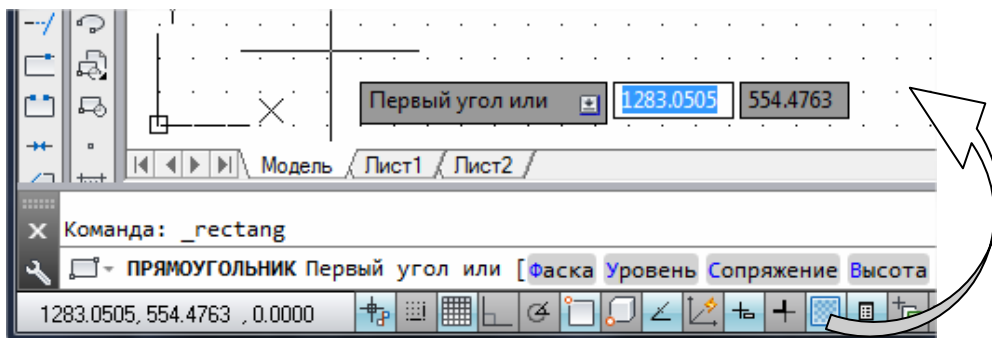


Рис. 8

Переключение режима отображения координат производится клавишей F6 или комбинацией CTRL+D.

Указание координат точки при запросе команд может производиться с клавиатуры или курсором с помощью устройства указания. Для точного указания точки в рабочей области чертежа с помощью курсора используются *шаговая* или *объектная привязка* курсора.

Шаговая привязка включается для задания перемещения курсора только по определенным точкам, расположенным в узлах воображаемой сетки, ячейки которой задаются с помощью команды **ШАГ**.

Команда **ШАГ** имеет следующие опции:

- *Вкл / Откл* – включение / отключение шага курсора к сетке;
- *Аспект* – позволяет задать шаг перемещения курсора с различным значением перемещения по осям X, Y;

- *Legacy* – постоянная или пооперационная привязка курсора;
- *Стиль* – задает стандартный или изометрический шаг;
- *Тип* – привязка к полярным или ортогональным координатам.

Пример вызова команды:

ШАГ – Шаг привязки или [Вкл Откл Аспект Legacy Стиль Тип] <10.0>: (число).

Объектная привязка курсора позволяет привязывать курсор к характерным точкам уже имеющихся объектов на рабочем пространстве чертежа (центры кругов, середины отрезков, места пересечения линий и др.). Примеры характерных точек привязки приведены на рис. 9.

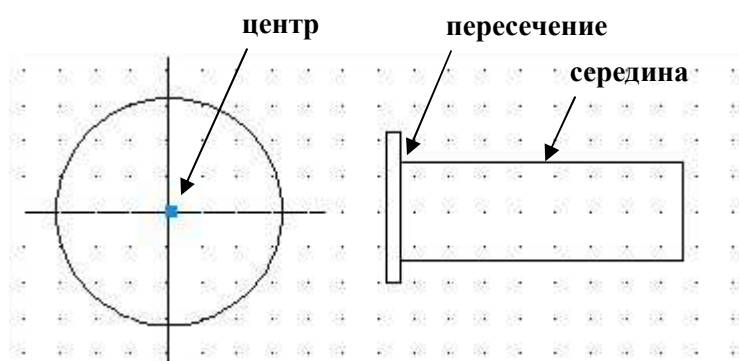


Рис. 9

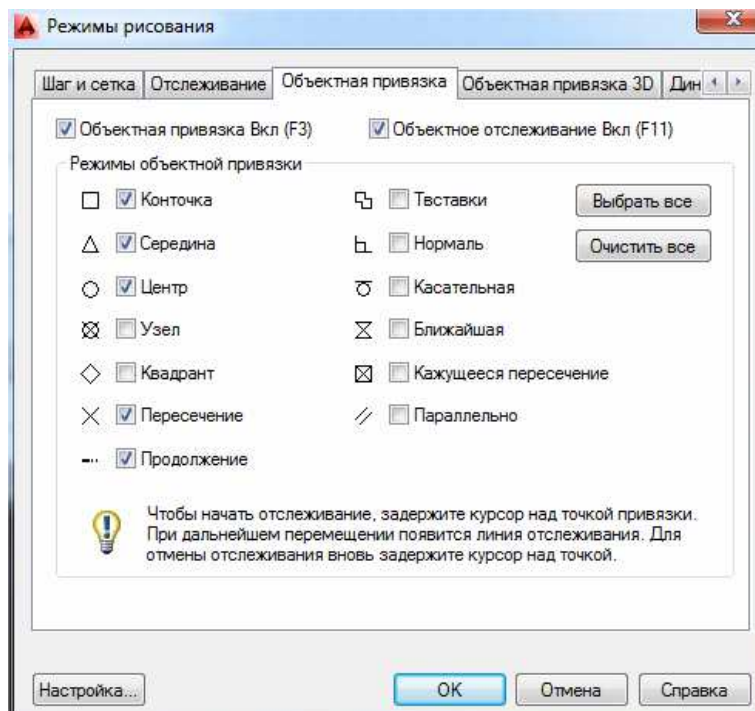


Рис. 10

При перемещении курсора вблизи характерной точки привязки указатель мыши «примагничивается» к такой точке, изменяет свой цвет и форму в зависимости от типа точки привязки.

Режим объектной привязки может быть отключен нажатием соответствующей пиктограммы в строке состояния или клавиши F3.

Настройка режима привязки осуществляется в диалоговом окне «Режимы объектной привязки» (см. рис. 10). Окно активизируется через меню **Сервис / Режимы рисования** или меню, появляющегося при нажатии правой кнопкой мыши на пиктограмме «Объектная привязка» в строке состояния.

2.1.6. Управление изображением на экране

При выполнении чертежей, рисунков или схем из-за ограниченного пространства экрана монитора возникает необходимость управления изображением на экране. Команда **ПОКАЗАТЬ** увеличивает изображение на экране так, что становятся видны мелкие детали, или уменьшает его для просмотра большого рисунка в целом на ограниченном пространстве монитора.

Команда **ПОКАЗАТЬ** имеет различные способы управления изображением чертежа в видовом экране, которые доступны через следующие опции:

- *Все* – вывод всего рисунка в видовом экране;
- *Центр* – центровка изображения относительно некоторой точки;
- *Динамика* – позволяет выбрать область рисунка для вывода на экран с помощью динамической рамки, размеры которой всегда пропорциональны размерам видового экрана. Положение рамки и ее площадь относительно всего чертежа можно изменять, используя устройство указания;
- *Границы* – изображает текущий рисунок на видовом экране;
- *Предыдущий* – восстанавливает до 10 предыдущих видов изображения;
- *Масштаб (X/XЛ)* – масштабирование отображения чертежа абсолютно (*X*) или относительно текущего (число *X*) отображения;
- *Рамка* – вывод части рисунка, ограниченной задаваемой пользователем рамкой, во весь экран;
- *Объект* – максимальное увеличение одного или нескольких объектов;
- *Реальное время* – непосредственное изменение размеров чертежа на видовом экране пропорционально перемещению мыши вверх (увеличение) или вниз (уменьшение) при нажатой левой кнопке мыши.

Доступ к команде **ПОКАЗАТЬ** и ее различным опциям возможен из меню **Вид / Зуммирование**, а также через пиктограммы на панели инструментов «Стандартная».

При выполнении чертежа на экране появляются маркеры, отмечающие указываемые точки. Для очистки изображения на экране от таких элементов и обновления монитора его можно *перерисовывать* или *регенерировать*. При регенерации кроме перерисовки изображения текущего видового экрана производится пересчет экранных координат всех объектов базы данных рисунка. Таким образом, перерисовка происходит быстрее, чем регенерация.

Перерисовка изображения осуществляется командой **ОСВЕЖИТЬ**, которая активизируется пользователем из командной строки, или из меню **Вид / Освежить**, а также с помощью соответствующей пиктограммы на панели «Стандартная».

Регенерация рисунка осуществляется командой **РЕГЕН** или из меню **Вид / Регенерировать**.

2.2. Построение объектов в AutoCAD

С помощью средств рисования AutoCAD можно создавать различные объекты – от простейших отрезков и окружностей до сплайновых кривых, эллипсов и заштрихованных областей.

При рисовании объектов AutoCAD требует указывать опорные точки для их построения, а также некоторые размеры, которые пользователь должен указать либо с помощью мыши, либо вводом координат или размеров в командной строке.

Команды построения объектов доступны из меню **Рисование** или из панелей инструментов и объектов.

2.2.1. Построение линейных объектов

Линии могут быть выполнены *отрезками* (одиночными или объединенными в ломаную линию) или *полилиниями*.

Команда **ОТРЕЗОК** используются, если требуется работа с каждым сегментом линии в отдельности. Если же необходимо, чтобы набор линейных сегментов был единым объектом, лучше применять команду *Полилиния*.

Команда **ОТРЕЗОК** имеет следующие опции:

- *Отменить* – отменяет построение последнего отрезка;
- *Замкнуть* – соединяет начало первого отрезка с концом последнего.

Для рисования нового отрезка с началом в конечной точке последнего из нарисованных отрезков нужно вновь вызвать команду **ОТРЕЗОК** и в ответ на запрос указания первой точки нажать <Enter>.

В примерах построения отрезков, приведенных ниже, для указания положения точек использованы декартовы и полярные координаты в абсолютном и относительном виде.

Пример 1

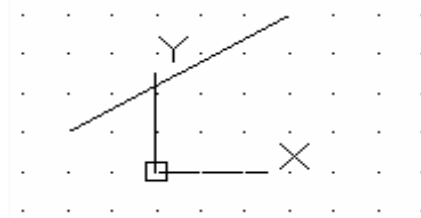
Построить отрезок с началом в точке (-2, 1) и концом (3, 4).

Команда: **ОТРЕЗОК**

Первая точка: -2,1

Следующая точка или [oTm]: 3,4

Следующая точка или [oTm]: ESC



Пример 2

Построить равносторонний треугольник, одна из вершин которого имеет координаты (30, 60), а основание длиной 50 мм наклонено к горизонтали на угол 30°.

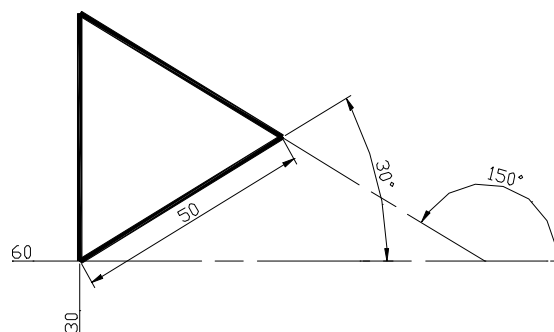
Команда: **ОТРЕЗОК**

Первая точка: 30,60

Следующая точка или [oTm]: @50<30

Следующая точка или [oTm]: @50<150

Следующая точка или [Замк/oTm]: Зам



Линия, состоящая из прямолинейных и дуговых сегментов, образующих единый объект, строится с помощью команды **ПЛИНИЯ**.

Полилиния используется, если предполагается работа с набором линейных и дуговых сегментов как единым объектом. Причем различные сегменты могут иметь различную ширину (как по всей длине, так и в начале и конце каждого участка) и кривизну.

Команда **ПЛИНИЯ** имеет следующие опции:

- *Дуга* – переключение в режим создания дуговых сегментов полилиний. Дуги описываются заданием *угла, центра, направления* или *радиуса* с помощью соответствующих подопций. Кроме того, дугу можно построить указанием второй и конечной точек (см. команду **ДУГА**). Переход в режим создания линейных сегментов выполняется опцией *Отрезок*;

- *Замкнуть* – создание замкнутых полилиний;

- *Полуширина* – создание широких полилиний. Для каждого сегмента можно задать свое значение ширины. Кроме того, сегменты могут сужаться или расширяться, если значения ширины в начальной и конечной точках различны. Опцией «Полуширина» можно задавать расстояние от осевой линии широкой полилинии до ее края;

- *Длина* – задает длину сегмента;

- *Отменить* – отменяет ввод последнего сегмента;

- *Ширина* – аналогична опции «Полуширина». Можно задавать расстояние от осевой линии широкой полилинии до ее края.

Пример 3

Построить указатель направления в виде стрелки, выходящий из точки с координатами (20, 50).

Команда: **ПЛИНИЯ**

Начальная точка: 20,50

Следующая точка или [Дуга Полу длИна Отм Шир]: Ш

Начальная ширина <0.0000>: 5

Конечная ширина <5.0000>: 5

Следующая точка или [Дуга Полу длИна Отм Шир]: @40,0

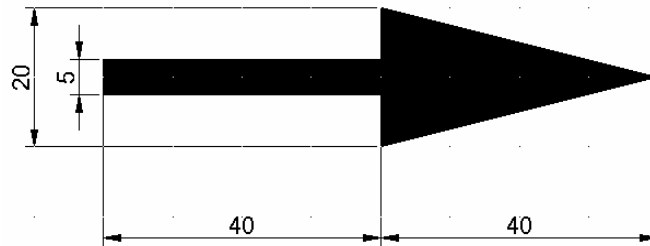
Следующая точка или [Дуга Полу длИна Отм Шир]: Ш

Начальная ширина <5.0000>: 20

Конечная ширина <20.0000>: 0

Следующая точка или [Дуга Полу длИна Отм Шир]: @40,0

Следующая точка или [Дуга Полу длИна Отм Шир]: <Enter>



Построение пучка параллельных линий (мультилиния) производится командой **МЛИНИЯ**.

Кроме отрезков и полилиний AutoCAD позволяет вычерчивать замкнутые геометрические фигуры, содержащие множество линейных сегментов, в виде *многоугольников* и *прямоугольников*.

Многоугольники представляют собой замкнутые полилинии с количеством сторон от 3 до 1024 равной длины. С помощью многоугольников можно создавать квадраты, равносторонние треугольники, правильные восьмиугольники и т.д.

Для построения многоугольника используется команда **МН-УГОЛ**, которая запрашивает число сторон фигуры, а также дополнительные параметры для построения в зависимости от выбранной опции:

- *Вписанный* – радиус окружности, в которую вписан многоугольник;
- *Описанный* – радиус окружности, вписанной в многоугольник;
- *Сторона* – начало и конец одной из сторон многоугольника.

Пример 4

Построить два шестиугольника, один из которых вписан, а второй описан относительно окружности радиусом 30 мм. Центры фигур расположены в точках с координатами (40, 130) и (120, 130).

Команда: **МН-УГОЛ**

Число сторон <4>: 6

Укажите центр многоугольника или [Сторона]: 40,130

Задайте параметр размещения [Впис в окр / Описанный] <В>: О

Радиус окружности: 30

Команда: **МН-УГОЛ**

Число сторон <6>: 6

Укажите центр многоугольника или [Сторона]: 120,130

Задайте параметр размещения [Впис в окр / Описанный] <О>: В

Радиус окружности: 30

Пример 5

Построить восьмиугольник, одна из сторон которого опирается на точки с координатами (170, 90) и (200, 80).

Команда: **МН-УГОЛ**

Число сторон <б>: 8

Укажите центр многоугольника или [Сторона]: С

Первая конечная точка стороны: 170,90

Первая конечная точка стороны: 200,80

Результаты построения многоугольников приведены на рис. 11.

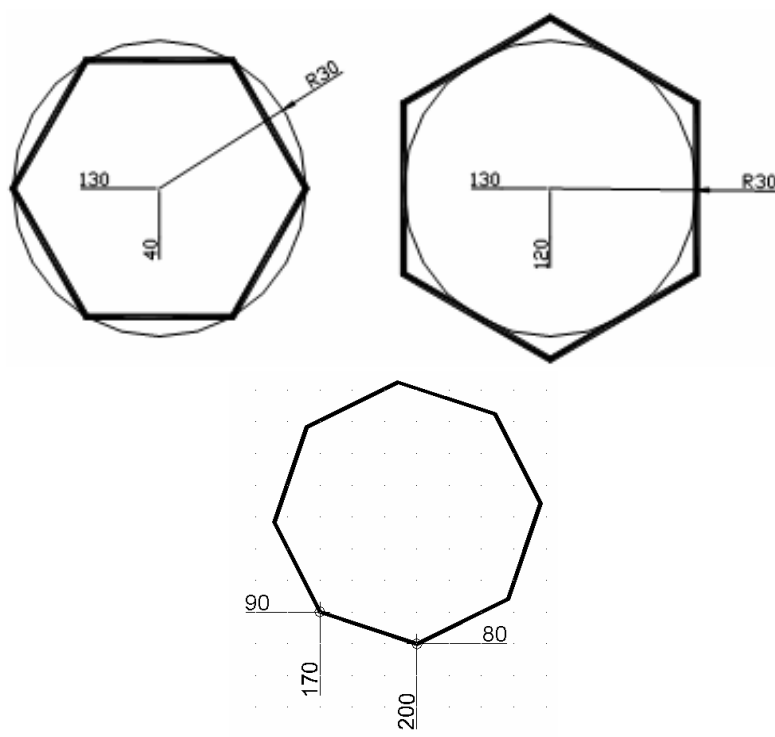


Рис. 11

2.2.2. Построение криволинейных объектов

К криволинейным объектам относятся *дуги, круги, полилинии, кольца, эллипсы* и *сплайны*, которые можно вычертить с помощью одноименных команд.

ДУГА строится с использованием различных сочетаний таких параметров, как центральная, начальная и конечная точки, радиус, центральный угол, длина и направление хорды.

Различные сочетания параметров дуги и способы их построения приведены в табл.1.

Таблица 1

Наименование способа	Порядок построения
<i>3 точки</i>	По трем точкам можно строить дуги в любом направлении (по часовой стрелке и против нее)
<i>Начало, центр, конец</i>	Дуга строится с опорой на центральную точку, против часовой стрелки от начальной точки (1) к конечной точке (3). Конечная точка находится на пересечении дуги и воображаемого луча, проведенного от центра (2) через вторую из указанных точек
<i>Начало, центр, централ. угол</i>	Дуга строится против часовой стрелки от начальной точки (1); используются заданный центр (2) и заданный внутренний угол. Если угол имеет отрицательное значение, дуга строится по часовой стрелке
<i>Начало, центр, длина хорды</i>	Если значение длины хорды положительное, меньшая дуга строится от начальной точки против часовой стрелки. Если значение длины хорды отрицательное, большая дуга строится против часовой стрелки
<i>Начало, конец, централ. угол</i>	Дуга строится против часовой стрелки от начальной точки (1) к конечной точке (2); используется заданный центральный угол. Если угол имеет отрицательное значение, дуга строится по часовой стрелке
<i>Начало, конец, направление</i>	Дуга строится по касательной к заданному направлению. Здесь можно строить большие или меньшие дуги; по часовой стрелке или против нее. Дуга берет начало в точке (1) и заканчивается в точке (2). Направление определяется от начальной точки
<i>Начало, конец, радиус</i>	Строится меньшая дуга против часовой стрелки от начальной точки (1) к конечной точке (2). Если значение радиуса отрицательное, строится большая дуга
<i>Центр, начало, конец</i>	Дуга строится против часовой стрелки от начальной точки (2) к конечной точке, которая находится на пересечении дуги и воображаемого луча, проведенного от центра (1) через указанную точку (3)
<i>Центр, начало, централ. угол</i>	Дуга строится против часовой стрелки от начальной точки (2); используются заданный центр (1) и центральный угол. Если угол имеет отрицательное значение, дуга строится по часовой стрелке
<i>Центр, начало, длина хорды</i>	Если значение длины хорды положительное, меньшая дуга строится от начальной точки против часовой стрелки. Если значение длины хорды отрицательное, большая дуга строится против часовой стрелки
<i>Продолжить по касательной</i>	Выполняет построение дуги, касательной к последнему проведенному отрезку, дуге или полилинии. Для этого нужно нажать <Enter> после первого запроса

Для построения последовательности дуг, соединенных между собой, из меню «Рисование» следует выбрать «Дуга», затем «Продолжить». В данном случае смежные дуги имеют общую касательную в точке соеди-

нения. Последующие касательные дуги можно строить с помощью пункта «Повторить Продолжить» контекстного меню.

КРУГ вычерчивается по заданным центру и радиусу (диаметру). Кроме того, AutoCAD позволяет использовать еще три дополнительных метода, которые определяются выбранной опцией:

- *3T* – по трем точкам, через которые проходит окружность;
- *2T* – по двум точкам, определяющим диаметр окружности;
- *KKP* – по двум точкам касания других объектов и радиусу окружности.

Различные методы построения окружностей показаны на рис. 12.

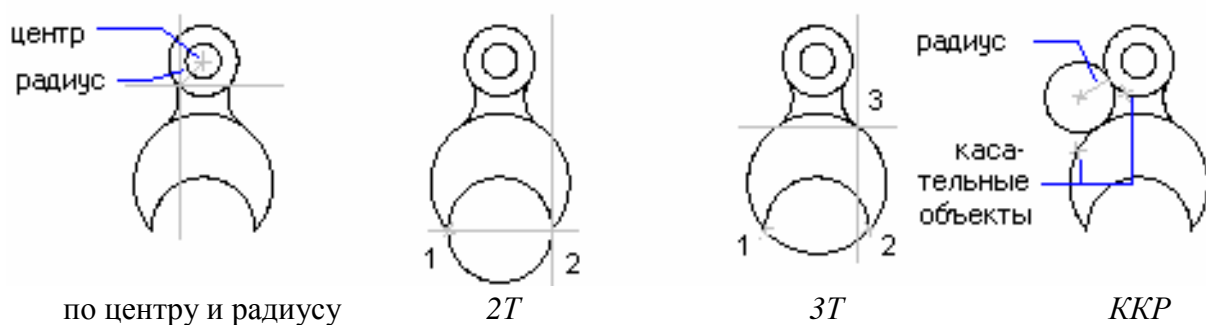


Рис. 12

Пример 6

Построить окружность с центром в точке (100, 200) и радиусом 50 мм.

Команда: **КРУГ**

Центр круга или [3T 2T KKP]: 100,200

Радиус круга или [Диаметр]: 50

Команда **ПЛИНИЯ** позволяет вычерчивать дугообразные сегменты при включении опции *Дуга*.

КОЛЬЦО – команда требует задать внутренний и внешний диаметры кольца, а также его центр. Команда позволяет построить любое количество колец, имеющих одинаковые диаметры, но разные центры.

Если требуется построить полностью закрашенный круг, следует задать нулевой внутренний диаметр кольца.

Пример 7

Построить кольцо с центром в точке (60, 60), толщиной 5 мм и внешним диаметром 50 мм.

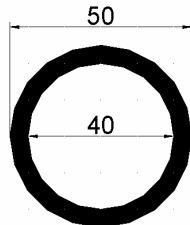
Команда: **КОЛЬЦО**

Внутренний диаметр <0.5000>: 40

Внешний диаметр <1.0000>: 50

Центр кольца или <Выход>: 60,60

Центр кольца или <Выход>: <Enter>



Команда **ЭЛЛИПС** вычерчивает эллипсы и эллиптические дуги путем задания двух осей – *большой* (более длинная ось) и *малой* (короткая ось). По умолчанию построение эллипсов производится указанием начала и конца первой оси, а также половины длины второй оси (рис. 13). Порядок определения осей может быть любым.



Рис. 13

Пример 8

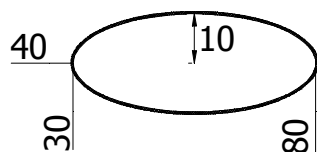
Построить эллипс с координатами большой оси (30, 40) и (80, 40).
Половина длины малой оси 10 мм.

Команда: **ЭЛЛИПС**

Конечная точка оси или [Дуга / Центр]: 30, 40

Конечная точка оси: 80, 40

Длина другой оси или [Поворот]: 10



Пример 9

Построить эллиптическую дугу, охватывающую часть эллипса из предыдущего примера, ограниченную углами 230° и 30° .

Команда: **ЭЛЛИПС**

Конечная точка оси или [Дуга / Центр]: д

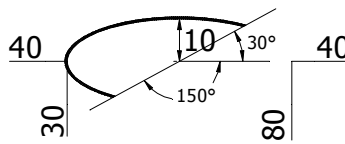
Конечная точка оси эл. дуги или [Центр]: 30,40

Вторая конечная точка оси: 80,40

Длина другой оси или [Поворот]: 10

Начальный угол или [Параметр]: 230

Конечный угол или [Параметр / Внутр. угол]: 30



Имеются и другие способы построения эллипсов – по центру эллипса, конечной точке первой оси и половине длины второй оси, а также по центру эллипса, конечной точке первой оси и углу поворота относительно главной оси. В последнем случае эллипс получается как проекция окружности с диаметром, равным длине первой оси, повернутой относительно этой оси на заданный угол поворота.

Команда **СПЛАЙН** вычерчивает гладкую кривую, проходящую через заданный набор точек. Пользователь может задавать точность прохождения кривой через точки, тогда кривая сплайна будет проходить рядом с ними при максимальном сглаживании.

2.2.3. Построение опорных точек

Объекты-точки рекомендуется использовать в качестве геометрических опорных узлов для объектной привязки и относительных смещений.

Форму символа-точки и его размер можно задать относительно размера экрана либо в абсолютных единицах.

Диалоговое окно для изменения формата точек доступно через меню **Формат / Отображение точек** (рис. 14).

Команда **ТОЧКА** размещает точки в местах чертежа, задаваемых пользователем. При изменении формы символов точек изменяется вид отображаемых объектов-точек всего рисунка.

Параметры отображения точек можно изменять по ходу выполнения чертежа. Для вывода рисунка с измененной формой точек следует запустить команду **РЕГЕН**.

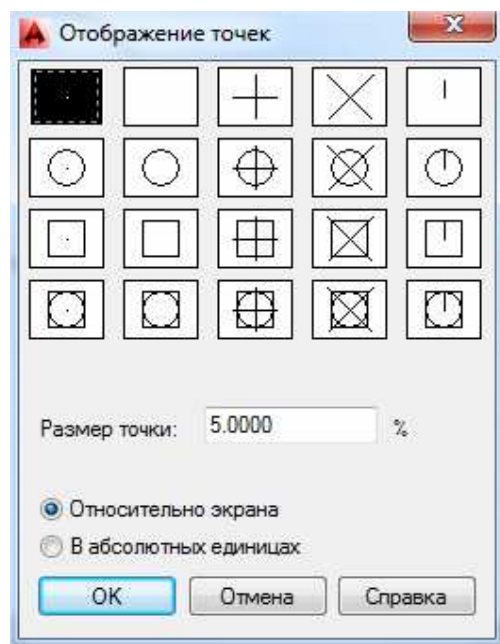


Рис. 14

Команда **РЕГЕН** позволяет регенерировать весь чертеж и заново рассчитать местоположение и видимость всех объектов на текущем видовом экране. Она также выполняет индексирование базы данных чертежа для оптимального отображения на экране и выбора объектов.

2.2.4. Штрихование

Штрихованием называется заполнение указанной области по определенному образцу. Штрихование замкнутой области или контура производится с помощью команд **ШТРИХ** и **КШТРИХ**.

Команда **ШТРИХ** управляет настройками штриховки с помощью диалогового окна «Штриховка и градиент» (рис. 15), которое вызывается из меню **Рисование / Штриховка...** или нажатием на соответствующую пиктограмму панели инструментов рисования и позволяет наносить *ассоциативную* и *неассоциативную* штриховку. Ассоциативность означает, что при изменении границ области штрихования изменяется и штриховка. Неассоциативная штриховка не зависит от контура границы.

С помощью диалогового окна пользователь должен указать тип образца штриховки:

- *стандартный* – для штриховки используется один из имеющихся на диске образцов узоров;
- *из линий* – штриховка выполняется линией текущего типа;
- *пользовательский* – для штриховки используется узор, созданный пользователем и имеющийся на диске в отдельном файле.

Конкретный стандартный тип штриховки устанавливается пользователем указанием имени *образца* через выпадающий список или из набора образцов при нажатии кнопки «**Образец**». Кроме того, можно установить *угол поворота* стандартной штриховки и ее *масштаб* по отношению к стандартному образцу.

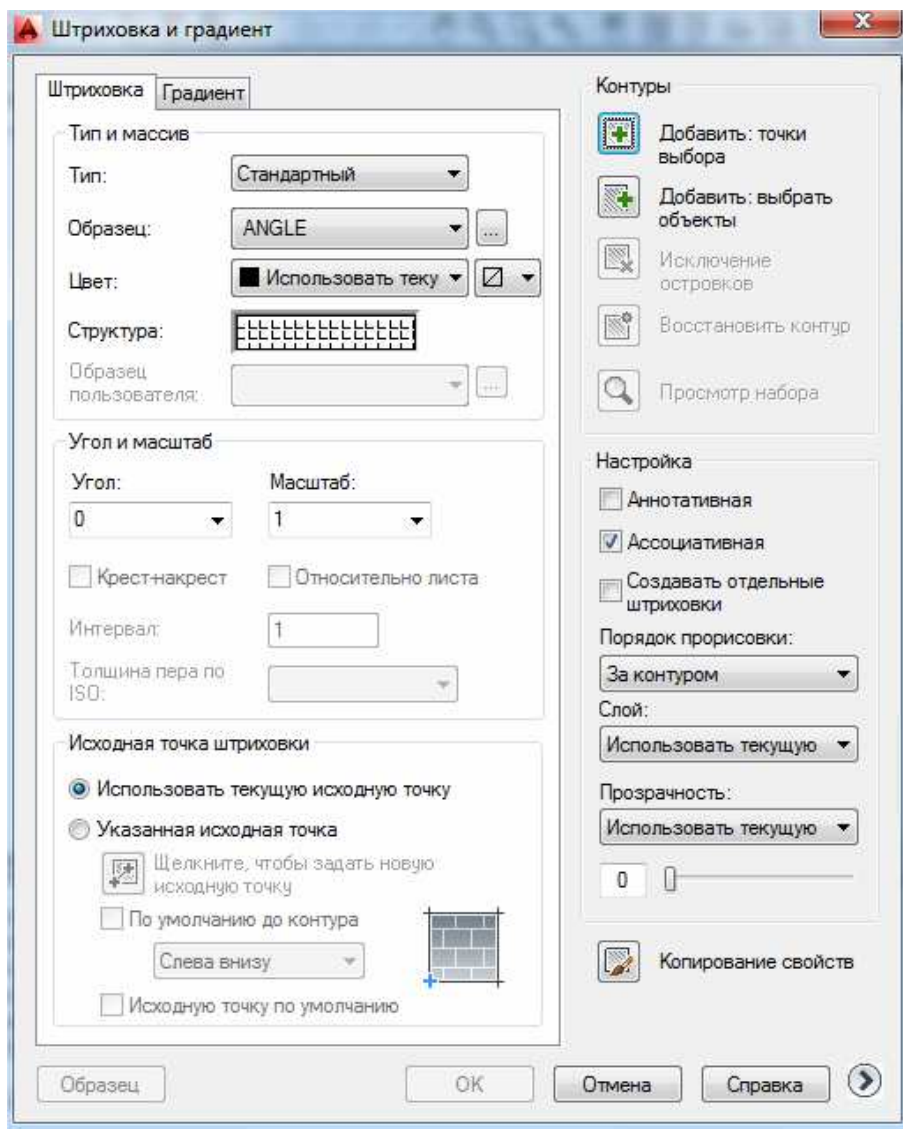


Рис. 15

При *штриховке линиями* можно задать *угол наклона*, *интервал* между штриховыми линиями, а также задать режим штрихования *крест-накрест*.

Определение контура в команде **ШТРИХ** производится автоматически на основании *добавления точек выбора*, принадлежащих штрихуемой области. Все объекты, полностью или частично попадающие в область

штриховки и не являющиеся ее контуром, игнорируются и не влияют на процесс штриховки.

Контур может содержать выступающие края и островки, которые можно либо штриховать, либо пропускать. Островками называются замкнутые области, расположенные внутри области штрихования. Контур можно определять также путем *выбора объектов*. Тот или иной способ указания области штрихования активизируется при нажатии соответствующей кнопки в диалоговом окне «Штриховка и градиент».

Контур может представлять собой любую комбинацию отрезков, дуг, окружностей, полилиний и других объектов. Каждый из компонентов контура должен хотя бы частично находиться на текущем виде. По умолчанию AutoCAD определяет контуры путем анализа всех замкнутых объектов рисунка. Убрать из множества обнаруженных контуров не подлежащие штрихованию можно при использовании кнопки «Исключение островков».

Штрихование обнаруженных контуров производится в зависимости от *Типа решения островков* (рис. 16), установка которого выполняется в закладке «►» диалогового окна «Штриховка и градиент»:

- *Нормальное* – островки (вложенные контуры) штрихуются через один;
- *Внешнее* – штрихуется область только до первого островка;
- *Без островков* – все островки игнорируются.

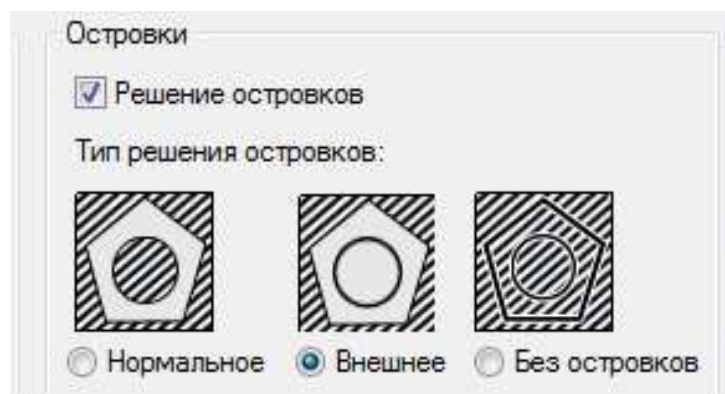


Рис. 16

Для заполнения областей штрихования градиентными заливками используется закладка «Градиент».

Команда **КШТРИХ** в последних версиях AutoCAD является синонимом команды **ШТРИХ** и позволяет выполнять те же операции штриховки.

Команда **КШТРИХ** доступна только из командной строки.

2.2.5. Выполнение надписей

В AutoCAD возможно выполнение текстовых надписей в виде *однострочного* текста (каждая строка текста является самостоятельным объектом) или *многострочного* (множество строк являются единым объектом).

Для выполнения однострочного текста используется команда **ТЕКСТ** или ее синоним **ДТЕКСТ**, которая запрашивает следующие параметры:

- *начальная точка*, относительно которой будет размещаться текст;
- *выравнивание* символов текста по отношению к текстовому окну с возможностью поворота текстового окна на заданный угол;
- *стиль* – задание текстового стиля (гарнитуры шрифта и его начертания), определяющего внешний вид текстовых символов.

Перед указанием начальной точки пользователь может задать способ *выравнивания* относительно начальной точки и *стиль* гарнитуры шрифта для выполнения текста, выбрав одноименные опции.

Опции способа выравнивания:

- *слева* – выравнивание текста по левому краю базовой линии, заданной координатами точки и текстового окна;
- *Центр* – горизонтальное центрирование по базовой линии от точки;
- *вПраво* – выравнивание текста по правую сторону окна;
- *вИсаный* – устанавливающая высоту, ширину и ориентацию текста по заданным конечным точкам базовой линии (окна), при этом размер символов изменяется пропорционально их высоте: чем длиннее текстовая строка, тем меньше ширина символов;
- *сЕредина* – выравнивание текста по центру с учетом высоты подстрочных и надстрочных символов (в отличие от опции *СЦ*);
- *Поширине* – выравнивание текста по ширине текстового окна с изменением ширины самих символов;
- *ВЛ* – выравнивание текста сверху и слева;
- *ВЦ* – выравнивание текста сверху и по центру;
- *ВП* – выравнивание текста сверху и справа;
- *СЛ* – выравнивание текста посередине и слева;
- *СЦ* – выравнивание текста посередине и по центру;
- *СП* – выравнивание текста посередине и справа;
- *НЛ* – выравнивание текста снизу и слева;
- *НЦ* – выравнивание текста снизу и по центру;
- *НП* – выравнивание текста снизу и справа.

На рис. 17 показана схема размещения текста в прямоугольном окне относительно начальной точки (символ ×) для различных опций выравнивания. Первый символ опции означает положение точки по вертикали (Верх, Середина, Низ), второй – по горизонтали (Лево, Центр, Право).

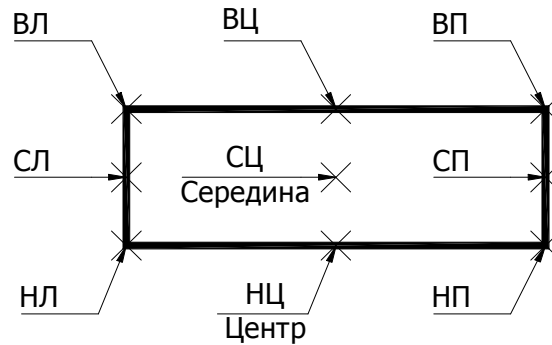


Рис. 17

Для случаев, когда в команде **ТЕКСТ** выбрана опция *Выравнивание*, после задания параметра выравнивания текста, координат средней точки и высоты шрифта становится доступной опция *Угол поворота текста*, которая позволяет, в отличие от команды **МТЕКСТ**, выполнить поворот текстовой строки на произвольный угол (в т.ч. и с привязкой к определенной линии объекта).

При выборе опции *Стиль* в команде **ТЕКСТ** необходимо задание имени стиля. Если стиль неизвестен, можно ввести знак вопроса <?> – появится окно с подсказкой о располагаемых стилях.

Пример 10

Выполнить надпись «AUTOCAD», отцентрировав ее относительно точки с координатами (20, 40) и высотой шрифта 10 мм.

Команда: **ТЕКСТ**

Укажите среднюю точку или [Выравн Стиль]: В

Задайте параметр [сЛева Центр вПраво вПИсан

сЕред Пошир ВЛ ВЦ ВП СЛ СЦ СП НЛ НЦ НП]: СЛ

Укажите среднюю левую точку текста: 20, 40

Высота <2.5000>: 10

Угол поворота текста <0.0>: 30

Текст: AUTOCAD

Текст: <Enter>



Для выполнения многострочного текстового объекта используется команда **МТЕКСТ**, сопровождаемая появлением диалоговых окон (рис. 18).

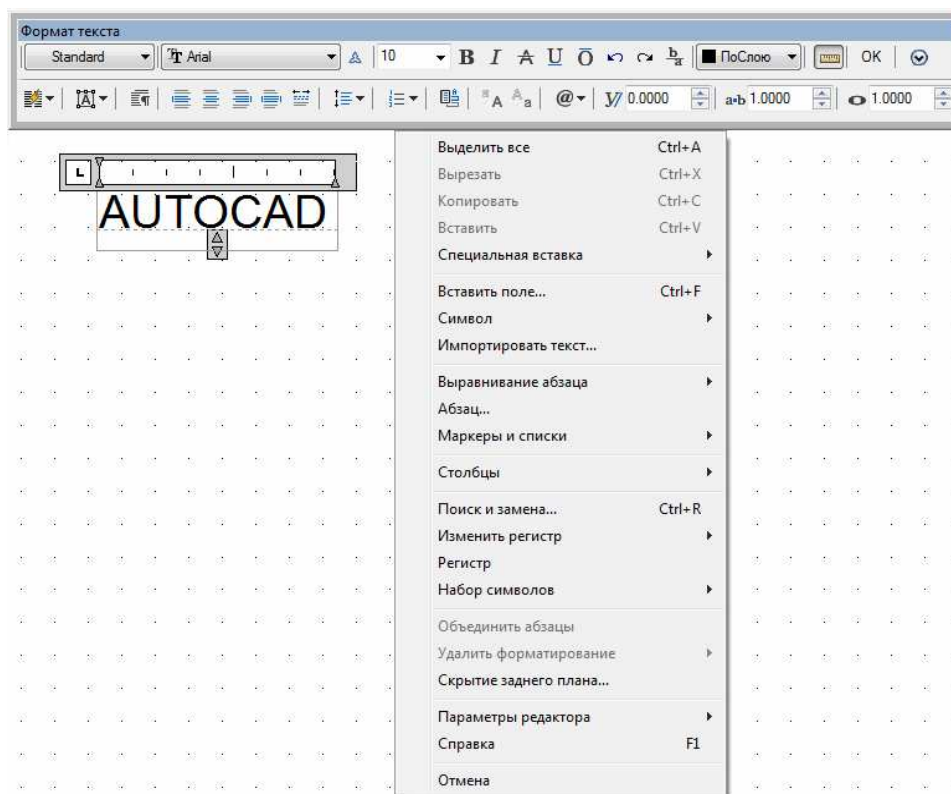


Рис. 18

Команда **МТЕКСТ** запрашивает координаты противоположных углов прямоугольной области, в которой будет размещаться текст, после чего пользователь, используя диалоговое окно «*Редактор текста*» (см. рис. 18), набирает заданный текст.

В окне «*Формат текста*» доступны следующие основные функции:

- изменение гарнитуры шрифта и высоты символов;
- центрирование шрифта в текстовом окне;
- использование жирного, наклонного и подчеркнутого текста;
- вставка символов из других наборов шрифтов;
- изменение цвета отдельных символов;

- изменение угла наклона букв шрифта, но не самой надписи (!);
- другие операции, доступные во вкладке меню, раскрывающемся при нажатии кнопки <v>.

Из вкладки меню доступен импорт текста из внешнего txt- (кодировка символов ASCII) или rtf-файла (кодировка символов ANSI).

С каждой текстовой надписью в AutoCAD связан некоторый текстовый стиль. При нанесении надписей по умолчанию используется текущий стиль «*Standard*», который задает параметры текста.

При вводе текста можно использовать другие стили, например, «*Аннотативный*». AutoCAD позволяет модифицировать стили или создавать собственные. Вновь созданный стиль может быть впоследствии модифицирован, переименован или удален.

Значения параметров, определяемые текущим текстовым стилем, выводятся по умолчанию в командной строке.

Все текстовые стили, кроме стиля «*Standard*», пользователю необходимо создавать самому. Вновь вводимый текст наследует высоту, степень сжатия / растяжения, угол наклона и другие параметры (написание справа налево, перевернутое и вертикальное), задаваемые текущим стилем.

Создание и модификация текстового стиля могут производиться либо в диалоговом окне «*Стили текста*» (рис. 19), либо в командной строке. Диалоговое окно «*Стили текста*» активизируется из меню **Формат / Стиль текста...** или командой **СТИЛЬ**.

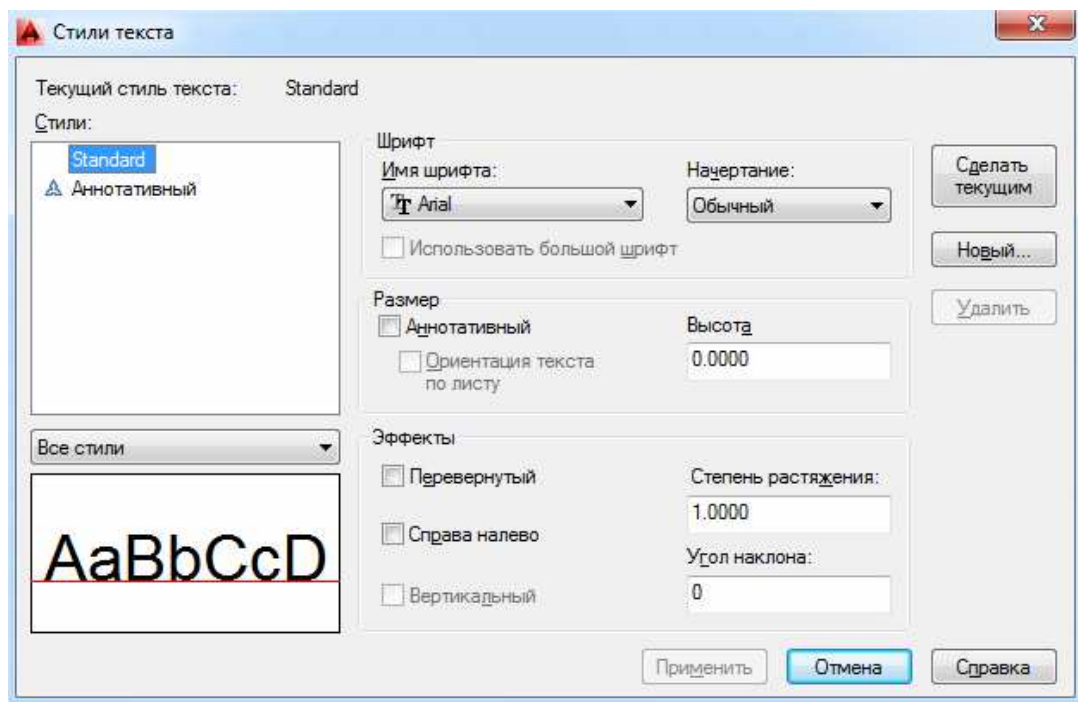


Рис. 19

Для создания текстового стиля в диалоговом окне «*Стили текста*» используется кнопка «*Новый*» и в появившемся окне «**Новый стиль текста**» вводится имя стиля.

Новому стилю присваиваются значения параметров, заданные первоначально в окне «*Стили текста*». При необходимости они могут быть изменены и сохранены при нажатии кнопки «*Применить*».

Модификация имеющегося стиля также выполняется в диалоговом окне «*Стили текста*».

Если в имеющемся текстовом стиле изменяются шрифт или ориентация текста (вертикально/горизонтально), все надписи, выполненные этим стилем, регенерируются с учетом измененных параметров.

Изменение других характеристик (высоты текста, коэффициента сжатия и угла наклона) не влияет на имеющиеся текстовые объекты и учитывается только во вновь создаваемых надписях. Изменение выравнивания, ширины и угла поворота не отражается на многострочных надписях.

Для использования вновь созданного стиля в режиме «по умолчанию» необходимо нажать на кнопку «*Сделать текущим*».

2.3. Слои, цвета и типы линий

2.3.1. Работа со слоями

Слои подобны лежащим друг на друге прозрачным листам кальки и используются для группирования на них различных типов данных рисунка. Расположение объектов на различных слоях позволяет упростить многие операции по управлению данными рисунка.

Построенные объекты всегда размещаются на определенном слое. Им может быть как слой по умолчанию, так и слой, определенный и именованный самим пользователем.

С каждым слоем связаны свои *цвета*, позволяющие различать сходные элементы рисунка, и *типы линий*, которые используются для быстрого распознавания таких элементов, как осевые или скрытые линии. Например, можно создать отдельный слой для размещения осевых линий и назначить ему голубой цвет и тип линии *осевая*. Впоследствии, если потребуется построить осевую линию, нужно переключиться на этот слой и начать рисование.

Для всех слоев справедливы одни и те же лимиты рисунка, система координат и коэффициент экранного увеличения.

В начале работы с новым рисунком AutoCAD создает слой с именем 0. По умолчанию слою 0 назначается цвет под номером 7 (белый), тип линии **CONTINUOUS** (сплошная) и толщина (до 0,25 мм).

Слой 0 не может быть удален.

Для каждой связанной группы элементов рисунка (стен, размеров и т.п.) можно создать отдельный слой, назначив ему имя, цвет и тип линии.

Управление слоями осуществляется командой **СЛОЙ** или с помощью диалогового окна «**Диспетчер свойств слоев**» (рис. 20), которое доступно из меню *Формат / Слой...*, а также активизируется при нажатии кнопки на панели инструментов «*Свойства объектов*».

Объекты, принадлежащие какому-либо слою, как правило, принимают свойства этого слоя. Тем не менее, пользователь может выполнить для объекта переопределение любого свойства слоя. Например, если для свойства цвета объекта установлен параметр *послою*, то цвет объекта будет соответствовать цвету слоя. Если для цвета объекта установлено значение «Красный», то объект отображается в красном цвете независимо от того, какой цвет назначен данному слою.

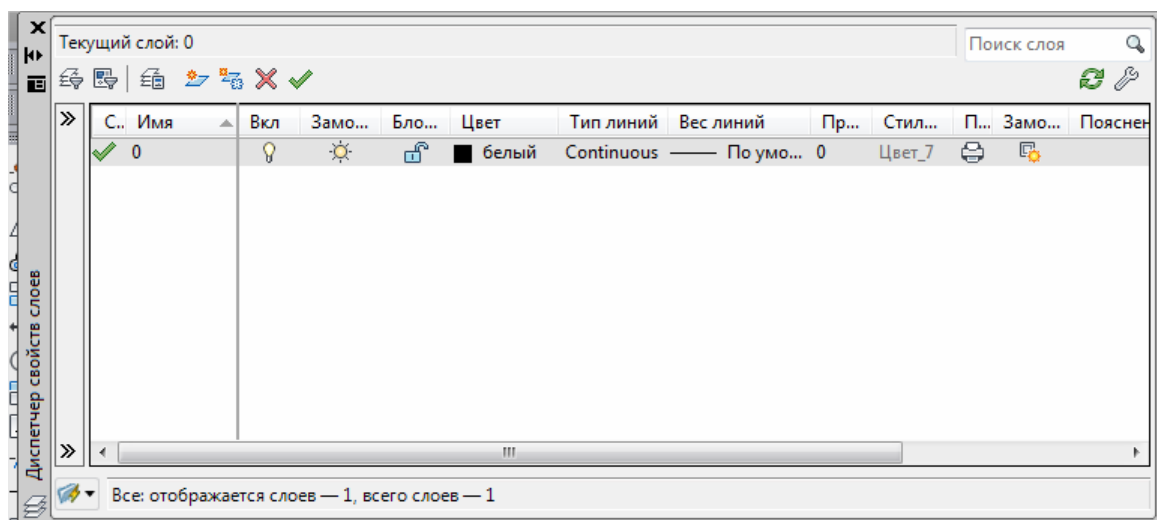


Рис. 20

Для создания нового слоя используется кнопка «Создать слой» или комбинация клавиш «Alt+Д». В списке появится новый слой с временным именем «Слой1». Пользователь может произвольно изменить имя нового слоя. Все новые слои автоматически именуется в порядке их создания, «Слой1», «Слой2» и т.д.

Для переименования слоя и придания его имени большей осмысленности в конкретном рисунке необходимо щелкнуть мышью на его имени и ввести новое имя. Имена слоев можно изменять в любой момент сеанса работы.

Новому слою по умолчанию назначается белый цвет и тип линии CONTINUOUS. Если один из имеющихся слоев имеет статус «Текущий»,

то новый слой наследует свойства (цвет и тип линий) этого слоя. Данные свойства нового слоя могут быть при необходимости изменены. Все объекты, создаваемые на слое, будут иметь назначенные этому слою цвета и типы линий.

Назначение цветов и типов линий слоям осуществляется путем щелчка мышью на пиктограмме с всплывающей подсказкой «Цвета» или «Типы линий» на панели объектов для заданного слоя или в списке имеющихся слоев непосредственно в диалоговом окне «Диспетчер свойств слоев».

При установке цвета пользователь может выбрать желаемый цвет из списка, содержащего семь стандартных цветов, или альбома, содержащего 240 оттенков стандартных цветов в диалоговом окне «Выбор цвета», которое активизируется при щелчке указателем по пиктограмме цвета текущих настроек слоя или из меню цветов.

Выбор для установки типа линии из списка «Типы линий» выполняется аналогично выбору цвета. Количество типов линий в списке для выбора соответствует количеству типов линий, загруженных из внешнего файла, входящего в пакет AutoCAD и содержащего полный набор всевозможных типов линий.

При работе со слоями в AutoCAD предусмотрены следующие функции управления слоями: установка текущего слоя, изменение видимости отдельных слоев, их блокировка, удаление, фильтрация и сортировка.

Для того чтобы вновь создаваемые в AutoCAD объекты размещались на одном из имеющихся слоев, необходимо этот слой сделать текущим.

Для установки слоя текущим необходимо в столбце статуса в диалоговом окне «Диспетчер свойств слоев» дважды щелкнуть левой кнопкой мыши напротив соответствующего слоя, нажать пиктограмму $\langle \sqrt \rangle$, нажать комбинацию клавиш «Alt+C» или в списке имеющихся слоев на панели объектов выбрать необходимый слой и нажать кнопку «Текущий» (рис. 21).

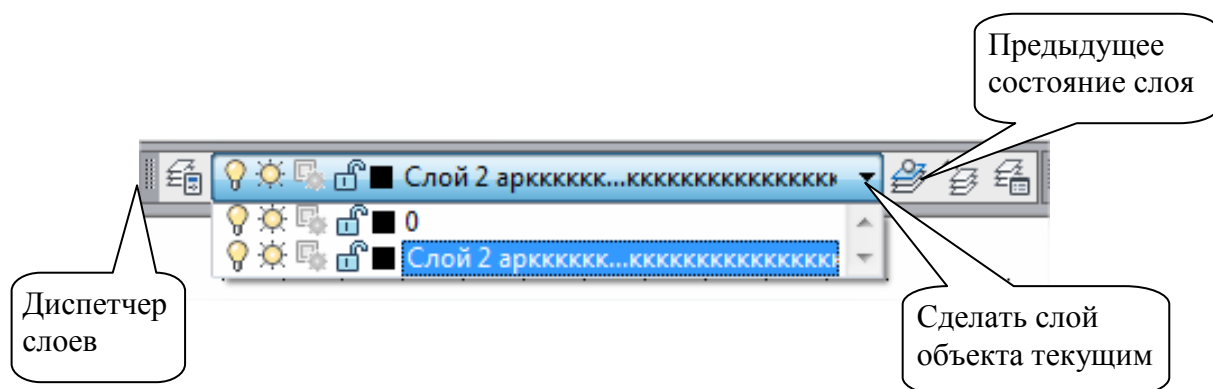


Рис. 21

Для установки текущим слоя, назначенного какому-либо объекту рисунка, следует выбрать этот объект, а затем нажать кнопку «Сделать слой объекта текущим» на панели «Слой».

Управление видимостью слоев необходимо, если при работе с объектами на одном или нескольких слоях рисунок слишком загроможден. Для отключения видимости объектов на неиспользуемых слоях эти слои можно *отключить* или *заморозить*. При этом AutoCAD не отображает объекты на экране и не выводит их на плоттер.

Выбор способа отключения видимости слоев зависит от ситуации и от размеров рисунка.

Отключение слоев рекомендуется использовать, если при работе часто приходится включать и отключать видимость этих слоев.

Замораживание рекомендуется для слоев, которые еще долго не будут использоваться в работе.

Для включения / отключения или замораживания / размораживания слоя необходимо щелкнуть мышью на пиктограмме «Вкл / Откл» (в виде лампочки) или «Замораживание / Размораживание» (в виде солнышка) соответствующего слоя на панели «Слой» или диалогового окна «Диспетчер свойств слоев».

Блокировка слоев применяется в случаях, когда требуется редактирование объектов, расположенных на определенных слоях, с возможностью просмотра объектов на других слоях.

Редактировать объекты на заблокированных слоях нельзя, однако, они остаются видимыми, если слой включен и разморожен. Блокированный слой можно установить текущим и создавать на нем объекты. К объектам на заблокированных слоях можно привязываться с помощью режимов объектной привязки. Блокированные слои можно включать и отключать, а также изменять связанные с ними цвета и типы линий.

Блокировка / разблокировка слоев выполняется аналогично операциям управления видимостью с помощью пиктограммы «Блокирование/Разблокирование» (в виде замка).

Для удаления слоя используется кнопка «Удалить» диалогового окна «Диспетчер свойств слоев» или комбинация клавиш «Alt + U». Удалять слои можно в любой момент работы. Нельзя удалить слой с именем 0, текущий слой, слои, зависящие от внешних ссылок или содержащие объекты.

При большом количестве слоев может потребоваться, чтобы в списке имеющихся слоев диалогового окна перечислялись только определенные слои, отфильтрованные по некоторым критериям.

Для фильтрации слоев на основании их свойств используется список «Фильтры» диалогового окна «Диспетчер свойств слоев». Критерии отбо-

ра слоев устанавливаются в дополнительном диалоговом окне «Свойства фильтров слоев», которое открывается по щелчку на пиктограмме «Новый фильтр» или нажатием комбинации клавиш «Alt+B».

Список слоев можно *отсортировать* по любому из столбцов с параметрами слоя: по именам, атрибутам видимости, цветам или типам линий и т.д. Имена слоев и типов линий могут быть отсортированы в алфавитном прямом или обратном порядке.

2.3.2. Работа с типами линий

Тип линии описывается повторяющейся последовательностью штрихов, точек и пробелов, а линии сложных типов могут включать в себя различные символы. Конкретные последовательности штрихов и точек, относительные длины штрихов и пробелов, а также характеристики включаемых текстовых элементов и форм определяются именем типа линии и его описанием.

Возможные типы линий показаны на рис. 22. Пользователь имеет возможность создавать собственные типы линий.



Рис. 22

Для работы с каким-либо типом линии его предварительно нужно загрузить в рисунок. Для загрузки необходимо, чтобы определение типа линии существовало в библиотечном LIN-файле типов линий.

Для загрузки типа линии используется диалоговое окно «Диспетчер типов линий» (рис. 23), которое вызывается из меню *Формат / Типы линий* или командой **ТИПЛИН**.

В диалоговом окне необходимо нажать кнопку «Загрузить» и выбрать тип линии из списка «Доступные типы линий» диалогового окна «Загрузка или перезагрузка типов линий».

Выбранный из списка тип линии добавляется в список диалогового окна «Диспетчер типов линий», а также в управляющий список «Типы линий» панели «Свойства объектов».

Для использования какого-либо типа линии при построении объектов на текущем слое необходимо выбрать этот тип линии и сделать его текущим.

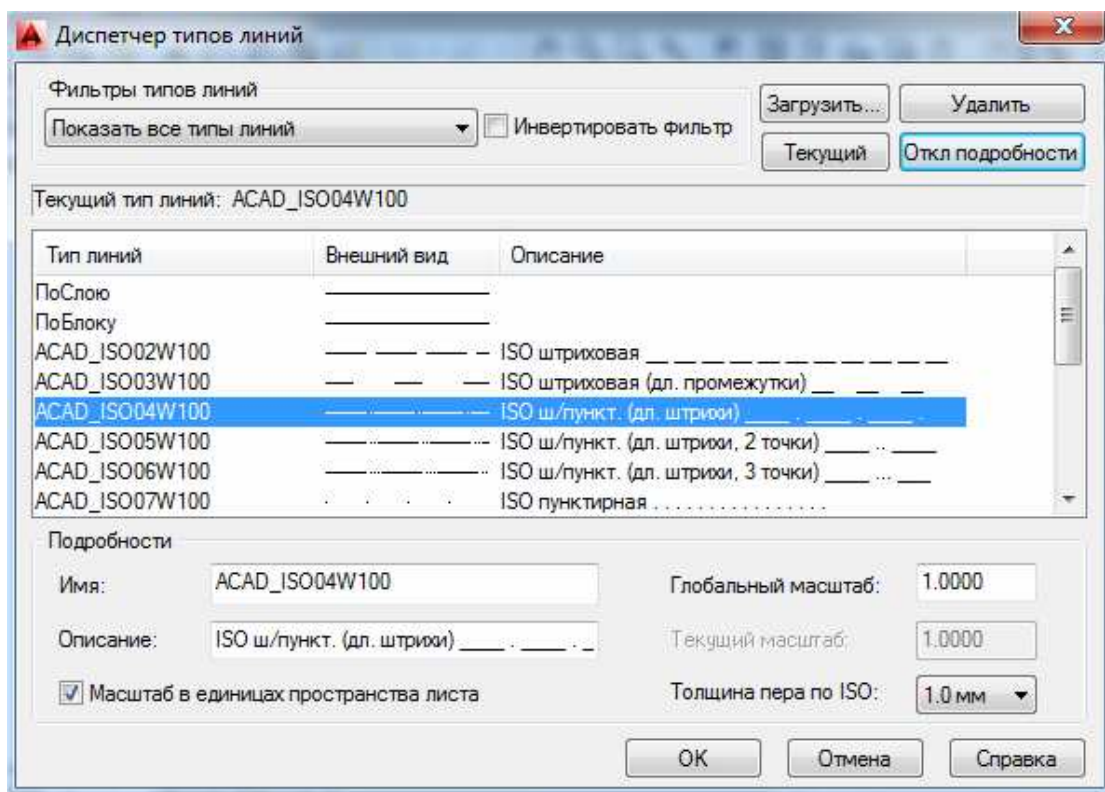


Рис. 23

Для установки текущего типа линии необходимо в списке имеющихся типов линий диалогового окна «Диспетчер типов линий» выбрать необходимый тип линии и нажать кнопку «Текущий». Текущий тип линии может быть также установлен с помощью управляющего списка «Типы линий» на панели «Свойства объектов» (рис. 24).

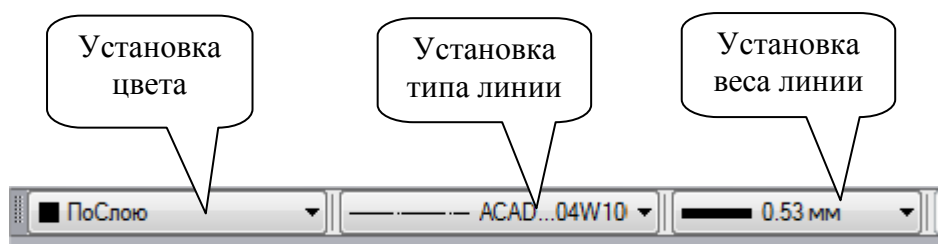


Рис. 24

При выборе значения *по слою* новые объекты будут иметь тип линии, назначенный слою, на котором они строятся. При выборе значения *по блоку* все вновь создаваемые объекты будут иметь стандартный тип линии до тех пор, пока они не будут собраны в блоке. Объекты, вставляемые в блок, наследуют тип линии, который был назначен для данного блока.

Пользователь имеет возможность переименовывать типы линий для придания их именам большей осмысленности в конкретном рисунке. Имена типов линий можно изменять в любой момент сеанса работы.

Для *переименования типа линии* в списке имеющихся типов линий диалогового окна «*Диспетчер типов линий*» необходимо нажать кнопку «*Вкл. подробности*», выбрать тип линии для переименования и ввести для него новое имя в поле «*Имя*». Кроме того, изменить имя типа линии можно непосредственно в списке при двойном щелчке мышью по выбранному типу.

В поле «*Описание*» можно изменять *описания* типов линий.

При переименовании какого-либо типа линии этот процесс затрагивает только используемое в текущем рисунке определение данного типа линии. Имя этого типа линии в LIN-файле остается прежним.

Нельзя изменить имена типов линий *по слою, по блоку* и *continuous*, а также имена типов линий, зависящих от внешних ссылок.

Для *удаления типа линии* в списке имеющихся типов линий диалогового окна «*Диспетчер типов линий*» выбрать необходимый тип линии или несколько типов линий и нажать кнопку «*Удалить*».

Удалять типы линий можно в любой момент сеанса работы, если они не использованы в текущем рисунке. Нельзя удалить типы линий с именами *по слою, по блоку* и *continuous*, текущий тип линии, а также типы линий, зависящие от внешних ссылок.

Имеется возможность задания масштаба типа линии для создаваемых объектов. Чем меньше масштаб, тем чаще образец повторяется на единицу рисования. По умолчанию AutoCAD использует глобальный масштаб типа линии, равный 1,0 (т.е. одной единице рисования).

Для *задания масштаба типа линии* в группе «*Подробности*» необходимо ввести значения для глобального и текущего масштабов в соответствующие поля. Изменение глобального масштаба влияет на все имеющиеся и новые типы линий. Изменение текущего масштаба (относительно глобального) влияет на выбранный тип линий при использовании его для построения новых объектов.

Для активизации режима масштабирования типа линии должна быть включена опция «*Масштаб в единицах пространства листа*».

2.4. Методы редактирования

Для внесения изменений в текущий чертеж с использованием уже имеющихся на нем графических объектов используются команды редактирования, которые активируются в командной строке. Часть команд доступна через меню *Редактировать* или панель инструментов «*Редактирование*».

2.4.1. Выбор объектов

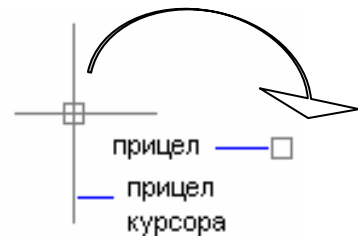
При выполнении команд редактирования необходимо в ответ на запрос «*Выберите объекты*» указать (выбрать) объекты, к которым будут применены эти команды, т.е. создать набор, включающий в себя редактируемые объекты. В такой набор может входить как один объект, так и их сочетание: например, совокупность объектов определенного цвета или расположенных на определенном слое. С одним и тем же набором выбора можно производить несколько операций редактирования. Имеется возможность добавлять объекты в набор и удалять их оттуда. Различные объекты могут заноситься в набор различными способами.

Первоначально AutoCAD предлагает выбор объектов осуществить с помощью «*прицела*». Кроме того, предусмотрены и другие способы выбора, доступные через опции пополнения и управления набором выбора.

Выбор с помощью прицела является наиболее простым способом выбора объекта и активизируется сразу при запуске команды редактирования.

При этом перекрестье курсора преобразуется в прицел выбора.

Выбор объектов производится с помощью устройства указания при наведении прицела на объект редактирования и нажатии левой кнопки мыши.



При нажатии левой кнопки мыши при ее движении по полю чертежа активизируется опция **БОКС** выбора с помощью рамки.

Рамка выбора – прямоугольник, задаваемый пользователем в графической области указанием двух противоположных углов.

Цвет поля внутри рамки зависит от способа разворота рамки – «слева направо» или «справа налево», как показано на рис. 25.

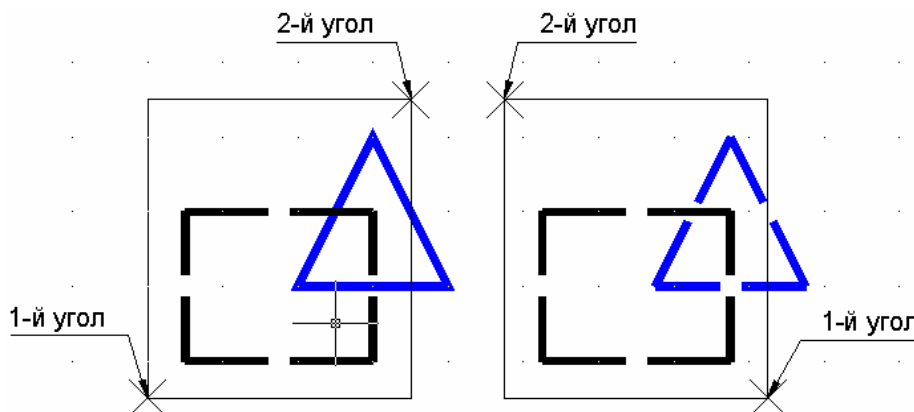


Рис. 25

При этом активируется опция выбора:

- *Рамка* – выбираемый объект должен полностью поместиться в поле рамки (поле внутри рамки голубого цвета);
- *Секрамка* – выбираемые объекты достаточно пересечь рамкой (поле внутри рамки зеленого цвета).

2.4.2. Редактирование свойств объектов

Современные версии AutoCAD позволяют при выборе объекта сразу получать сокращенное окно свойств, перечень которых можно расширять.

Команда **СВОЙСТВА** позволяет изменить *общие* свойства объектов с указанием конкретного свойства для изменения в командной строке.

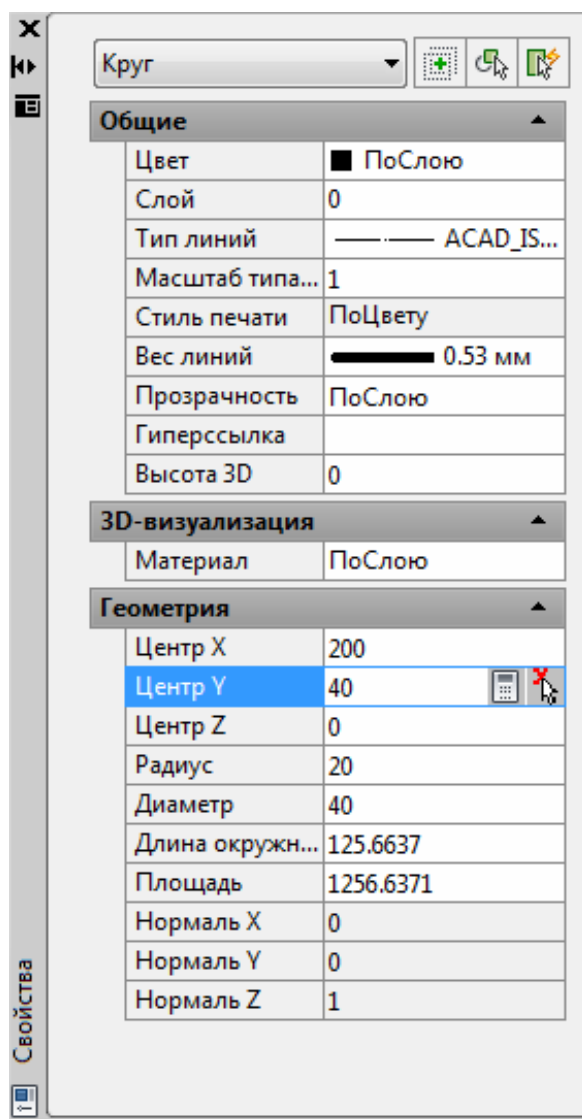


Рис. 26

Команда **ДИАЛСВОЙ** позволяет получить параметры свойств для выбранного объекта непосредственно в диалоговом окне «Свойства» (см. рис. 26), при этом для редактирования доступны не только общие, но и *геометрические* свойства объекта в зависимости от типа выбранного объекта. Панель инструментов «Свойства» также позволяет управлять цветом, типом линий и слоями на чертеже.

Команда **КОПИРОВАТЬСВ** позволяет свойства одного объекта частично или полностью скопировать в другой или несколько других объектов. Можно копировать *цвет, слой, тип линии, масштаб* типа линии, *высоту* объекта и, в некоторых случаях, свойства *размеров, текстов и штриховки*. Эта команда может быть активизирована в командной строке, из меню *Редактировать \ Копирование свойств*, а также из панели «Стандартная» соответствующей кнопкой.

Для конкретизации, какие свойства должны быть скопированы, необходимо использовать командную опцию *Настройки*, которая вызывает диалоговое окно «Настройки свойств» (рис. 27). В этом окне необходимо установить флажки для свойств, которые нужно скопировать, и убрать флажки для остальных свойств.

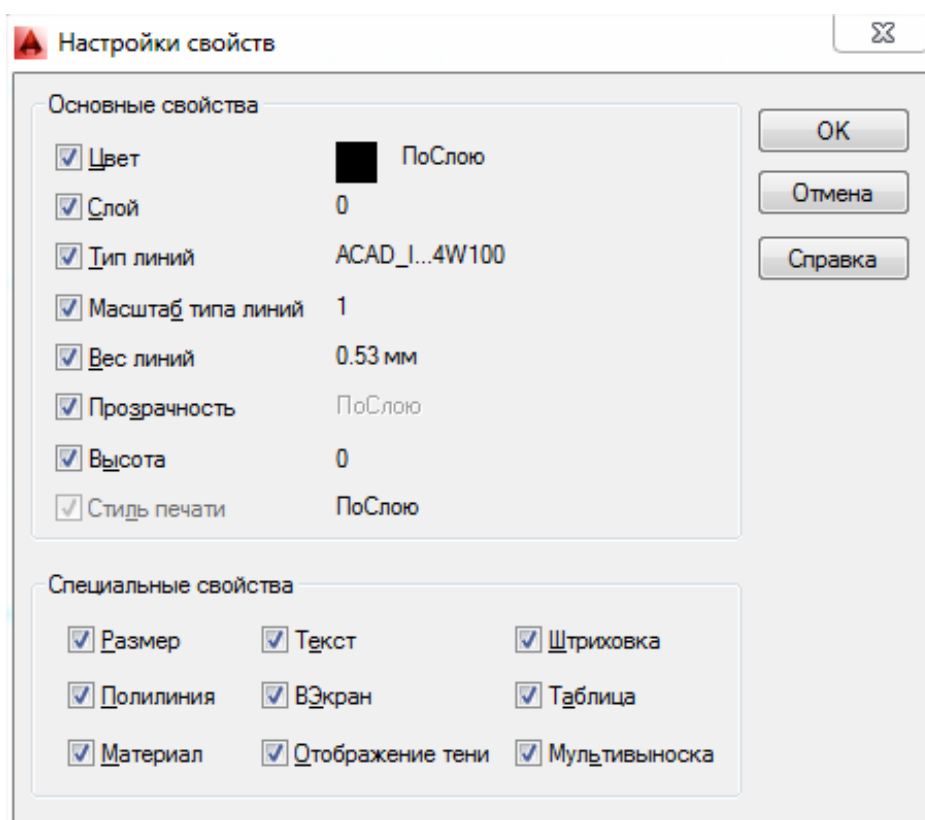


Рис. 27

Заданные для копирования свойств установки сохраняются для текущего сеанса AutoCAD до их следующего изменения.

Изменение содержания текста выполняется через меню *Редактировать / Объект / Текст / Редакт...*, либо с использованием команды **ДИАЛРЕД**, при этом появляется диалоговое окно, характерное для однострочных надписей, выполненных командой **ТЕКСТ** или в окне редактора многострочного текста для надписей, выполненных командой **МТЕКСТ**.

Команда **ПОЛРЕД** позволяет редактировать полилинии. Управление процессом редактирования и изменение свойств полилинии осуществляется через набор следующих опций и подопций:

- *Разомкнуть* – разъединяет начальную и конечную точку полилинии;
- *Добавить* – добавляет к полилинии новые объекты;
- *Ширина* – устанавливает одинаковую ширину для всей полилинии;
- *Вершина* – переход в режим управления вершинами полилинии;
- *След* – переход к следующей вершине;
- *Пред* – переход к предыдущей вершине;
- *Разорвать* – разрыв полилинии в текущей вершине;
- *Вставить* – вставка новой вершины вслед за текущей;
- *Перенести* – перенос текущей вершины в другую точку;
- *РЕген* – регенерация полилинии;
- *Выпрямить* – выпрямление криволинейного сегмента до текущей вершины;
- *Касательная* – нанесение вектора касательной из текущей вершины в заданном направлении;
- *Ширина* – изменение ширины сегмента в начале и конце сегмента;
- *Выход* – выход из режима управления вершинами;
- *СГладить* – сглаживание ломаной полилинии;
- *Сплайн* – сглаживает полилинию сплайнами;
- *Убрать сглаживание* – убирает сглаживание;
- *Типлин* – включает / отключает тип линии по всей длине;
- *Обратить* – обращение порядка вершин выбранных линий;
- *Отменить* – отменяет последнее действие.

2.4.3. Редактирование чертежа

Копирование объектов в АСАД имеется возможность однократно и многократно копировать объекты по одному или группами в пределах текущего рисунка.

Команда **КОПИРОВАТЬ** выполняет копирование одного или нескольких объектов в другое место и активизируется в командной строке, из меню *Редактировать / Копировать* или пиктограммой из панели инструментов редактирования. Для выполнения копирования команда запрашивает *объекты для копирования*, *базовую точку* (для привязки курсора к выбранным объектам) и *точку перемещения* для вставки копии (рис. 28). Опция *Несколько* и выбор базовой точки позволяют перейти в режим многократного копирования.

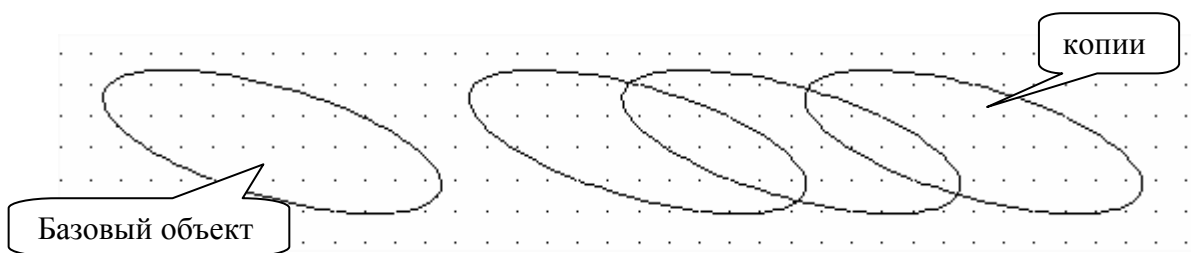


Рис. 28

Кроме обычного копирования, имеются и другие способы размножения объектов на чертеже:

- построение объектов, *зеркально симметричных* исходным относительно заданной оси (зеркала);
- размножение объекта *массивом*, когда создаются копии, расположенные в узлах прямоугольной сетки или равномерно по окружности;
- построение *подобных* объектов, расположенных на указанном расстоянии от исходных или проходящих через указанные точки.

Команда **ЗЕРКАЛО** выполняет построение копии объекта по правилам осевой симметрии относительно оси отражения (симметрии), определяемой двумя точками, указанными пользователем.

Пример 11

Построить треугольник, симметричный заданному относительно оси, проходящей через точки с координатами (10, 20) и (30, 60).

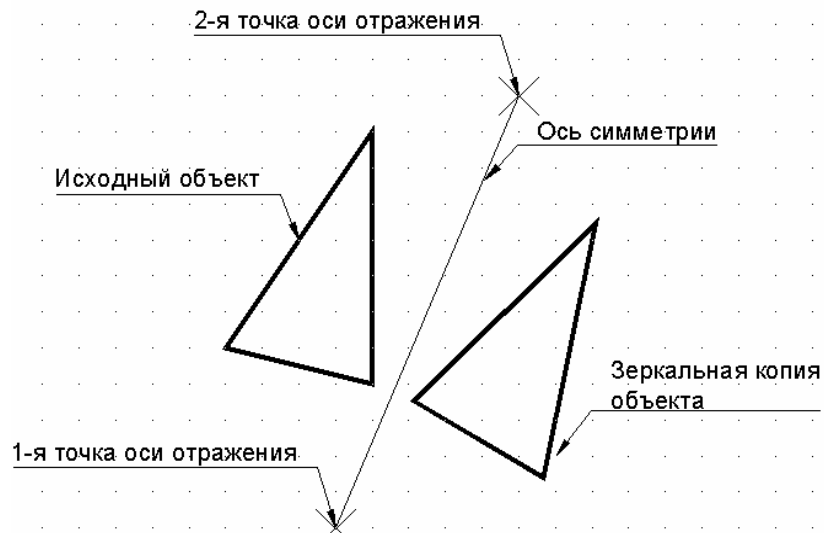
Команда: **ЗЕРКАЛО**

Выберите объекты:

Первая точка оси отражения: 10,20

Вторая точка: 30,60

Удалить старые объекты? <Н>



Команда **МАССИВ** выполняет размещение копий объектов массивом в *круговом массиве* (упорядоченно по окружности) или в узлах *прямоугольного массива*.

Для *круговых массивов* задаются центр массива, количество элементов массива, включая исходный, угол заполнения массива (от 0 до 360) и режим их поворота.

Для *прямоугольных массивов* задается количество строк и столбцов, а также расстояние между ними. Примеры использования команды **МАССИВ** приведены ниже.

Команда: **МАССИВ**

Выберите объекты: Найдено: 1

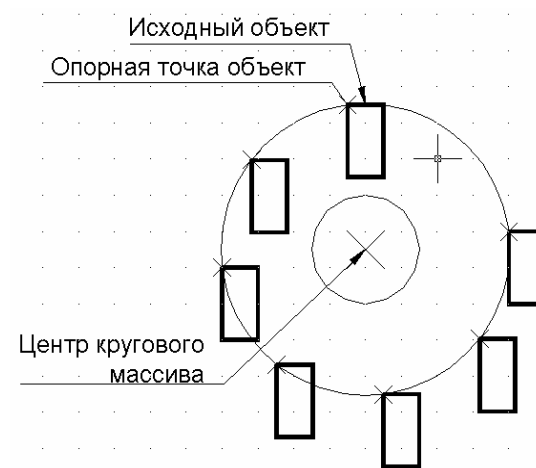
Выберите тип массива [Прямоуг Траект Круговой] <Прямоуг>: К

Укажите центральную точку: 30,40

Количество элементов в массиве <6>: 7

Выберите ручку, чтобы ред. или [Угол заполнения] <Выход>: 270

Поворачивать объекты? [да нет]<Д>: Н



Команда: **МАССИВ**

Выберите объекты: Найдено: 1

Выберите тип массива [Прямоуг Траект Круговой] <Прямоуг>: П

Выберите ручку, чтобы редактировать или [../сТроки/..] <Выход>: Т

Количество строк <4>: 2

Расстояние между строк <40>: 30

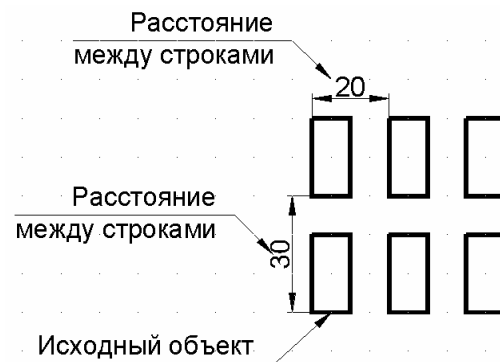
Укажите приращение отметок <0>: 0

Выберите ручку, чтобы редактировать или [../стоЛбцы/..] <Выход>: Л

Количество столбцов <1>: 3

Расстояние между столбцов <15>: 20

Выберите ручку,... <Выход>:



Команда **ПОДОБИЕ** создает новые объекты, подобные выбранным и расположенные на заданном расстоянии от них.

Подобные объекты имеют большие или меньшие размеры по отношению к исходному объекту в зависимости от того, с какой стороны указано *смещение*. Если смещение указано точкой во внутренней области объекта, подобный объект имеет меньшие размеры, если во внешней – большие.

Для построения подобного объекта путем задания смещения необходимо задать значение смещения указанием двух точек или вводом с клавиатуры, выбрать исходные объекты для построения им подобных, указать сторону смещения. После построения можно выбрать следующий объект или нажать клавишу <Enter> для завершения команды.

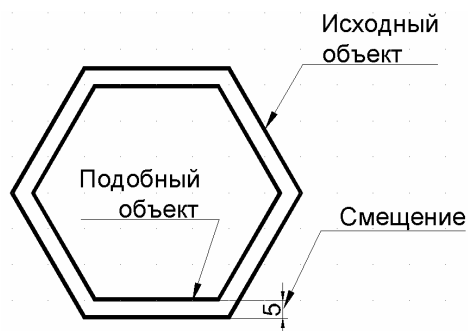
Команда: **ПОДОБИЕ**

Укажите расстояние смещения или [Через / Удалить / Слой] <1>: 5

Выберите объект для смещения или [Выход / Отменить] <Выход>:

Укажите точку, определяющую сторону смещения или [Выход / Несколько / Отменить] <Выход>

Выберите объект для смещения или [Выход / Отменить] <Выход>:
<Enter>



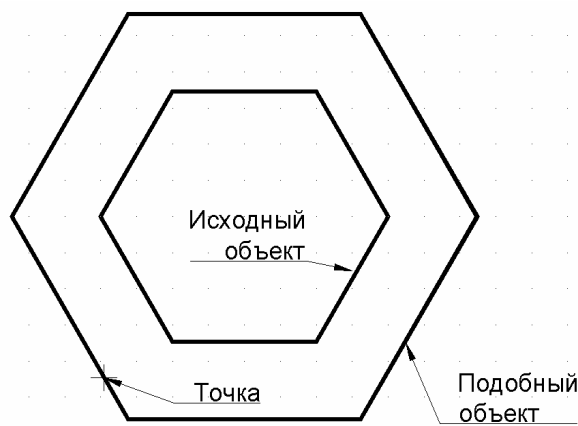
Команда: **ПОДОБИЕ**

Укажите расстояние смещения или [Через / Удалить / Слои] <1>: Ч

Выберите объект для смещения или [Выход / Отменить] <Выход>:

Укажите точку, определяющую сторону смещения или [Выход /
Несколько / Отменить] <Выход>:

Выберите объект для смещения или [Выход / Отменить] <Выход>:
<Enter>



Перемещение и поворот объектов

Изменение положения объектов осуществляется *перемещением* без изменения ориентации и размера, *поворотом* относительно некоторой точки и *выравниванием*.

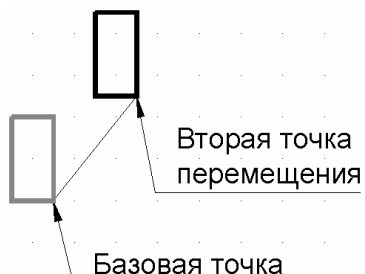
Команда **ПЕРЕНЕСТИ** перемещает указанные объекты из одного места чертежа на другое, при этом в диалоге с командой необходимо указать базовую точку для привязки курсора к выбранным объектам и вторую точку перемещения, в которую должна быть перенесена базовая точка вместе с объектами.

Команда: **ПЕРЕНЕСТИ**

Выберите объекты: найдено 1,

Базовая точка или [смещение] <смещение>:

Вторая точка или <считать смещением первую точку>:



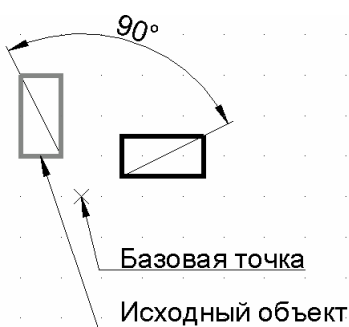
Команда **ПОВЕРНУТЬ** выполняет поворот объектов, при этом требует указать базовую точку, относительно которой должен быть выполнен поворот, а также угол поворота (относительного или абсолютного). *Относительный* угол поворота означает, что объект поворачивается вокруг базовой точки на этот угол относительно текущего положения. Задание *абсолютного* (опорного) угла поворота приводит к изменению угла поворота объекта с текущего на указанный относительно абсолютных координат.

Команда: **ПОВЕРНУТЬ**

Выберите объекты: найдено: 1,

Базовая точка:

Угол поворота или [Копия / Опорный угол] <270>: -90



Команда **_ALIGN** выполняет перемещение, поворот и масштабирование объекта так, чтобы он оказался выровнен с другим объектом. Для выравнивания двух объектов на плоскости пользователь должен указать выравниваемые объекты, первую исходную точку и первую целевую точку, вторую исходную точку и вторую целевую точку, ответить на запрос о необходимости масштабирования по точкам выравнивания.

Команда **_ALIGN** доступна также из меню *Редактировать \ 3D-операции / Выровнять*.

В примере производится выравнивание с поворотом прямоугольника по грани многоугольника.

Команда: **_ALIGN**

Выберите объекты: найдено 1,

Первая исходная точка:

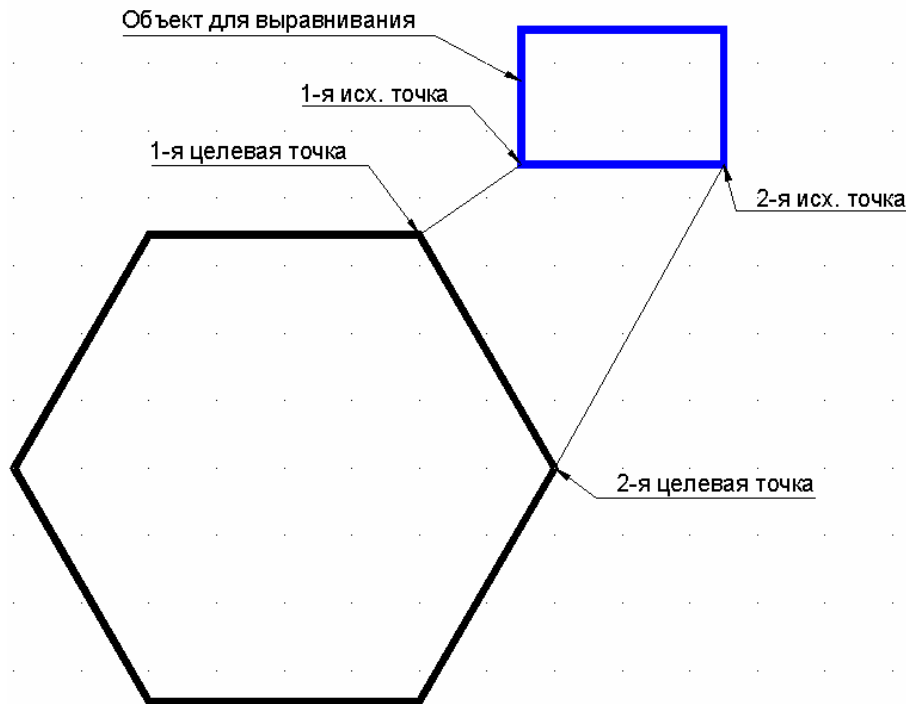
Первая целевая точка:

Вторая исходная точка:

Вторая целевая точка:

Третья исходная точка или <продолжить>: П

Масштабировать объекты по точкам выравнивания? [Да / Нет]: Д



Объекты будут выровнены (перемещены и повернуты), а затем, при необходимости, масштабированы. При этом первая целевая точка является базовой точкой масштабирования, расстояние между исходными точками является ссылочной длиной, а расстояние между целевыми точками – новой длиной. Отношение ссылочной длины к новой определяет масштаб изменения поворачиваемого объекта.

Результат выравнивания без масштабирования и с масштабированием приведен на рис. 29.

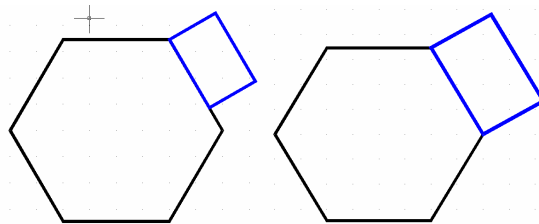


Рис. 29

Стирание, изменение размеров и растягивание объектов

Команда **СТЕРЕТЬ** удаляет указанные объекты из чертежа. Того же эффекта можно добиться, если выделить объект и нажать клавишу **DEL**.

Команда **МАСШТАБ** изменяет размеры выбранных объектов относительно заданной базовой точки в масштабе указанном явно в виде числа или в виде ссылки. При масштабировании по *ссылке* одно из существующих измерений объекта используется как ссылочное для нового. При этом указывается длина объекта в текущем масштабе и его новая длина после преобразования. Например, если в каком-либо из измерений объект имеет длину 4,8 единиц, и его нужно увеличить до 7,5 единиц, то первая длина служит ссылочной, а вторая – новой.

Результат масштабирования похож на результат выполнения команды **ПОДОБИЕ**, но при этом исходные объекты удаляются.

Команда **РАСТЯНУТЬ** позволяет растягивать одну часть объекта относительно другой. Команда требует указать базовую точку для растягивания и две точки перемещения. Объекты для растягивания должны выбираться секущей рамкой. Сегменты объектов, пересеченные секущей рамкой, будут растягиваться, а сегменты (или объекты), полностью попавшие в рамку, – перемещаться.

На рис. 30 показано растягивание плана кровли. Точками 1 и 2 определена секущая рамка, точкой 3 – базовая точка, точкой 4 – точка перемещения.

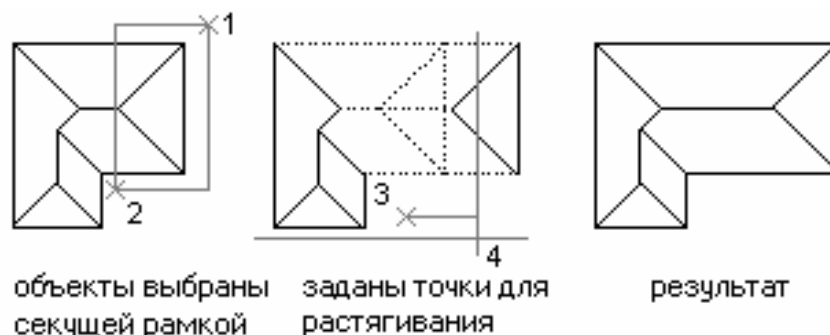


Рис. 30

Обрезка и разрыв объектов

Команда **ОБРЕЗАТЬ** выполняет обрезку объекта точно по режущей кромке, задаваемой одним или несколькими другими объектами. Объекты, указанные в качестве режущих кромок, не обязательно должны пересекать обрезаемые объекты, можно выполнить обрезку в точке воображаемого пересечения объекта с продолжением режущей кромки. Режущие кромки могут представлять собой отрезки, дуги, окружности, полилинии, эллипсы, сплайны и т.д. Широкие полилинии обрезаются по осевым линиям.

На рис. 31 показано, как выполняется соединение двух стен путем обрезки линии их пересечения. Для обрезки выбраны режущие кромки (1 и 2 с помощью прицела или секущей рамки) и указан участок, предназначенный для обрезки (3).

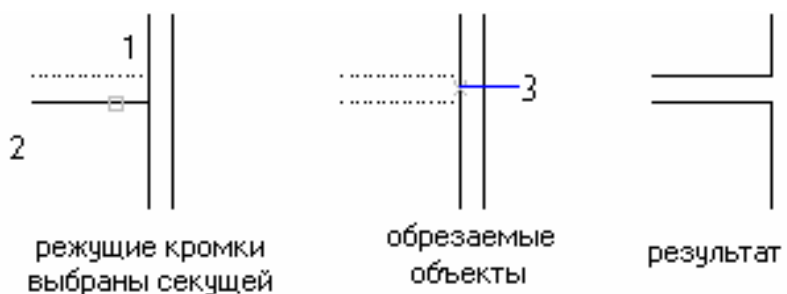


Рис. 31

Редактирование с помощью ручек

После выбора объектов на поле чертежа с помощью мыши на выбранных объектах появляются так называемые *ручки*, расположенные в определяющих точках выбранных объектов (рис. 32).

Ручки позволяют, используя устройство указания, комбинировать выбор объектов и вызов команды из контекстного меню, а также манипулировать объектами с помощью графического курсора или ключевых слов и тем самым ускорить процесс редактирования.

Используя ручки, можно существенно сократить обращения к меню.

Графический курсор автоматически привязывается к ручке, по которой он проходит. Если ручки включены, то при удалении объектов из набора выбора они перестают быть подсвеченными, но ручки на них остаются. Для удаления какого-либо объекта из набора выбора, имеющего ручки, следует нажать клавишу **SHIFT** при выборе этого объекта. Удаление ручек из набора объектов производится нажатием клавиши **ESC**.

Для *редактирования с помощью ручек* нужно мышью выбрать ручку, точка расположения которой будет базовой точкой редактирования. Выбранная ручка выделяется другим цветом.

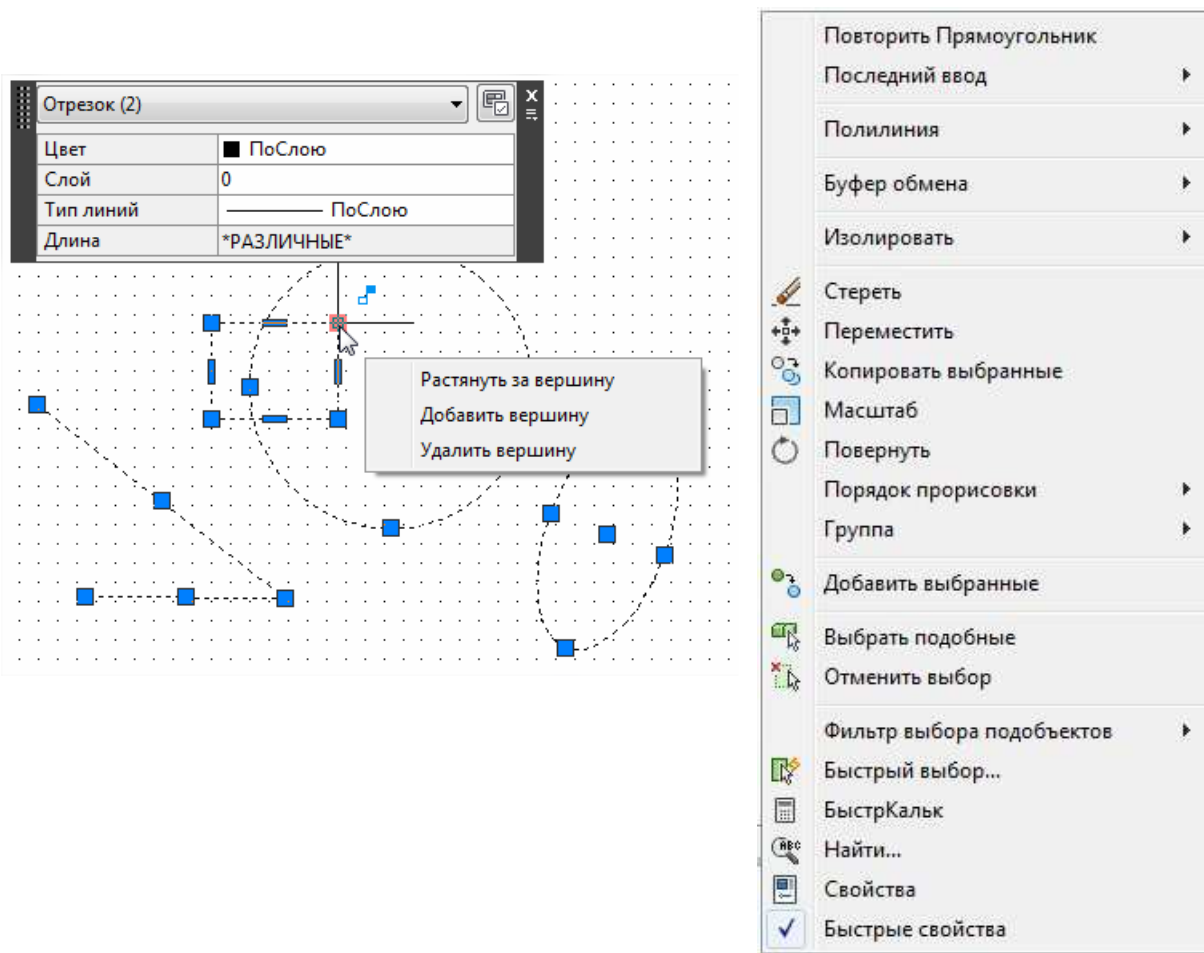


Рис. 32

После этого выбирается одна из команд редактирования: **РАСТЯНУТЬ**, **ПЕРЕНЕСТИ**, **ПОВЕРНУТЬ**, **МАСШТАБ** или **ЗЕРКАЛО**.

Выбор этих команд производится в командной строке вводом начальных букв или вызова контекстного меню (см. рис. 32), которое вызывается нажатием правой клавиши мыши.

При *продолжительном удержании* клавиши SHIFT в процессе указания положений копий на экране включается режим многократного копирования или переноса отмеченных объектов.

Имеется возможность использовать несколько ручек в качестве базовых. Это позволяет редактировать объект с сохранением геометрии его элементов, находящихся между базовыми ручками, без изменений. Для выбора нескольких ручек в качестве базовых следует удерживать в нажатом состоянии клавишу SHIFT в процессе выбора ручек.

Настройка режима работы ручек и размера прицела выполняется в диалоговом окне «*Настройка*», которое активизируется командой **ДИАЛУЧ**

или из меню *Сервис / Настройка* (закладка *Выбор*). В окне можно выполнить включение / отключение ручек, выбрать цвет отображения выбранных и невыбранных ручек, а также их размер на экране (рис. 33).

Показ палитры *Быстрые свойства объектов* (см. рис. 32) может быть отключен через меню *Сервис / Режимы рисования*, если в закладке *Быстрые свойства* убрать галочку.

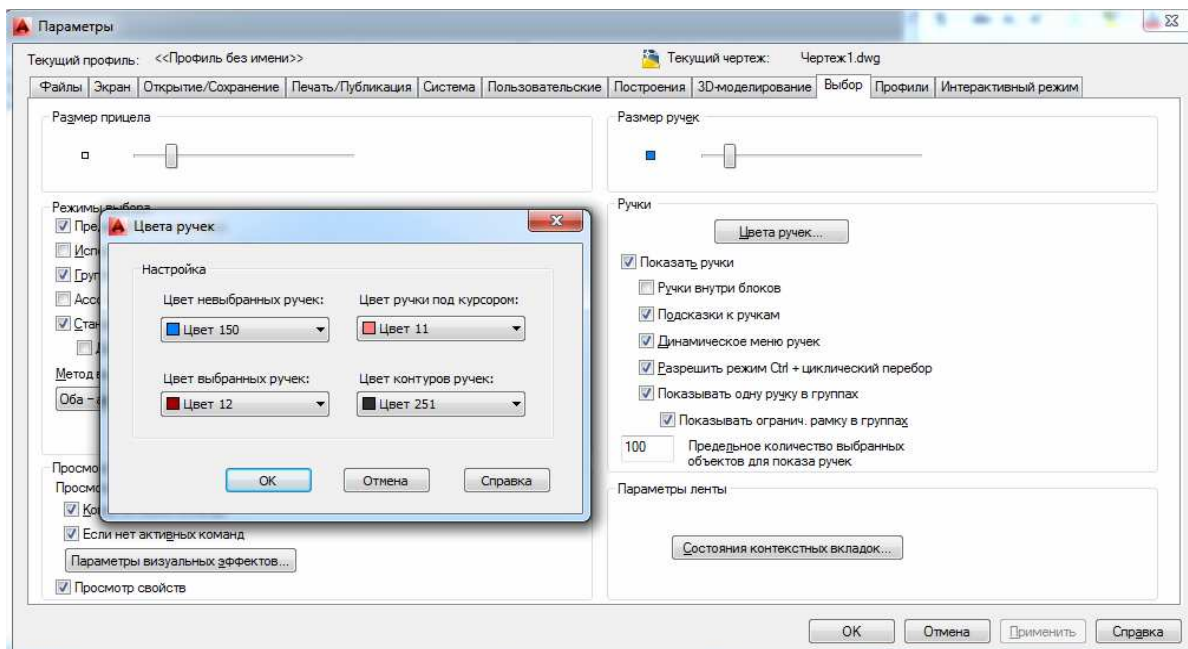


Рис. 33

2.5. Блоки, атрибуты и внешние ссылки

Одним из механизмов создания чертежа в AutoCAD является использование блоков с атрибутами и внешних ссылок на другие рисунки.

Блоки – это организованные в группы объекты рисунка, которыми можно манипулировать как единым целым объектом.

Использование блоков упрощает создание, редактирование и сортировку объектов рисунка и связанной с ними информации. Блоки можно использовать, например, в следующих целях:

- создания стандартной библиотеки часто используемых символов, узлов и деталей;
- быстрого редактирования рисунков путем вставки, перемещения и копирования целых блоков, а не отдельных геометрических объектов;
- экономии дискового пространства путем адресации всех вхождений одного блока к одному и тому же описанию блока в базе данных рисунка.

Атрибуты – текстовые объекты, которые могут помещаться в блоки для хранения в них некоторой информации о блоке или о том, что он изображает, например, наименования и номера деталей, их номинал, тип, позиционное обозначение на схеме.

Внешние ссылки – дополнительные данные, которые позволяют связать блок текущего чертежа с другим рисунком. При открытии чертежа с внешними ссылками на другие рисунки и чертежи в нем отражаются все внесенные там изменения.

2.5.1. Работа с блоками

Создание блоков

Для создания блока необходимо выполнить его *описание* (определение), в которое входят имя блока, базовая точка вставки, графические объекты.

Описания блоков можно создавать следующими командами:

- **БЛОК** – группирует объекты для использования только в текущем рисунке, при этом описание блока пользователь формирует, отвечая на запросы в командном окне, показанном на рис. 34.
- **СБЛОК** – аналогична команде **БЛОК**.
- **ПБЛОК** – группирует объекты или блоки и записывает их в файл x.dwg. Этот файл используется для вставок в другие рисунки со ссылкой на него.

Пример 12

Создать блок условного обозначения резистора. Объекты, входящие в блок могут быть выбраны любым из возможных способов, например, полилинией.

Команда: **БЛОК**

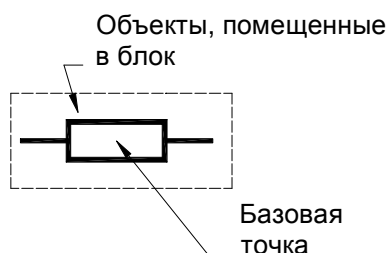
Выберите объекты: найдено: 3

Имя блока или [?]: РЕЗИСТОР

Выполняется регенерация модели

Базовая точка вставки:

Укажите местоположение параметра



Команда **БЛОК** вводится в командной строке, вызывается через меню *Рисование / Блок / Создать* или пиктограмму *Создать блок* на панели инструментов и активизирует диалоговое окно «Определение блока» (рис. 34). Для оперативного просмотра имен уже имеющихся блоков используется кнопка «Список имен блоков». Чтобы оставить на чертеже объекты, формирующие блок после его создания, необходимо установить переключатель «Оставить».

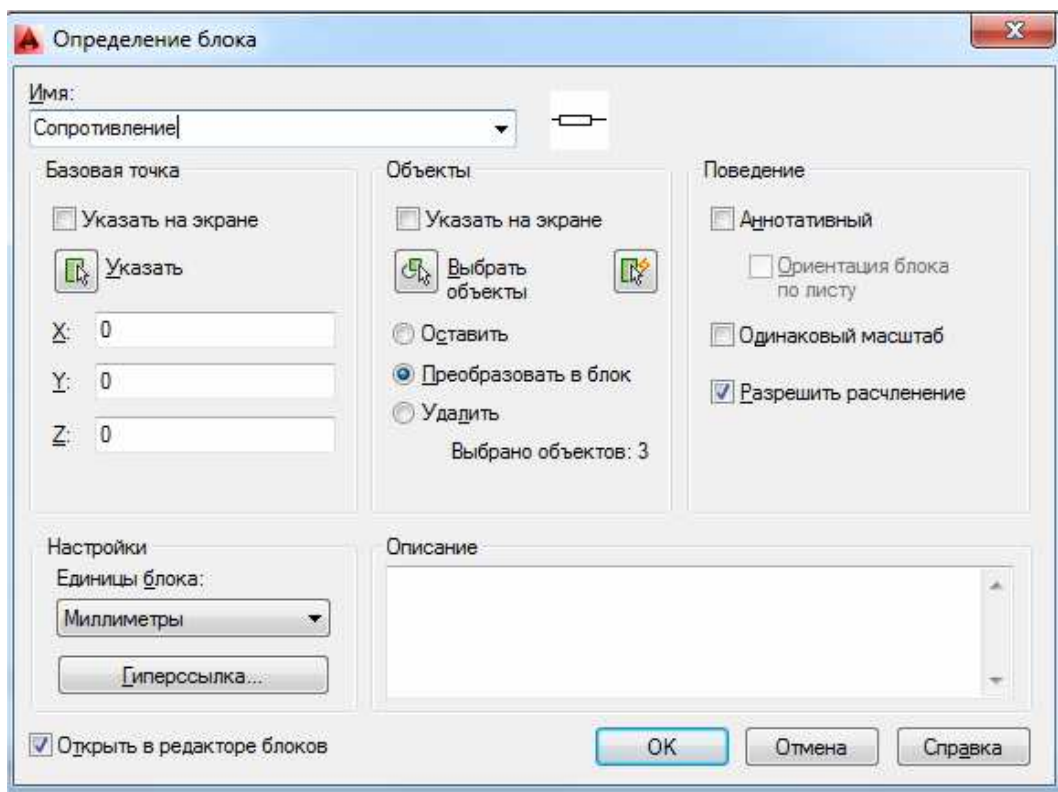


Рис. 34

Блоки, созданные командами **БЛОК** и **СБЛОК**, доступны только в текущем рисунке.

Для того чтобы блок был доступен и в других чертежах, его необходимо записать в файл командой **ПБЛОК** с определением пути размещения.

Блок может включать в себя другие (вложенные) блоки. Единственное ограничение при использовании вложенных блоков – запрет ссылок из блока на самого себя.

Управление блоками и их переопределение

С блоками можно выполнять следующие операции:

- *вставлять* в рисунок с масштабированием и поворотом;

- *расчленять* на составляющие объекты и редактировать;
- *переопределять* описание блока, при этом AutoCAD обновляет все существующие вхождения блока и применяет новое описание ко вновь вставляемым блокам.

Вставка отдельных блоков и целых рисунков из внешних dwg-файлов в текущий рисунок производится командами **ВСТАВИТЬ**. При *вставке* блока на рисунок происходит так называемое *вхождение блока*, сопровождаемое появлением диалогового окна, показанного на рис. 35.

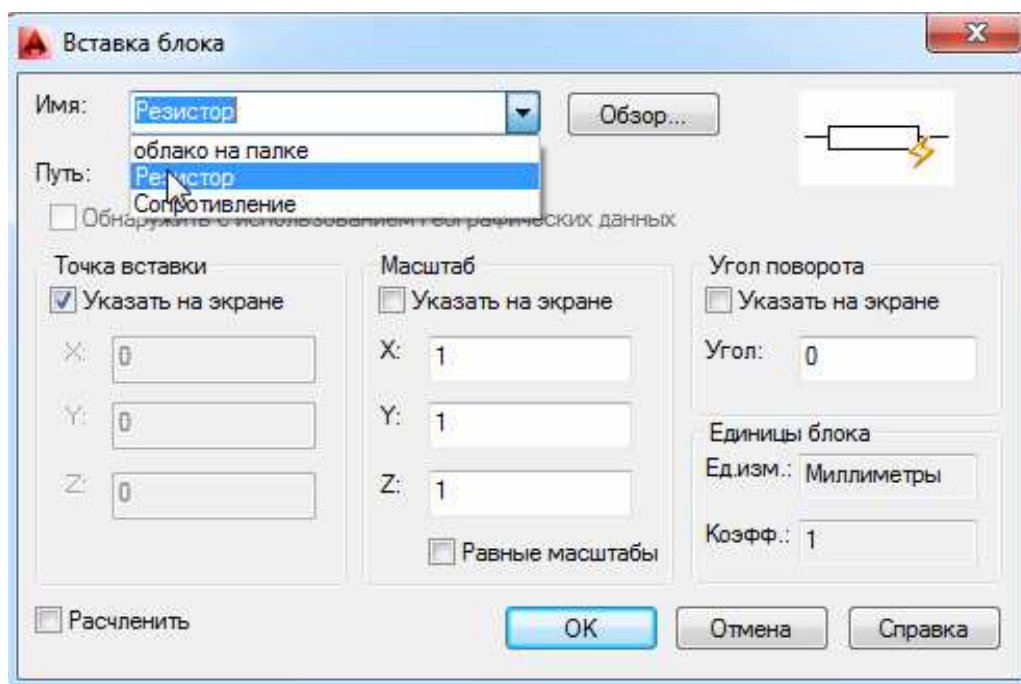


Рис. 35

В диалоговом окне указываются имя блока, имеющегося в текущем рисунке (кнопка **ИМЯ ▼**), или путь и имя файла, в котором хранится внешний блок (кнопка **ОБЗОР**), а также параметры его вставки: *точка вставки*, *масштабные коэффициенты* по оси *X* и *Y* (*Z* игнорируется) и *угол поворота* блока относительно базовой точки вставки.

Команда **МВСТАВИТЬ** используется для множественной вставки блока с размещением в узлах прямоугольного массива. При этом кроме параметров вставки блока (таким же, как и в команде **ВСТАВИТЬ**) запрашиваются параметры прямоугольного массива, аналогичные параметрам, задаваемым в команде **МАССИВ**.

Для того чтобы после вставки блок можно редактировать, необходимо активировать переключатель «Расчленить», если он доступен.

При вставке в рисунок другого рисунка AutoCAD обрабатывает вставленный рисунок так же, как и обычное вхождение блока. По умолчанию в качестве базовой точки для вставляемых рисунков принимается точка с координатами (0, 0, 0). Изменить координаты точки вставки блока (*Базовой точки*) можно в редакторе блока, перетаскив ее с помощью мыши в другую базовую точку. При всех последующих вставках этого рисунка AutoCAD будет использовать новую базовую точку.

Команда **РАСЧЛЕНИТЬ**, если она разрешена в описании блока, используется для расчленения вхождения блока на составляющие объекты. Команда может быть активизирована в командной строке или из меню *Редактировать / Расчленить*.

После расчленения блока можно отредактировать его элементы, добавить или удалить какие-либо объекты в его описании и сохранить заново *с тем же именем*, т.е. *переопределить*. После переопределения все вхождения блока в рисунок немедленно обновляются в соответствии с новым описанием.

Взаимодействие со слоями, цветами и типами линий

Часто объединяемые в блок объекты находятся на различных слоях, имеют различные цвета и типы линий. Можно задать режим, при котором информация об исходных слоях, цветах и типах линий объектов сохраняется. При каждой вставке блока каждый объект помещается на свой исходный слой и рисуется с использованием исходных цвета и типа линии.

Блок, состоящий из объектов, находящихся на слое 0 и имеющих цвет и тип линии **ПОСЛОЮ**, вставляется на текущий слой и принимает цвет и тип линии этого слоя. Эта установка имеет приоритет перед явным заданием блоку цвета и типа линии.

Блок, состоящий из объектов, имеющих цвет и тип линии **ПОБЛОКУ**, при вставке принимает текущие значения цвета и типа линии. Если цвет и тип линии явно не установлены, блок рисуется с использованием цвета и типа линии, назначенных слою.

Наличие различных слоев, цветов и типов линий при некорректном использовании усложняет работу с блоками.

При назначении цветов и типов линий объектам и блокам рекомендуется придерживаться следующих правил:

- если во всех вхождениях данного блока одни и те же объекты должны располагаться на одних и тех же слоях и иметь одни и те же цвета и типы линий, всем объектам блока (в т.ч. находящимся во вложенных блоках) следует *явно* назначить слой, цвет и тип линии;

– если требуется, чтобы каждое вхождение блока имело цвет и тип линии, назначенные слою, на который блок вставлен, нужно при создании блока разместить все его объекты на слое 0, а цвет и тип линии установить **ПОСЛОЮ**;

– если требуется, чтобы для каждого вхождения блока цвет и тип линии задавались явно, нужно при создании блока установить для всех его объектов цвет и тип линии **ПОБЛОКУ**.

Значения слоя, цвета и типа линии доступны для редактирования в окне «Свойства», открывающегося командой **ДИАЛСВОЙ** или пиктограммой на панели «Стандартная».

2.5.2. Работа с атрибутами блоков

Атрибут представляет собой некое подобие метки или ярлыка, используемого для связывания с блоком текстовых строк. В дальнейшем возможен экспорт информации, хранящейся в атрибутах рисунка, во внешние файлы с последующим использованием в базах данных для генерации различной проектной документации.

Атрибуты могут быть *переменными, постоянными, скрытыми*.

Переменные контролируемые атрибуты блока всегда запрашиваются AutoCAD при каждом вхождении блока, *переменные установленные* присваиваются по умолчанию, но могут изменяться в командной строке, затем значения всех переменных атрибутов сохраняются вместе с блоком.

Постоянные атрибуты принимают одинаковые значения для всех вхождений блока, т.к. имеют фиксированное значение.

Скрытые атрибуты также имеют фиксированные значения, но ни на экран монитора, ни на создаваемый рисунок для печати не выносятся. Но данные таких атрибутов хранятся в файле рисунка и могут быть извлечены и экспортированы во внешние данные.

Создание атрибутов выполняется в редакторе блоков, рабочее окно которого вызывается автоматически после определения блока, если установлен признак «Открыть в редакторе блоков» (см. рис. 34), или через контекстное меню, которое вызывается после выбора блока на чертеже (рис. 36).

Определение каждого атрибута блока задается в диалоговом окне «Определение атрибута» (рис. 37), в котором пользователь указывает свойства и параметры атрибута: *имя, подсказку, значение по умолчанию, текстовые свойства, точку вставки и его режимы* (скрытый, постоянный, контролируемый и установленный).

Окно открывается командой **ДИАЛАТОП** или **АТОПР** в командной строке либо в окне редактора блока при нажатии на пиктограмму «Описание атрибута», которая показана стрелкой на рис. 36.

Свойства и параметры уже введенных атрибутов можно изменять в окне свойств, которое вызывается через контекстное меню для выбранного атрибута в редакторе блоков.

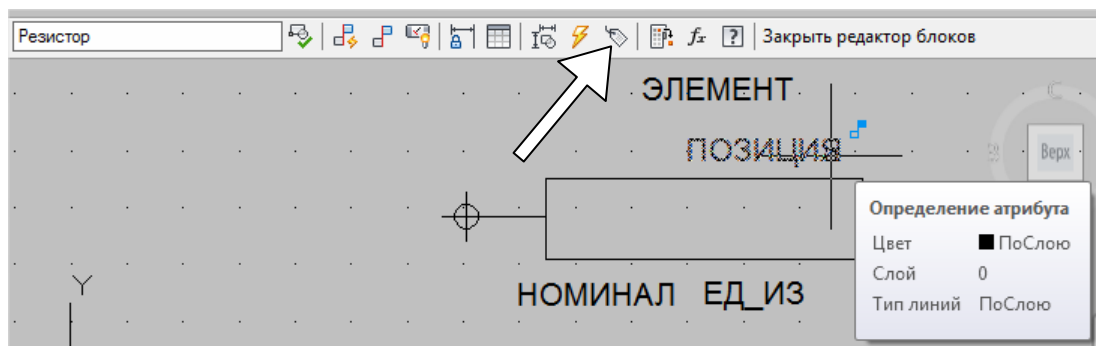


Рис. 36

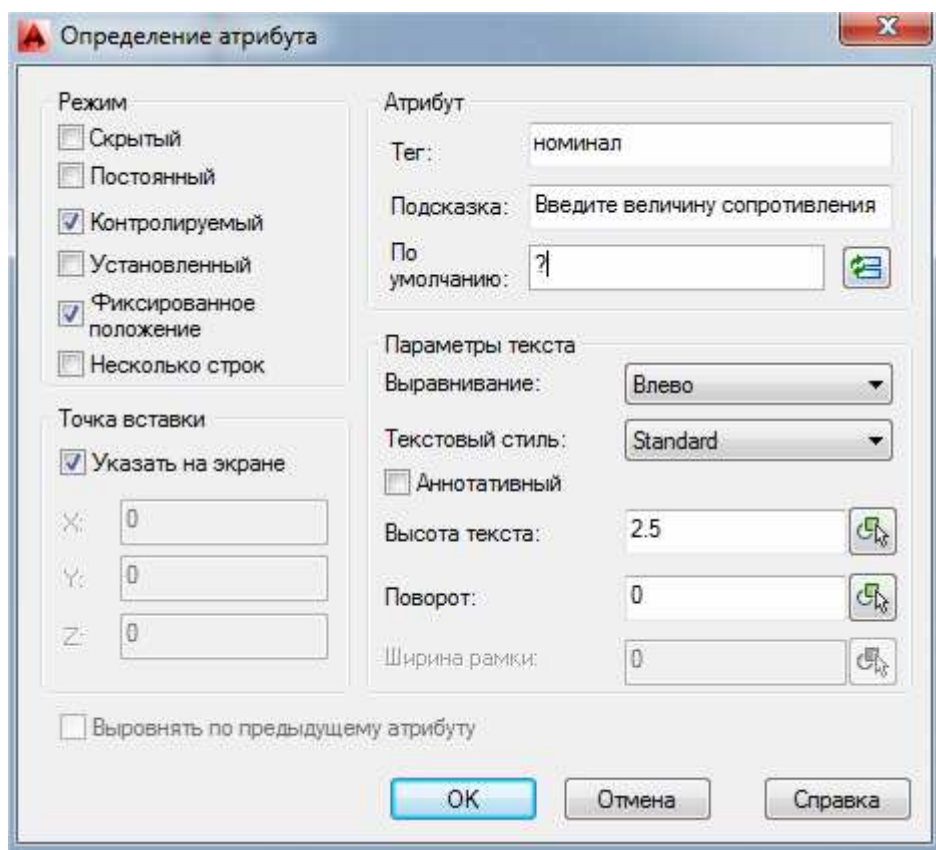


Рис. 37

При вставке блока на чертеж AutoCAD предлагает ввести значения контролируемых атрибутов, используя в качестве подсказки указанную в описании текстовую строку. Для этой цели автоматически открывается окно «*Редактирование атрибутов*», показанное на рис. 38.

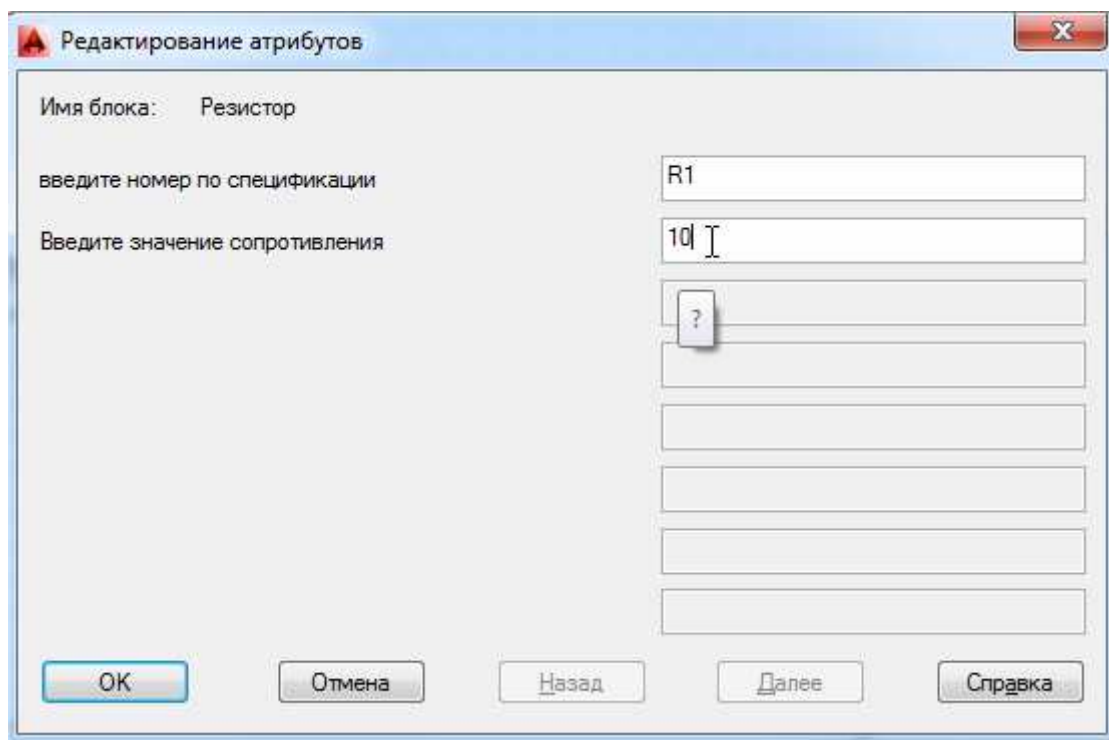


Рис. 38

Значения атрибутов можно ввести и позже вызовом этого окна командами **АТРЕД** или **ДИАЛАТР**.

Порядок выбора атрибутов при записи в блок задает порядок следования запросов на ввод их значений при вставке этого блока. При необходимости порядок следования атрибутов может быть изменен в редакторе блоков.

На рис. 39 показаны сформированные блоки – графические элементы для условных обозначений *конденсатора* и *резистора*, а также их атрибуты: *элемент*, *позиция*, *номинал* и *ед_изм* для размещения в них при каждом вхождении блока соответствующих данных. Справа представлены результаты вставки этих блоков на поле чертежа.

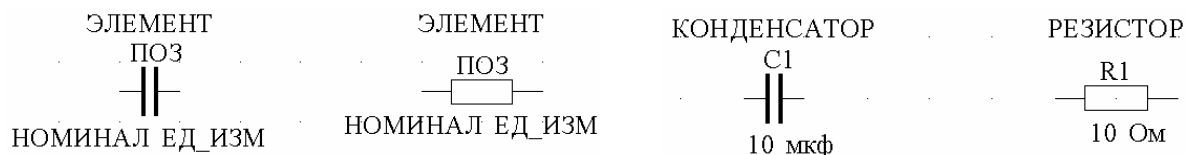


Рис. 39

Редактирование текстовых параметров атрибутов, а также их значений возможно непосредственно в окне «*Редактора атрибутов блоков*»

(рис. 40), которое вызывается двойным щелчком левой кнопки мыши на контуре выбранного блока, командой **ДИАЛРЕД**, через меню *Редактировать / Объект / Атрибуты / По одному* или через элемент контекстного меню «*Редактировать атрибуты*», которое вызывается для отмеченного блока.

В редакторе атрибутов блоков возможно редактирование не только их значений, но и *параметров текста* (высота, наклон и т.п.), а также *свойств* атрибута (слой, цвет и др.).

Изменение всех, а не только значений и текстовых описаний возможно командой **ИЗМЕНИТЬ** в диалоговом окне «*Свойства*».

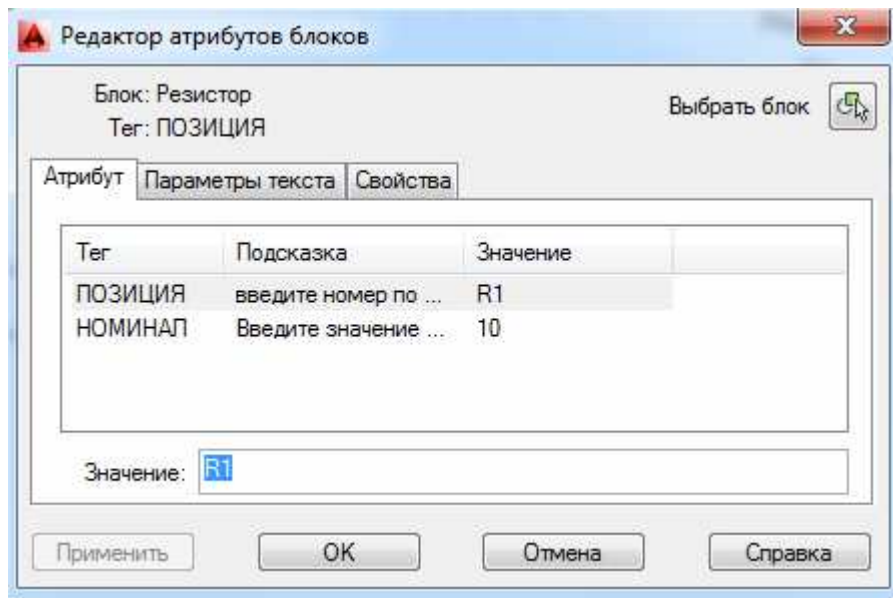


Рис. 40

Управление глобальной видимостью атрибутов осуществляет команда **АТЭКР** путем переключения трех опций-режимов:

- *Нормальный* – видимость атрибутов определяется их описанием (скрытые или нет);
- *Вкл* – все атрибуты видны независимо от их описаний;
- *Откл* – полное отключение видимости атрибутов.

Извлечение данных атрибутов блоков для последующего использования в AutoCAD предусмотрено командой **ДИАЛАТЭК** в нескольких форматах через диалоговое окно.

Предусмотрен вывод файлов:

- *CDF* – текстовый файл содержит по одной записи для каждого вхождения: поля разделены запятыми, а символьные поля заключены в апострофы;

- *SDF* – текстовый файл содержит по одной записи для каждого вхождения: все поля фиксированной длины и разделены пробелами;
- *DXF* – файл содержит подмножество данных графической информации обмена рисунками AutoCAD с вхождениями блоков, атрибутами и символами конца последовательности. Шаблон для вывода в формате DXF не требуется.

2.5.3. Внешние ссылки

С текущим рисунком можно связывать другие рисунки в качестве внешних ссылок через меню *Вставка / Внешняя ссылка*.

Отличие внешних ссылок от блоков заключается в следующем:

- *если рисунок вставляется как блок*, то описание блока (т.е. перечень входящих в него геометрических объектов) записывается в базу данных текущего рисунка. Никакие дальнейшие изменения исходного рисунка *не изменяют* тех рисунков, куда он был вставлен;

- *если рисунок вставляется как внешняя ссылка*, то любая модификация исходного рисунка также *изменяет* те рисунки, где он используется.

Таким образом, рисунок с внешними ссылками всегда отражает их текущее состояние.

Как и блоки, внешние ссылки представляют собой единые объекты текущего рисунка.

Применение внешних ссылок практически не увеличивает размер файла текущего рисунка; кроме того, их нельзя расчленять. Как и блоки, внешние ссылки могут быть вложенными.

Для управления внешними ссылками предназначены команды **ССЫЛКА** или **ГИПЕРССЫЛКА**, активирующие диалоговые окна «*Диспетчер внешних ссылок*» или «*Вставка гиперссылки*». AutoCAD отображает в нем статус каждой из имеющихся ссылок и их текущие взаимосвязи.

Использование внешних ссылок позволяет:

- собирать главный рисунок из фрагментов, которые могут изменяться в ходе разработки проекта другими разработчиками;
- координировать свою работу с работой других разработчиков, накладывая другие рисунки на свой и внося произведенные в них изменения;
- гарантировать наличие на экране последних версий фрагментов рисунков. При открытии AutoCAD автоматически производит обновление всех ссылок, таким образом, рисунок всегда отражает их текущие состояния;

– выводить на экран только определенные фрагменты ссылок, под-
резая их границы.

При открытии или выводе рисунка на плоттер AutoCAD производит обновление всех ссылок, отображая текущее состояние каждой из них. После завершения редактирования рисунка и его сохранения он становится доступным всем пользователям, для этого им нужно лишь обновить ссылку.

3. СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ СХЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ САПР «АЛЬФА» версии 7.0

3.1. Создание схемы электроснабжения

3.1.1. Введение

Для автоматизированного проектирования силовых питающих и распределительных сетей предназначена САПР «Альфа».

Единая технологическая линия проектирования комплекса позволяет выполнить проект, начиная с однолинейной электрической схемы.

Исходные данные со схемы служат основой для выполнения подсчета электрических нагрузок, подбора защитной и пусковой аппаратуры, типов распределительных устройств и сечений проводников.

Руководящие материалы

Комплекс САПР «Альфа» обеспечивает требования руководящих материалов:

- ГОСТ 21.613-88 «Силовое электрооборудование. Рабочие чертежи».
- ГОСТ 21.614-88 «Изображения условные графические электрооборудования и проводок на планах».
- ГОСТ 28249-93 «Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета в электроустановках переменного напряжения до 1 кВ».

Выходные документы

Результатом проектирования в САПР «Альфа» являются следующие выходные документы:

- спецификация электротехнического оборудования;
- расчетная схема электрическая однолинейная распределительной сети (в графической и табличной форме);
- расчет электрических нагрузок по форме Ф636-92;
- чертеж расположения оборудования и трасс на плане помещения;
- кабельный и кабельно-трубный журналы.

Проектирование начинается с задания конфигурации распределительной сети. Пользователем задаются основные характеристики пусковой и защитной аппаратуры, длины кабелей в соответствии с планом расположения оборудования, типы сред установки электроприемников и распределительной аппаратуры. Производится подбор и расстановка электроприемников. (Программа включает в себя обширную базу всевозможных электроприемников. Предусмотрено дополнение базы.)

На основании конфигурации сети и данных электроприемников, заданных пользователем, производится расчет нагрузок.

Также автоматически создаются чертежи распределительных сетей. Производится ввод планов помещений из чертежей стандартного формата DXF (AutoCAD, Компас-График и др.) для нанесения трасс прокладки кабелей и автоматического определения длин этих трасс.

Выходные документы доступны как в текстовом виде (формат RTF – Microsoft Word), так и в графическом (стандартный формат DXF позволяет производить обмен с AutoCAD, MicroStation, КОМПАС и др.).

3.1.2. Интерфейс программы САПР «Альфа»

Главное окно программы САПР «Альфа» показано на рис. 41.

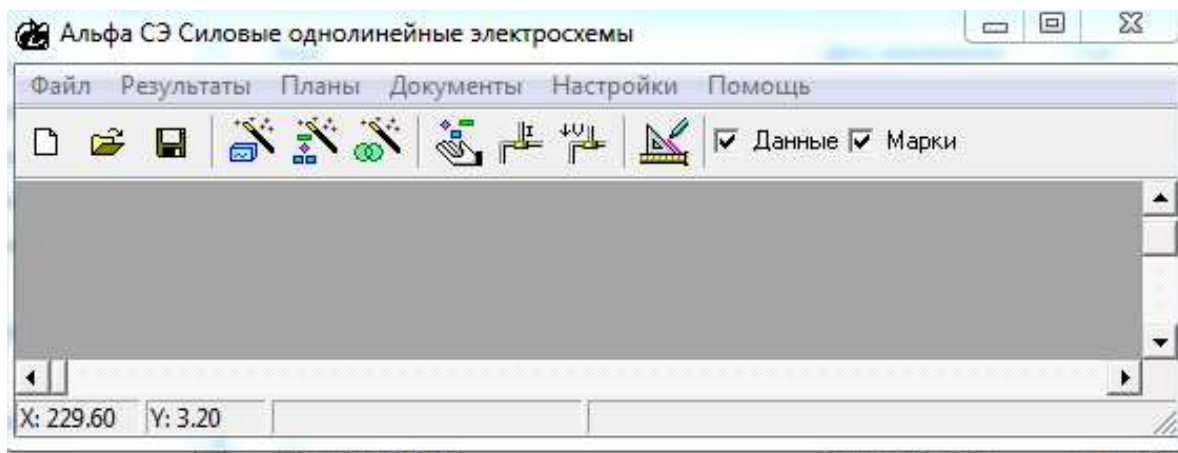


Рис. 41

Оно состоит из следующих основных элементов:

- Основное меню главного окна.
- Кнопки главного окна.
- Рабочее поле программы САПР «Альфа», в котором набирается текущее состояние схемы.
- Поле регистрации текущего положения курсора.

При нажатии правой кнопкой мыши появляется контекстное «Всплывающее меню главного окна». В нем перечислены действия, доступные на данный момент.

При нажатии левой кнопки мыши в том случае, если нажатие произошло на каком-либо элементе схемы, возникает окно с данными этого элемента.

Для редактирования какого-либо поля необходимо щелкнуть на нем левой кнопкой мыши и откорректировать значение.

Для сохранения отредактированных данных необходимо нажать кнопку ОК, а для отмены сделанных изменений кнопку <Отмена>.

Основное меню главного окна содержит следующие пункты:

ФАЙЛ

– *Новый* – очистить текущую схему и начать новую схему. Текущая схема при этом будет потеряна.

– *Открыть* – открывает схему из файла, очистив текущую схему. Текущая схема при этом будет потеряна.

– *Добавить из файла* – добавляет к текущей схеме схему из файла.

– *Сохранить* – сохраняет текущую схему в файл.

– *Выйти* – закончить работу с программой. Текущая схема при этом будет потеряна, если не произведено предварительное сохранение.

РЕЗУЛЬТАТЫ

– *Подсчет нагрузок* – при выборе этого пункта меню открывается диалог, в котором предлагается открыть файл с результатами расчета нагрузок из каталога *Result*. Необходимо щелкнуть на файле левой копкой мыши два раза, чтобы открыть его.

– *Чертеж схемы* – при выборе этого пункта меню открывается диалог, в котором предлагается открыть файл с чертежом однолинейной схемы, находящийся в каталоге *Result*.

ПЛАНЫ

– *Создать план* – создать или отредактировать план расположения оборудования и кабельных трасс для текущей схемы. При этом открывается графическое окно (рис. 42), в котором происходит размещение оборудования на плане по списку, переданному из расчета нагрузок.

ДОКУМЕНТЫ

– *Спецификация* – создание спецификации С1 для текущей схемы.

– *Кабельный журнал* – создание кабельного журнала.

– *Кабельнотрубный журнал* – создание кабельнотрубного журнала.

– *Оформление штампов* – заполнение или редактирование основной надписи (штампа) на чертежах и документах для текущей схемы.

НАСТРОЙКИ

– *Параметры* – ввод основных параметров функционирования САПР.

– *Подбор оборудования* – настройка системы автоматизированного выбора типов кабелей по условиям среды и подключение базы данных.

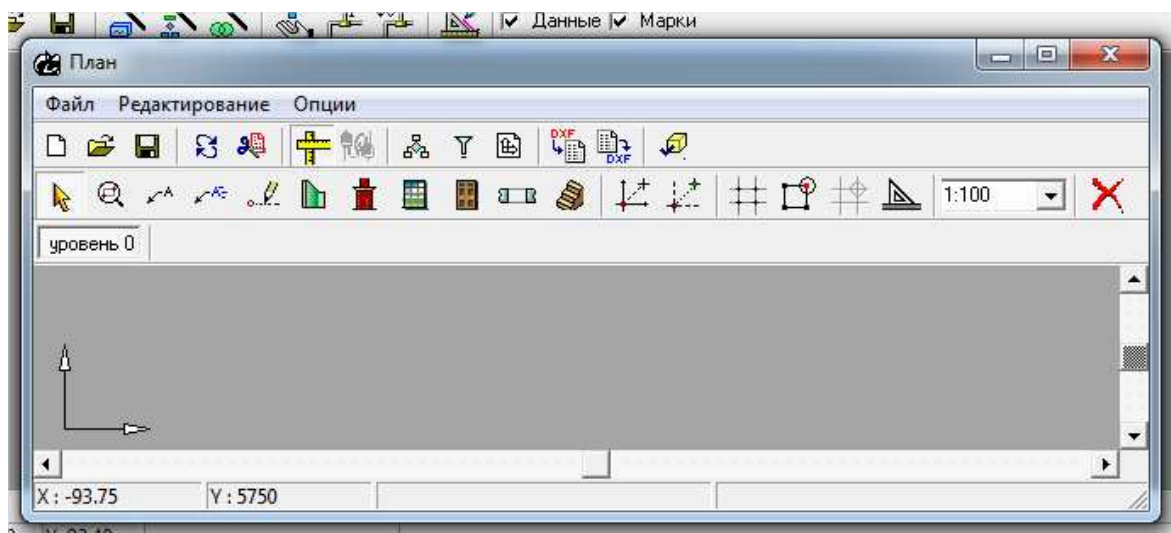


Рис. 42

ПОМОЩЬ

– *Справка* – вызов справочной системы программы (F1).

– *О программе* – вызов информации о программе САПР «Альфа».

Кнопки главного окна

Назначение кнопок главного окна программы САПР «Альфа 70» (слева направо):

– *Очистить схему* – позволяет очистить текущую схему и начать новую. Текущая схема при этом будет потеряна.

– *Открыть файл (схемы)* – открывает схему из файла, очистив текущую схему. Текущая схема при этом будет потеряна.

– *Сохранить (схему) в файл* – сохраняет текущую схему в файл *.sch*.

– *Создать ЭП (одиночный электроприемник)* – по нажатию этой кнопки запускается «Окно выбора силового элемента».

– *Создать РУ→КА→ЭП (цепочку «распределительное устройство – коммутационный аппарат – электроприемник»)* – по нажатию этой кнопки запускается программа-помощник для построения цепочки, включающей в себя распределительное устройство, коммутационную аппаратуру, электроприемник, а также кабели и провода между ними. Пользователю после-

довательно задаются вопросы, в результате сбора ответов на которые и формируется цепочка.

– *Создать трансформатор (подстанцию)* – запускается программа-помощник для задания исходных данных по подстанции. Пользователю последовательно задаются вопросы по характеристикам подстанции.

– *Подбор оборудования (и кабелей)* – запускает процедуру автоматического подбора оборудования.

Перед тем как нажать эту кнопку, необходимо провести расчет нагрузок. Если при подборе очередного аппарата возникает необходимость уточнить его характеристики, перед пользователем высвечивается список аппаратуры с предложением указать требуемый типоразмер оборудования. После подбора оборудования автоматически запускается подбор кабелей и проводов по предельному значению падения напряжения, заданного в общих настройках программы.

– *Подбор сечений проводников* – запускает процедуру проверки падения напряжения и автоматического пересчета сечений проводов.

Перед тем как нажать эту кнопку, необходимо закончить подбор оборудования. Этот режим используется в том случае, если Вы выполнили подбор оборудования и кабелей, а затем внесли коррективы в уставки защитной аппаратуры. Тогда сечения кабелей и проводов выбираются в соответствии с внесенными изменениями. Также при нажатии этой кнопки автоматически выполняется расчет падения напряжения на проводниках. При превышении падения напряжения величины 5% увеличиваются сечения проводов и кабелей на соответствующих участках до требуемой величины.

– *Расчет падения напряжения* – запускает процедуру расчета падения напряжения на участках для всех электроприемников схемы.

При превышении падения напряжения свыше 5% производится увеличение сечений проводников на соответствующих участках схемы. По окончании расчета данные сохраняются в файле Alpha70\Voltage.txt и автоматически отображаются на экране (рис. 43);

– *Создать план* – создать / отредактировать план расположения оборудования и кабельных трасс для текущей схемы.

Действие кнопки аналогично меню **ПЛАНЫ**.

– *Отображение атрибутов схемы:*

- *Данные* – наличие флажка в окне позволяет выводить на нижнюю часть экрана таблицу с данными по электроприем-

никам. Применяется для более компактного отображения схемы.

- *Марки* – показываются данные проводников – марка и сечение.

Эти данные отображаются на схеме только в том случае, если в окне стоит галочка и если был проведен подбор кабелей.

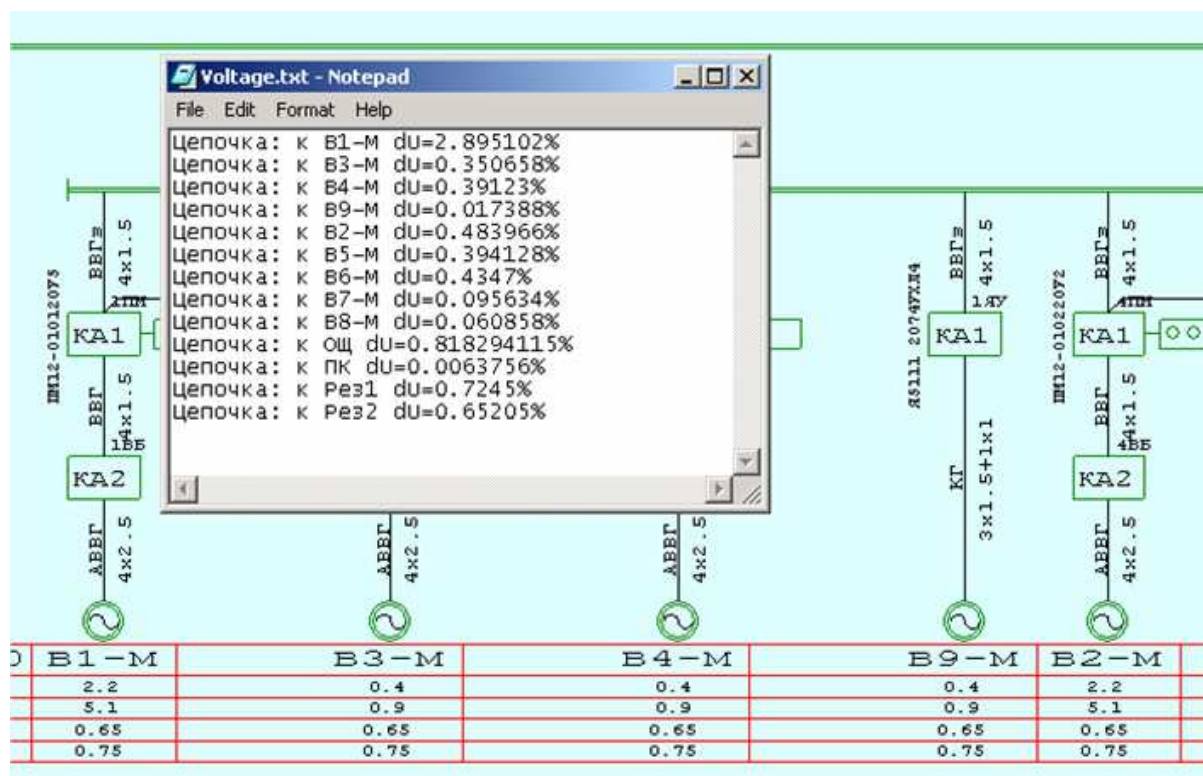
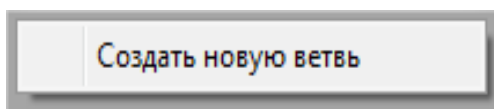


Рис. 43

3.1.3. Содержание всплывающего (контекстного) меню

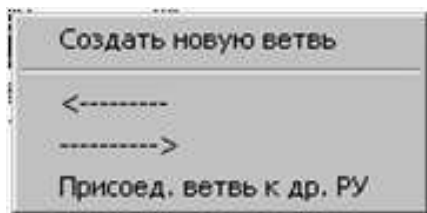
При щелчке правой кнопкой мыши на поле чертежа возникает всплывающее меню. Состав его пунктов зависит от того, на каком элементе чертежа произведен щелчок мыши.

При щелчке на пустом поле чертежа всплывающее меню имеет следующий вид:



Единственный пункт меню предназначен для создания новой ветви «распределительное устройство – коммутационная аппаратура – электроприемник».

При щелчке на кабеле в меню добавляется еще несколько пунктов:

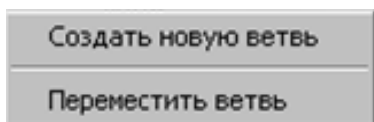


Стрелки вправо и влево означают изменение порядка подключения потребителей к распределительному устройству.

Пункт «Присоед. ветвь к др. РУ» означает, что пользователь желает присоединить выбранную ветвь к другому распределительному устройству. При выборе этого пункта меню вид курсора меняется на вопросительный знак. При щелчке на другом распределительном устройстве ветвь автоматически будет присоединена к нему.

Если необходимо отказаться от присоединения ветви и оставить ее на прежнем месте, следует щелкнуть правой кнопкой мыши на любом свободном месте чертежа и выбрать пункт меню «Отменить».

Если кабель запитывает шлейфом один или несколько электроприемников, то в меню появится еще один пункт – «Переместить».

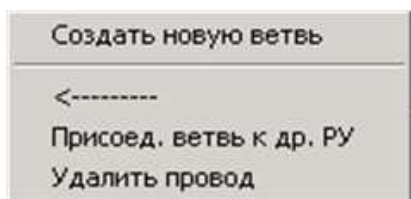


Эта операция позволяет присоединить данную группу потребителей к другому коммутационному аппарату.

При выборе этого пункта меню ветвь исчезает с экрана, а курсор принимает вид стопки листов. Программа будет ожидать щелчка на том коммутационном аппарате, к которому необходимо присоединить группу потребителей.

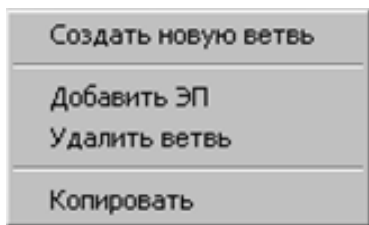
Если необходимо отказаться от выполнения этой операции, следует щелкнуть правой кнопкой мыши и выбрать пункт меню «Отменить».

Если кабель запитывает распределительное устройство, в меню появится еще один пункт – «Удалить провод».



Эта операция удаляет выбранный проводник и отсоединяет распре-
дустройство.

При щелчке на электроприемнике меню имеет следующий вид:



Пункт «Добавить ЭП» позволяет создать новый электроприемник, запитанный шлейфом от того электроприемника, на котором произведен щелчок.

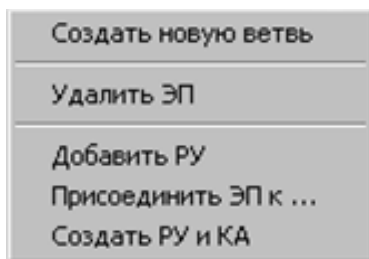
При выборе этого пункта запускается мастер подключений «Создать ЭП», который задает вопросы о способе подключения и характеристиках электроприемника.

Пункт «Удалить ветвь» удаляет всю ветвь (коммутационную аппаратуру и электроприемник).

Пункт «Копировать» копирует электроприемник (несколько раз).

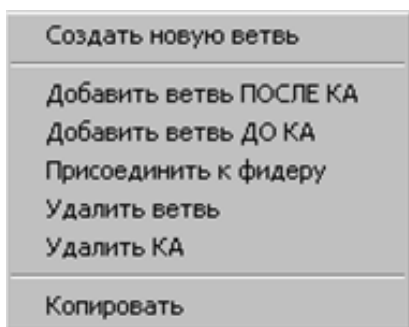
При выборе этого пункта необходимо указать, к какому устройству присоединяется скопированный электроприемник. При щелчке на распре-
дустройстве произойдет подключение электроприемника непосредственно к распре-
дустройству. При щелчке на любом другом аппарате (коммутаци-
онном или другом электроприемнике) произойдет подключение шлейфом. В любом из этих случаев запустится мастер создания способа подключе-
ния, который задаст вопросы о способе подключения нагрузки.

Если щелкнуть по электроприемнику, который пока ни к чему не присоединен, в меню появится дополнительный пункт:



Создать РУ и КА – при этом запустится мастер построения цепочки от распре-
дустройства до электроприемника с использованием коммутаци-
онной аппаратуры – «Создать РУ→КА→ЭП». При этом вопрос об элек-
троприемнике задаваться не будет.

Вид меню при щелчке на коммутационном аппарате:



Пункты этого меню означают:

– *Добавить ветвь ПОСЛЕ КА* – создать новую ветвь из коммутационной аппаратуры и электроприемника. При этом новая ветвь будет подключена шлейфом от того коммутационного аппарата, на котором произведен щелчок.

– *Добавить ветвь ДО КА* – аналогично, но существующая ветвь будет подключена шлейфом к вновь созданной ветви.

– *Присоединить к фидеру* – этот пункт доступен только для ящиков Я5000, которые допускают многофидерное подключение нагрузки (до трех фидеров). При выборе этого пункта запускается диалог по выбору нового электроприемника.

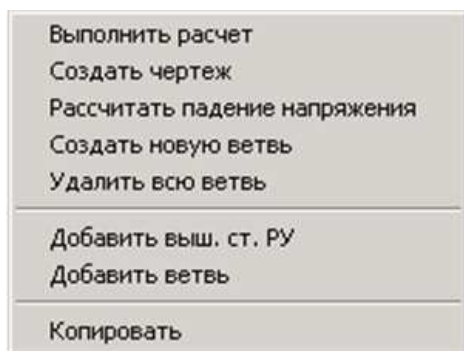
– *Удалить КА* – удаляется выбранный коммутационный аппарат из цепочки.

– *Копировать* – при выборе этого пункта необходимо указать аппарат для вставки скопированной ветви:

- если это будет распреустройство, то будут заданы вопросы по способу подключения и новая цепочка будет подключена непосредственно к распреустройству;
- если в качестве аппарата для вставки будет выбран коммутационный аппарат, то произойдет подключение шлейфом.

Щелчок на распреустройстве в случае:

1. *Если в схеме присутствует только одно распреустройство, то меню имеет следующий вид:*



– *Выполнить расчет* – выполнить подсчет электрических нагрузок для данного распреустройства. При этом запрашивается имя файла, в который будет помещена готовая таблица с результатами расчета. Готовый файл откроется автоматически.

– *Рассчитать падение напряжения* – выполнить расчет падения напряжения. Перед тем, как нажать эту кнопку, необходимо выполнить подбор оборудования и сечений проводников.

При превышении падения напряжения величины 5% производится увеличение сечений проводников на соответствующих участках схемы. По окончании расчета данные сохраняются в файле Alpha70\Voltage.txt и автоматически отображаются на экране.

– *Создать чертёж* – создать чертёж однолинейной силовой электросхемы. При этом чертёж создается одновременно в графическом и в табличном виде. Запрашивается имя файла, в который будет помещен готовый чертёж. После создания чертёж открывается автоматически.

– *Создать новую ветвь* – этот пункт меню предназначен для создания новой ветви «распреустройство – коммутационная аппаратура – электроприемник».

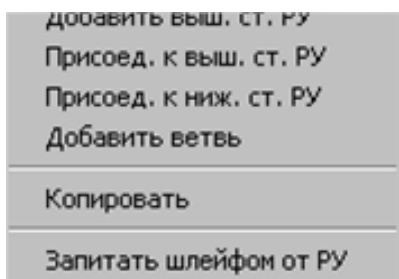
– *Удалить всю ветвь* – из схемы удаляется распреустройство вместе со всем, что было к нему подключено.

– *Добавить выш. ст. РУ* – создать вышестоящее распреустройство, от которого будет запитано выбранное РУ.

– *Добавить ветвь* – создать цепочку из коммутационной аппаратуры и электроприемника, присоединив их к распреустройству. Создание цепочки проводится с помощью мастера создания ветви.

– *Копировать* – скопировать распреустройство вместе со всем, что к нему подключено.

2. Если распреустройств в схеме несколько, то в меню появляются дополнительные пункты:



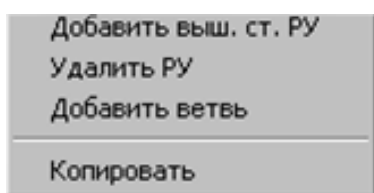
– *Присоединить к выш. ст. РУ* – присоединить к вышестоящему распреустройству. При выборе этого пункт курсор мыши примет вид во-

просительного знака. Требуется указать то распреустройство, от которого необходимо запитать выбранное. Для отмены операции нужно щелкнуть правой кнопкой мышки и выбрать пункт меню «Отменить».

– *Присоединить к ниж. ст. РУ* – запитать от данного распреустройства другое распреустройство. Все действия аналогичны предыдущему пункту меню.

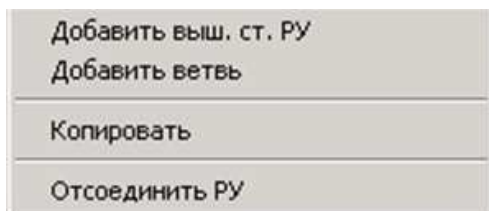
– *Запитать шлейфом от РУ* – аналогично пункту «Присоединить к выш. ст. РУ». При этом соединение произойдет шлейфом.

3. Если распреустройство имеет только один потребитель (и это тоже распреустройство), то в меню появится дополнительный пункт:



– *Удалить РУ* – операция удаляет выбранное распреустройство.

4. Если распреустройство запитано от другого распреустройства, в меню появится пункт:



– *Отсоединить РУ* – отсоединить распреустройство от того аппарата, от которого оно запитано.

3.1.4. Настройка программы САПР «Альфа»

Пункт меню «Настройки / Параметры...»

Форма с настройками программы содержит 5 вкладок:

– *AutoCAD*.

В полях этой формы указывается язык установленной версии AutoCAD. Если используется AutoCAD версии 2000 и выше, галочка ставится в поле «Acad 2000, 2002».

Также указывается желаемая кодировка DXF-файлов. Рекомендуется указывать Windows-кодировку. DOS-кодировка требуется только в том случае, если планируется использовать DOS-версии AutoCAD.

– *Результаты.*

Разрешение конвертации данных в форматы rtf и dxf.

– *Экран.*

В этой вкладке задается физическое разрешение монитора. Это позволяет настроить наиболее комфортное разрешение экрана при работе с программой.

– *Расчеты.*

Здесь предлагается внести условия «по умолчанию» – игнорирование величин КПД при расчете нагрузок, запас длин кабелей, запас труб, которые увеличивают на соответствующее значение данные в кабельных и кабельно-трубных журналах, а также допустимая величина падения напряжения, которая влияет на расчет сечений проводников.

– *Общие.*

Автосохранение каждые «n» минут – необходимая операция для обеспечения сохранности данных в случае «зависания» программы, аварийного завершения или общего сбоя электропитания.

Пункт меню «Настройки / Подбор оборудования»

Форма с настройками подбора оборудования содержит 3 вкладки:

– *Общие.*

Поле «*Показывать весь список*» означает, что при подборе оборудования производится запрос к базе данных программы, и отбирается все оборудование, подходящее по своим данным. При этом пользователю предоставляется возможность самому выбрать наиболее подходящее (например, пускатель – в соответствии с составом его контактов управления, и т.д.).

Чтобы отказаться от этой возможности, следует снять галочку с этого поля.

Поле «*Запас 15% по Inот для распределителей*» автоматически увеличивает предельное значение тока в расчетах этой ветви.

Поле «*Уменьшить сечение для шлейфового подключения*» уменьшает сечение шлейфа.

– *Провода, кабели и трубы.*

В этой вкладке задается предпочтительная марка кабеля и провода для выбираемых условий работы электроприемников в цехе. Из этих марок программа будет автоматически подбирать проводники и их сечения.

– *Данные.*

В этой вкладке задается то, какие трубы будут подобраны. Пока в программу введены только стальные трубы.

Закончив настройку, необходимо нажать кнопку «*Применить*».

3.2. Последовательность работы в САПР «Альфа»

3.2.1. Заполнение штампа

Перед тем, как создавать схему, необходимо заполнить штамп. Это требуется для правильного оформления документов.

Вход в окно «*Оформление штампа*» (рис. 44), выполняется через пункт меню *Документы / Оформление штампов* основного меню программы.

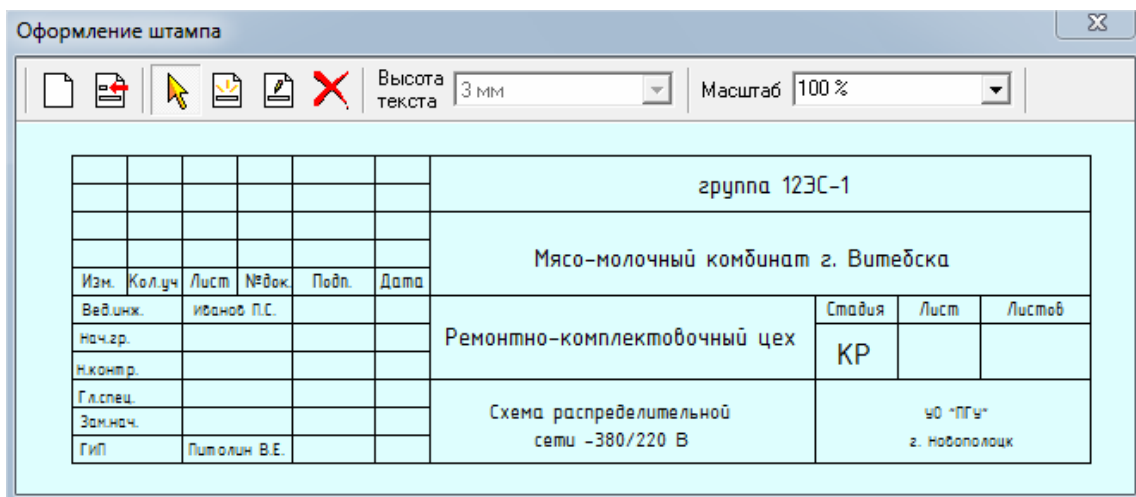


Рис. 44

Сверху на форме находятся кнопки редактирования штампа:

- *Очистить все поля штампа;*
- *Импортировать штамп из файла DOS.*

При нажатии на эту кнопку возникнет окно диалога, в котором будет предложено указать местоположение файла с ДОСовским штампом системы САПР «Альфа» (например, в директории Sapralfa/Work/shtamp.dat).

- *Выбрать / переместить надпись в штампе.*

Для перемещения надписи в штампе нажмите на эту кнопку. Затем наведите мышку на требуемую надпись и нажмите левую кнопку. Не отпуская левой кнопки, переместите надпись по штампу.

- *Создать надпись в штампе.*

Для создания надписи в штампе нажмите эту кнопку, затем щелкните левой кнопкой мышки на том месте, где хотите создать надпись. Место щелчка соответствует левому верхнему углу надписи. Надпись будет иметь размер, заданный в поле «*Задать размер надписи*».

- *Редактировать надпись в штампе.*

Для редактирования надписи в штампе нажмите эту кнопку, а затем левой кнопкой мыши укажите надпись для редактирования. Появится поле

с мигающим курсором. Откорректируйте текст надписи и нажмите Enter. Одновременно можно изменить размер надписи.

– *Удалить надпись в штампе.*

Для удаления надписи в штампе нажмите эту кнопку и укажите левой кнопкой мыши надпись, которую хотите удалить.

– *Задать размер надписи.*

Для задания размера надписи нажмите на кнопку или на строку с размером и выберите из выпадающего меню необходимый размер текста.

– *Выбрать масштаб работы со штампом.*

Для выбора удобного масштаба окна, в котором Вы редактируете штамп, нажмите на кнопку или строку с масштабом, и выберите необходимое значение из выпадающего списка. Также Вы можете непосредственно ввести требуемое значение в процентах. При очень крупном масштабе окно автоматически примет размеры доступного экрана.

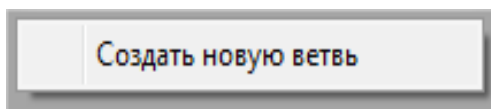
Некоторые данные, введенные в поля штампа, заполняются программой при выпуске спецификаций С1 и при создании таблиц расчета электрических нагрузок автоматически.

При выпуске чертежей схем данные штампа оставляются без изменений. Каждая схема при сохранении в файл записывается вместе с текущим штампом. При чтении схемы из файла задается вопрос о том, надо ли прочесть штамп вместе со схемой и сделать его текущим. При отрицательном ответе текущий штамп останется без изменений.

3.2.2. Создание конфигурации расчетной электрической схемы

Начинать разработку электросхемы рекомендуется с создания отдельных цепочек. Для этого необходимо воспользоваться пунктами всплывающего меню.

При щелчке на пустом поле чертежа всплывающее меню имеет следующий вид:



После нажатия на эту клавишу появится ряд диалоговых окон с вопросами, касающимися состава цепочки и условий ее работы. При ответах на вопросы необходимо придерживаться единообразия технической политики создания системы электроснабжения (единый уровень напряжения, условия работы оборудования, фазность, количество линий, типы коммутационных аппаратов, тип кабеля и т.д.).

В результате создания цепочки «распредустройство – коммутационная аппаратура – электроприемник» появится диалоговое окно (рис. 45) выбора электроприемника.

Тип электроприемника	Ф	Рном,кВт	Cos	КПД	Кисп	Кп
МАШИНА ТОЧЕЧНОЙ СВАРКИ МТ-810	1	8.5	0.6	0.87	0.4	1.8
ВЫПРЯМИТЕЛЬ СВАРОЧНЫЙ	3	32	0.6	0.7	0.35	1
ВРАЩАТЕЛЬ СВАРОЧНЫЙ УНИВЕРСАЛЬНЫ	3	1	0.6	0.7	0.35	4.5
ВЫПРЯМИТЕЛЬ СВАРОЧНЫЙ	3	12	0.6	0.7	0.3	1
СТОЛ СВАРЩИКА	3	1.5	0.83	0.77	0.6	5
УСТАНОВКА ДЛЯ АВТ. СВАРКИ	3	2	0.83	0.77	0.6	5
ВЫПРЯМИТЕЛЬ СВАРОЧНЫЙ	3	28	0.6	0.7	0.3	1
УСТАНОВКА ДЛЯ АВТ. НАПЛАВКИ	3	1	0.83	0.77	0.6	5
УСТАНОВКА ДЛЯ АВТ. СВАРКИ	3	1.8	0.83	0.77	0.12	6

Обозначение: Наименование: МАШИНА ТОЧЕЧНОЙ СВАРКИ МТ-810 Фазность: 3 1

Гибкий ввод Рном,кВт: 8.5 Ки: 0.4 Тип двигателя:

Самозапуск Cos: 0.6 КПД: 0.87 Ирасс, А: Проводники: 0

Основной Нном: 3000 КП: 1.8 Характерная группа: Сварочные посты

Резервный

< Назад Готово Отменить

Рис. 45

В верхней части формы располагается справочная таблица с данными электроприемников.

В нижней – поля данных, в которых задаются характеристики выбранного электроприемника при щелчке на любой строке справочника. Именно эти данные и попадут в собираемую электросхему.

В полях формы полученные данные можно откорректировать.

Когда все данные введены (в т.ч. и обозначение электроприемника на чертеже и в спецификации), кнопка «Готово» активируется.

Рассмотрим более подробно порядок работы с формой выбора электроприемника.

Поля данных электроприемника

– *Обозначение* – условное обозначение элемента. Оно попадает в спецификацию, на план расположения электрооборудования, на схему. Например, В9-М. Выбирается разработчиком произвольно.

– *Наименование* – наименование электроприемника. Например, Вытяжная вентсистема В9.

– *Гибкий ввод* – при необходимости для данного ЭП.

– *Самозапуск* – при необходимости для данного ЭП.

– *Основной \ резервный* - группы ЭП по частоте использования.

– *Рном, кВт* – номинальная мощность электроприемника. Для электродвигателей здесь надо указывать мощность, которая приводится в справочниках, т.е. мощность на валу (механическую).

– *Cos* – коэффициент мощности.

– *Нном* – номинальные обороты электродвигателя. Справочная величина, в расчетах не участвует.

– *Kи* – коэффициент использования, в расчетах не участвует.

– *КПД* – КПД электродвигателя. Расчетные значения тока будут выше ожидаемых на величину КПД.

– *КП* – кратность пускового тока электродвигателя.

– *Тип двигателя* – тип электродвигателя (не обязателен).

– *Ирасц, А* – ток расцепителя. Это поле служит для того, чтобы указать ток расцепителя аппаратуры вторичного распределения электроэнергии. Например, в качестве потребителя выступает щиток электроосвещения. Для обеспечения селективности аппаратуры защиты надо обеспечить отстройку от тока уставки вводного автомата щитка. Чтобы выполнить это требование, необходимо указать в этом поле уставку защитного аппарата электроприемника. Если электроприемник не содержит в своем составе защитной аппаратуры, то в этом поле никаких данных указывать не надо.

– *Фазность* – указывается количество фаз электроприемника. Фазность должна соответствовать выбранной в диалоговом окне.

– *Проводники* – указывается количество проводников к ЭП. Соответствует выбранному количеству в диалоговом окне цепочки.

– *Характерная группа* – группа ЭП, к которой относится потребитель. Например, «Насосная станция».

– *Использование для нужд* – дополнительная характерная группа.

– *Готово* – эта кнопка не активизируется до тех пор, пока не введены корректные данные. В числе прочего программа проверяет уникальность условного обозначения электроприемника, наличие характерной группы, заполнение всех полей (например, номинальной мощности ЭП) и другие условия. Если кнопка «Готово» не активна, необходимо проверить введенные данные еще раз.

Справочник электроприемников

Разработчиками программы предусмотрены три основные возможности для выбора электроприемника: из базы данных ЭП, из существующих в проекте ЭП, из базы данных электродвигателей.

В форме выбора ЭП есть три вкладки (см. рис. 45):

– *База электроприемников.* Справочник базы данных ЭП носит рекомендательную функцию. Электроприемники в нем, как правило, не имеют данных о мощности, указан только коэффициент мощности и коэффициент использования. Данные о мощности проектант вносит самостоятельно. Форма окна показана на рис. 45.

– *Существующие электроприемники.* Особенность вкладки состоит в том, чтобы взять за основу уже заданный и введенный в проект электроприемник, изменить его условное обозначение и, при необходимости, откорректировать его данные. Форма окна показана на рис. 46.

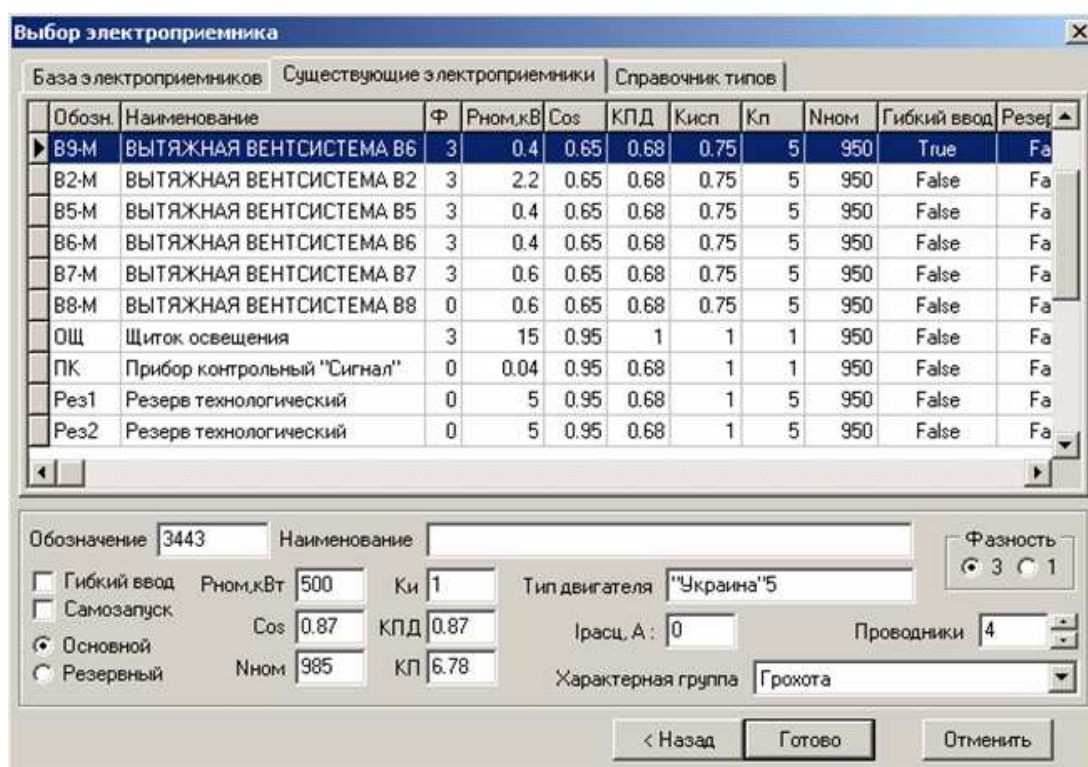


Рис. 46

– *Справочник типов* – позволяет выбрать любой электродвигатель из имеющейся в программе базы данных по электродвигателям. Форма окна третьей вкладки показана на рис. 47.

В этом окне можно произвести поиск электродвигателей по серии и мощности, задав необходимые значения в соответствующих по-

лях формы и нажав кнопку



, чтобы отфильтровать требуемые данные.

Выбор электроприемника

База электроприемников | Существующие электроприемники | Справочник типов

Серия двигателя: Мощность двигателя:

№	Типоисполнение	Мощность, кВт	Частота в-ря	Ток статора, А	КПД	cos	КП	Уном, В
▶ 1559	"Украина"560L-6фУ5	500	985		94.5	0.87	6.78	6000
1558	"Украина"560M-6фУ5	400	985		94	0.86	8.125	6000
1557	"Украина"560S-6фУ5	315	985		93.5	0.86	9.7	6000
2158	2АЗМВ1-1000/6000У5	1000	3000		95.9	0.9	6.5	6000
2159	2АЗМВ1-1250/6000У5	1250	3000		96.2	0.9	6.5	6000
2160	2АЗМВ1-1600/6000У5	1600	3000		96.1	0.9	6	6000
2155	2АЗМВ1-500/6000У5	500	3000		94.8	0.89	5.7	6000
2156	2АЗМВ1-630/6000У5	630	3000		95.3	0.9	5.7	6000
2157	2АЗМВ1-800/6000У5	800	3000		95.4	0.89	6	6000

Обозначение Наименование Фазность 3 1

Гибкий ввод Самозапуск Основной Резервный

Рном, кВт: Ки: Тип двигателя: "Украина"560L-6фУ5

cos: КПД: Трасс. А: Проводники:

Уном: КП: Характерная группа:

< Назад | Готово | Отменить

Рис. 47

Существует альтернативный метод создания электросхем, который начинается с создания отдельного электроприемника.

Для задания данных отдельного электроприемника служит диалог выбора электроприемника и окна свойств, показанные на рис. 45–47.

После выбора электроприемника создается цепочка РК-КА-ЭП нажатием клавиши «Создать РУ и КА» всплывающего меню главного окна.

Порядок использования кнопок меню всплывающего окна изложен в разделе 3.1.2. Следуя этим указаниям, формируется расчетная схема линейных электрических соединений ЭП.


Для создания трансформаторной подстанции верхнего уровня необходимо воспользоваться мастером подключений, нажав клавишу

3.2.3. Расчет нагрузок

Когда задана конфигурация схемы и исходные данные по оборудованию, выполняется расчет электрических нагрузок. Для этого необхо-

димо щелкнуть правой кнопкой мыши на том распредустройстве, для которого выполняется расчет. Выбирается пункт всплывающего меню «*Выполнить расчет*». Указывается имя файла, в который будет сохранена таблица расчета электрических нагрузок. Готовая таблица откроется автоматически.

После расчета нагрузок выполняется подбор оборудования, сечений кабелей и проводов по величине падения напряжения на участках цепочки.

Для проведения подбора необходимо нажать кнопку . Начнется процедура подбора оборудования. При этом для каждого аппарата, если в базе данных подобрано более одной подходящей позиции, откроется окно с просьбой указать конкретный аппарат (рис. 49).

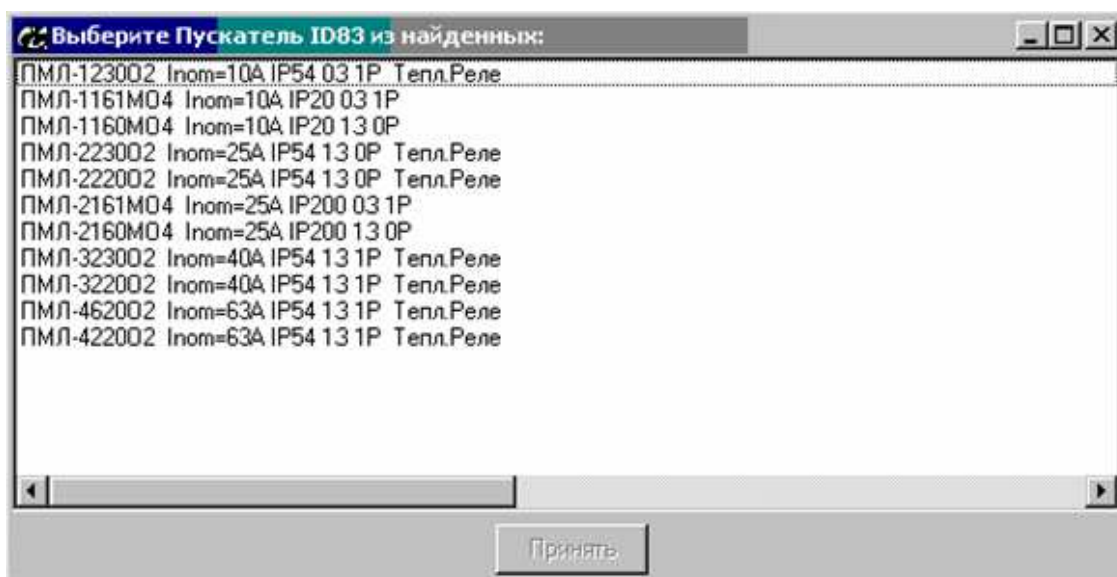


Рис. 49

В заголовке окна указано условное обозначение аппарата, для которого производится подбор. В этом окне необходимо пометить выбранный аппарат и нажать кнопку «*Принять*». Или просто два раза щелкнуть на выбранном аппарате.

Если при подборе не удалось для какой-либо позиции подобрать аппаратуру в базе данных, на экране возникнет соответствующее сообщение. При отсутствии такого сообщения можно считать, что подбор прошел успешно.

После подбора оборудования запускается подбор сечений кабелей и проводов. Сечения подбираются в соответствии с таблицей ПУЭ из ус-

ловия защиты от перегрузки. Расчетным значением для подбора является предельная уставка защитного аппарата, к которому присоединен проводник (например, ток расщепления).

Если после подбора оборудования уставки линейных автоматов распредустройств изменяются, то следует заново рассчитать сечения проводников.

3.2.4. Редактирование свойств элементов электросхемы

Редактирование свойств электроприемника

Для редактирования свойств электроприемника необходимо щелкнуть на нем левой кнопкой мышки один раз. Форма диалогового окна со свойствами электроприемника показана на рис. 50.

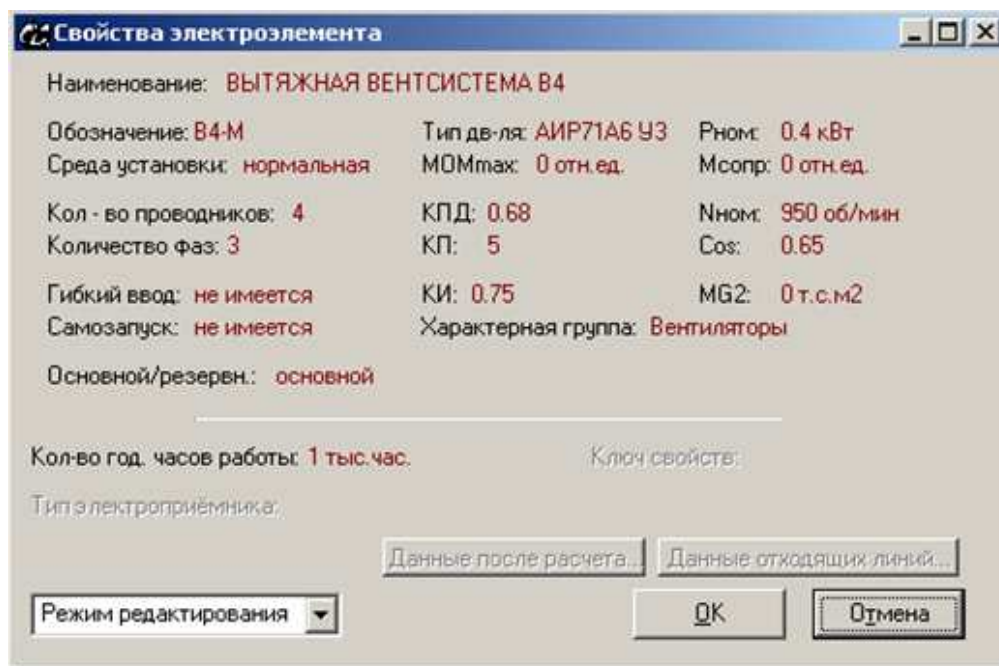


Рис. 50

Чтобы изменить значение любого поля формы свойств, надо щелкнуть на нем левой клавишей мыши. При этом появится дополнительная форма, в которой вводились данные по этому ЭП (см. рис. 45–47).

При этом в списке существующих электроприемников будет показан только тот, данные которого редактируются.

Кнопка «Данные после расчета» активизируется только после того, как успешно проведен подбор оборудования.

То же самое касается и кнопки «*Данные отходящих линий*». Нажав эту кнопку, можно откорректировать типы, номиналы и уставки.

Редактирование свойств коммутационного аппарата

Для редактирования свойств коммутационного аппарата необходимо щелкнуть на нем левой кнопкой мыши один раз. Форма диалогового окна со свойствами коммутационного аппарата показана на рис. 51.

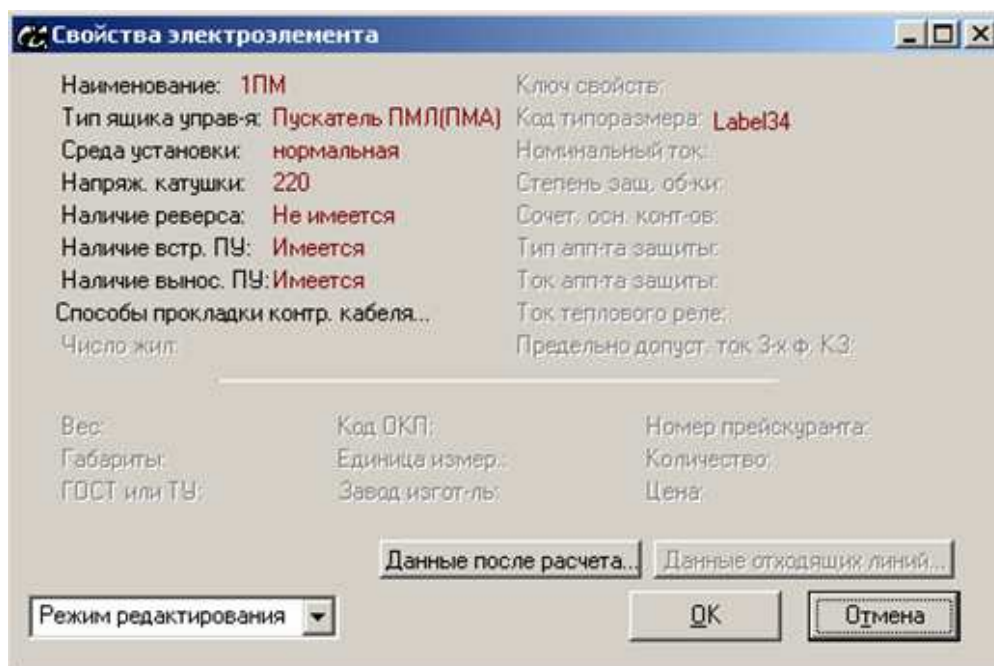


Рис. 51

Чтобы изменить значение любого поля, надо щелкнуть на нем. Появится меню (рис. 52), в котором вводится необходимое значение.

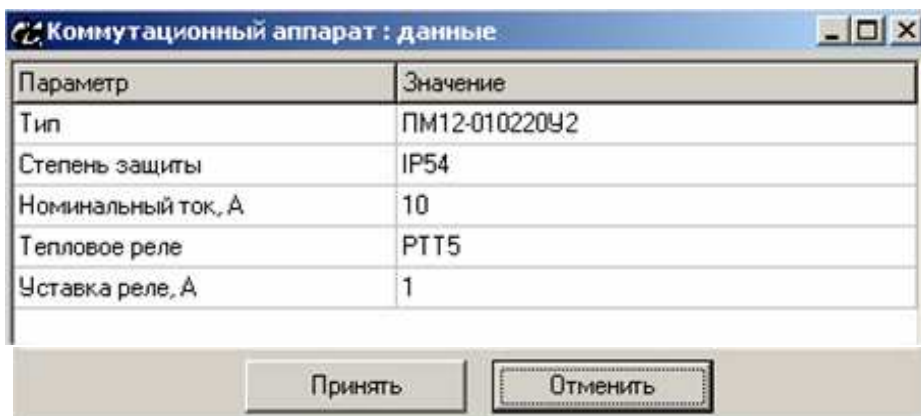


Рис. 52

Редактирование свойств распределительного устройства

Для редактирования свойств распределительного устройства или распределителя необходимо щелкнуть на нем левой кнопкой мышки один раз. Форма диалогового окна со свойствами РУ или РП аналогична показанному на рис. 51. Окно корректировки полей представлено на рис. 53.

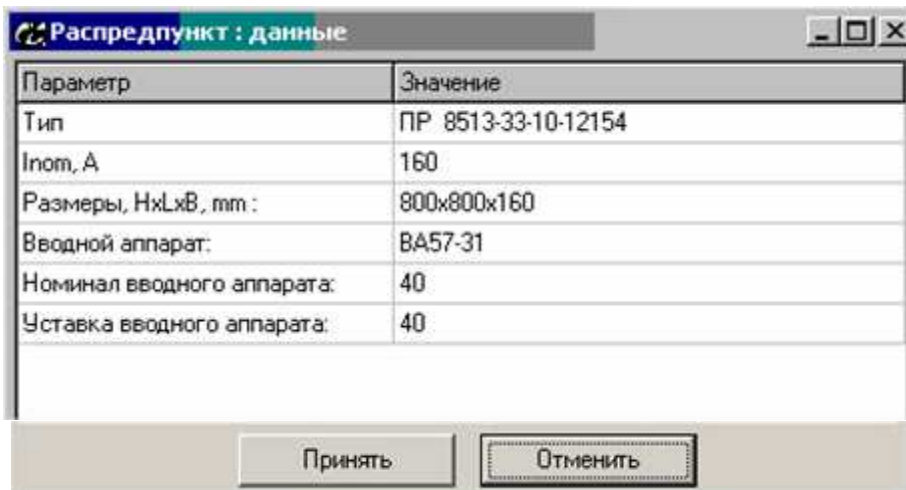


Рис. 53

После нажатия кнопки «Данные отходящих линий», которая обычно активируется после успешного выполнения расчета электрических нагрузок ЭП, появится диалоговое окно (рис. 54).

Это окно предназначено для корректировки типов, номиналов и уставок автоматических выключателей, плавких вставок, тепловых реле и т.д., подобранных программой в автоматическом режиме.

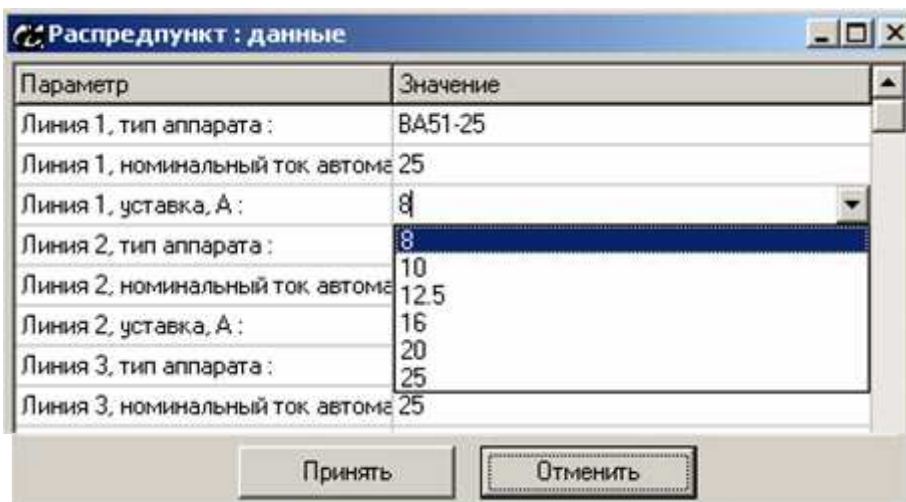


Рис. 54

Редактирование свойств кабеля (провода)

Для редактирования свойств проводника необходимо щелкнуть на нем левой кнопкой мышки один раз. Появится форма со свойствами проводника (рис. 55).

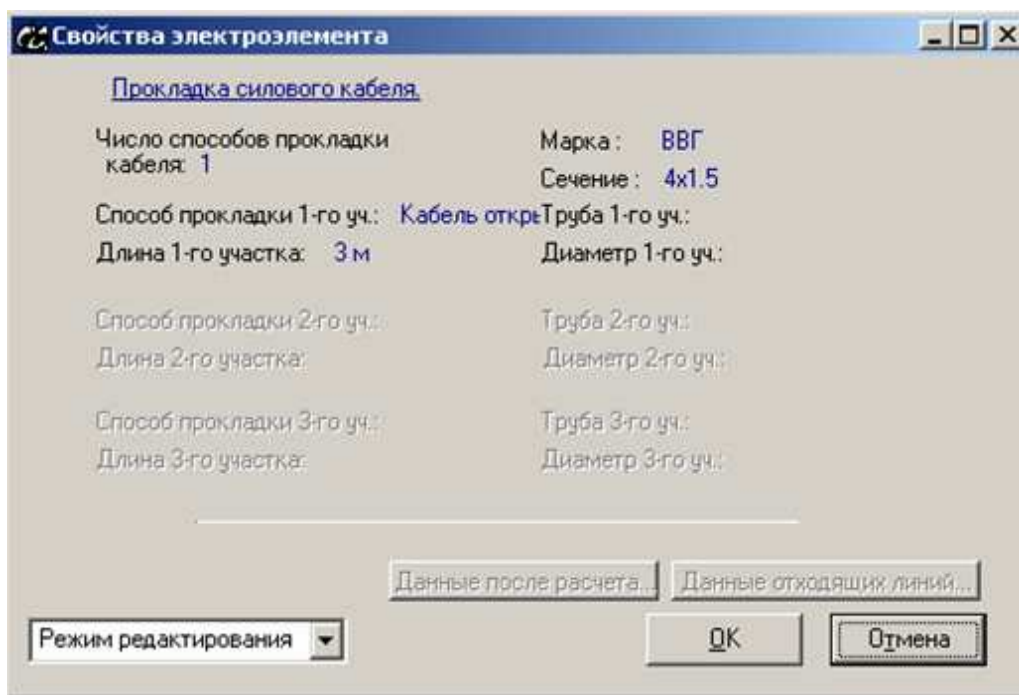


Рис. 55

Чтобы изменить значение любого поля, надо щелкнуть на нем. При этом появится диалоговое окно для ввода новых значений. И кнопка *ОК*.

3.2.5. Генерация отчетной документации

Закончив операции редактирования схемы и выполнив завершающий расчет электрических нагрузок, можно приступить к формированию итоговых документов.

- *Создание спецификации* – пункт основного меню *Документы / Спецификация*. Готовый документ откроется автоматически, когда будет определено имя и каталог размещения выходного файла.

- *Кабельный журнал, кабельно-трубный журнал, расчет нагрузок по форме Ф636-92* – формируются и выводятся аналогично.

- *Расчетная схема* – щелкнуть правой кнопкой мыши на том рас­предустройстве, для которого создается чертеж схемы. После задания имени файла готовый документ откроется автоматически в текстовом формате *rtf*, в том же каталоге он сохранится и в формате *dxf* для ACAD.

3.3. Создание плана расположения электрооборудования

3.3.1. Интерфейс редактора плана

Главное окно редактора плана оборудования программы САПР «Альфа» (рис. 56) вызывается нажатием кнопки «Создать план» на панели главного окна программы.

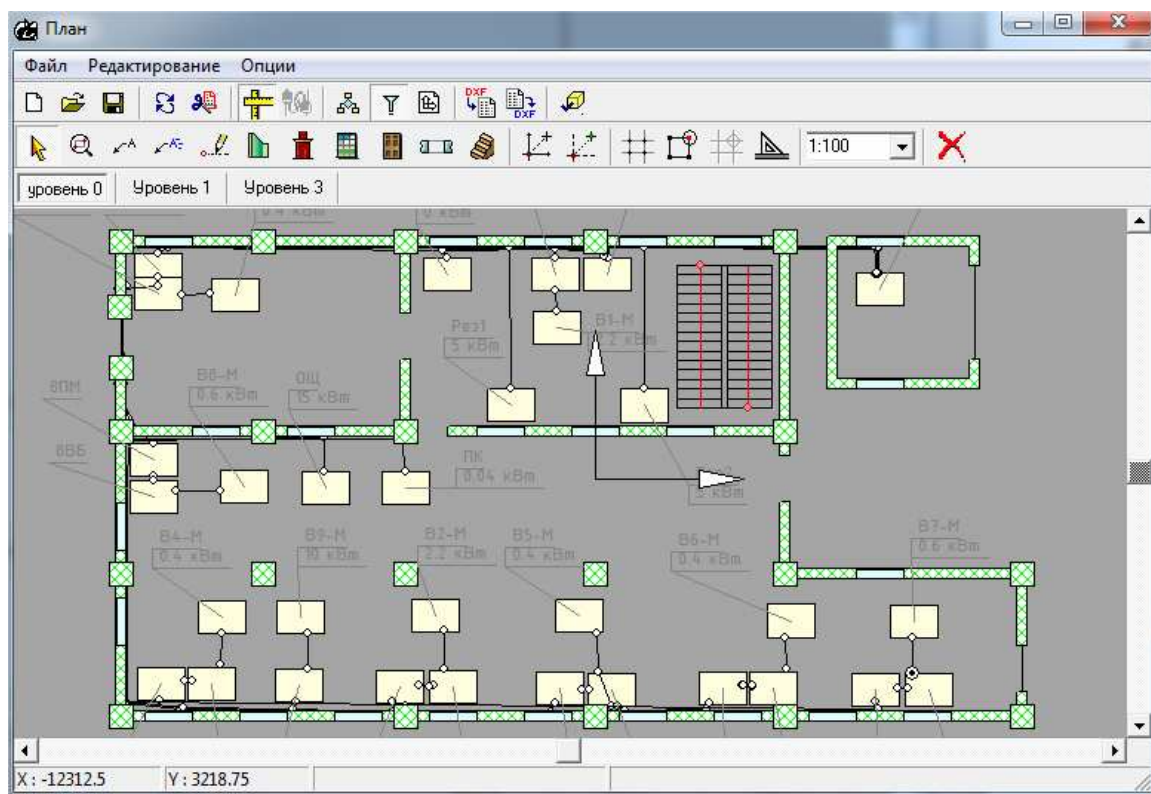


Рис. 56

Оно состоит из следующих основных элементов:

- *Основное меню окна редактора.*
- *Кнопки действий»* (верхний ряд кнопок).
- *Кнопки элементов»* (нижний ряд кнопок).
- *Рабочее поле* программы графического редактора, в котором создается план здания, а также производится раскладка оборудования и кабельных трасс.
- *Закладки уровней схемы»* (уровень 0 – основной).
- *Поле регистрации* текущего положения курсора.

Меню главного окна содержит следующие пункты:

ФАЙЛ

- *Сохранить* – сохранить текущую файл формата *pln*.

– *Открыть..* – открывает схему из файла, очистив текущую схему. Текущая схема при этом будет потеряна.

РЕДАКТИРОВАНИЕ

– *Создать новую схему* – очищает поле редактора. Текущая схема при этом будет потеряна.

– *Удалить все электроэлементы* – удаляет с плана все объекты электрической схемы и кабельные трассы.

– *Обновить* – снимает наложенные фильтры, принимает изменения свойств графических объектов плана, внесенных в свойствах.

ОПЦИИ

– *Фильтр кабелей* – активирует кнопку фильтра кабелей на панели.

– *Свойства элемента* – позволяет просматривать и редактировать свойства графических элементов плана.

– *Текущие настройки* – позволяет изменять некоторые параметры графического отображения плана в редакторе.

Кнопки действий:

– *Новая схема, Открыть схему, Сохранить схему, Обновить, Удалить все электроэлементы* – дублируют некоторые пункты меню.

– *Редактировать план* – переводит графический редактор в режим создания и редактирования графических элементов плана.

– *Редактировать электрическую схему* – переводит графический редактор в режим нанесения на план электротехнических объектов и кабельных трасс и их редактирования.

– *Аппараты электрической схемы* – кнопка вызова списка элементов электрической схемы и кабелей из расчетной электрической схемы для размещения их на плане помещений.

– *Фильтр кабелей* – включает / отключает изображение кабельных трасс на плане помещений.

– *Найти начало координат* – сдвигает изображение в начало координат, если задана привязка плана к началу координат.

– *Импорт из dxf* – конвертация чертежа плана в формат *pln*.

– *Экспорт в dxf* – конвертация чертежа плана в формат AutoCAD.

– *Трехмерное изображение* – позволяет переводить чертеж плана в 3D и рассматривать его, поворачивая под различными углами.

Кнопки элементов.

Размещение и назначение этих кнопок показано на рис. 57.

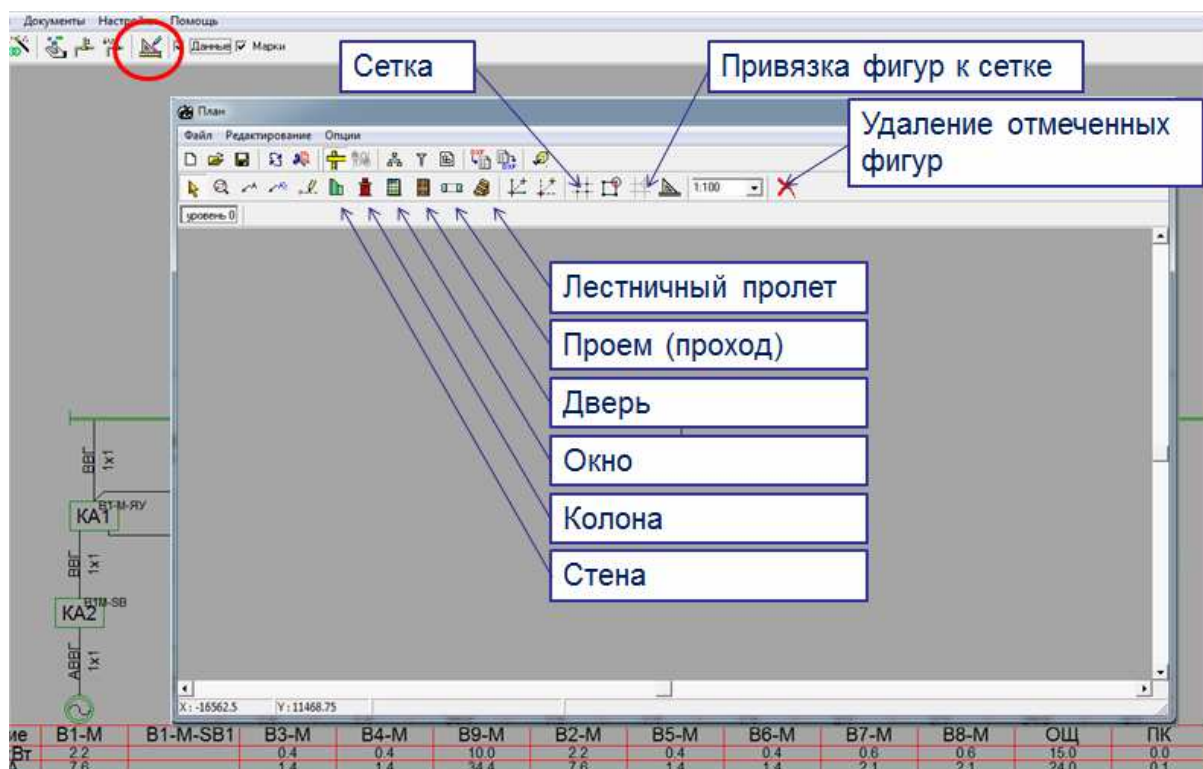


Рис. 57

Кроме перечисленных кнопок имеются кнопки:

- *Выбрать* – включает прицел маркера выбора элемента.
- *Увеличить участок* – увеличивает отмеченный участок чертежа.
- *Выноска* – создает выноски для маркирования объектов.
- *Редактировать выноску* – позволяет изменять элементы выноски.
- *Установить глобальную систему координат* – для чертежа.
- *Установить локальную систему координат* – для элемента.
- *Привязка к элементу* – позволяет располагать объекты на плане, координируя их один относительно другого.
- *Установить ортогональный режим.*
- *Изменить масштаб чертежа* – выбрать масштаб из перечня.

После переключения режима работы редактора в режим нанесения на план электротехнических объектов и кабельных трасс и их редактирования, вместо кнопок элементов редактирования плана, показанных на рис. 57, появляются кнопки редактирования электротехнических элементов (рис. 58).

Дополнительные кнопки элементов электросхемы.

Размещение и назначение этих кнопок показано на рис. 58.

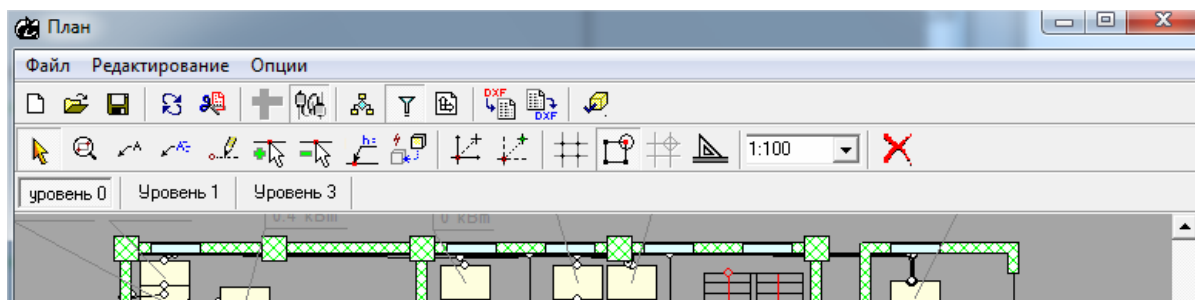


Рис. 58

- *Добавить / Переместить узел кабеля* – создает узел поворота (излома) кабельной трассы на плане размещения оборудования.
- *Удалить узел кабеля* – удаляет выбранный узел.
- *Уровень узла кабеля* – задает уровень размещения узла кабельной трассы на других уровнях схемы размещения оборудования для обхода дверных проемов или соединения с оборудованием, размещенным на других уровнях (этажах) здания.
- *Переместить аппарат* – позволяет перемещать электроаппарат на плане помещения без изменения положения выноски и узлов подходящей к нему кабельной трассы.

3.3.2. Формирование плана помещений

План помещений можно использовать уже готовый, выполненный в программе AutoCAD. Для этой цели он должен быть сохранен в формате универсального графического файла рисунка *dxf*. Затем в программе САПР Альфа выполняется его конвертация из формата *dxf* в формат *pln* нажатием кнопки конвертации и последующего диалога по поиску файла. Затем осуществляется его загрузка в окно редактирования.

Возможно создания эскизного плана помещений непосредственно в графическом окне редактора с использованием имеющихся графических примитивов: стена, колонна, окно, дверь, проем (проход), лестничный пролет.

Для обеспечения параллельности линий стен, соотношения взаимного расположения окон и дверей следует включить сетку, привязку элементов к сетке, друг другу и установить ортогональный режим.

На рис. 59 показан план, созданный из примитивов графического редактора. При необходимости удаления отдельных примитивов необходимо активировать кнопкой прицел маркера, выбрать соответствующий блок (он окрасится в красный цвет) и нажать на кнопку удаления объекта из плана.

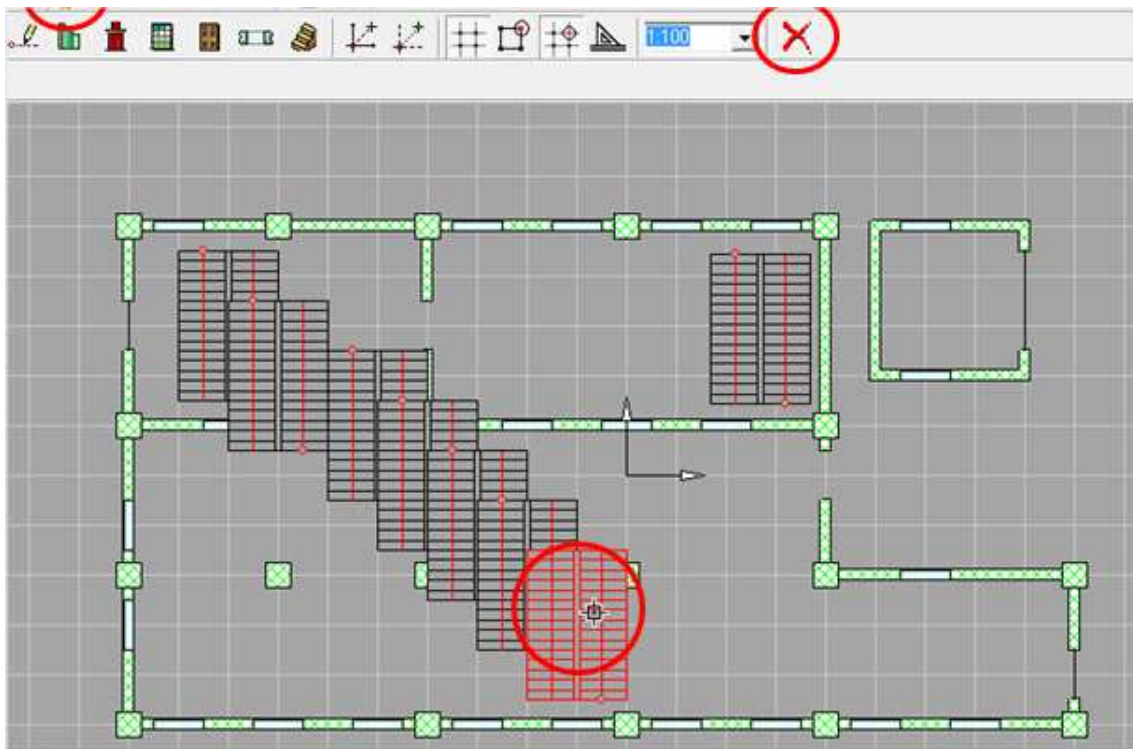


Рис. 59

Порядок создания дополнительных уровней показан на рис. 60.

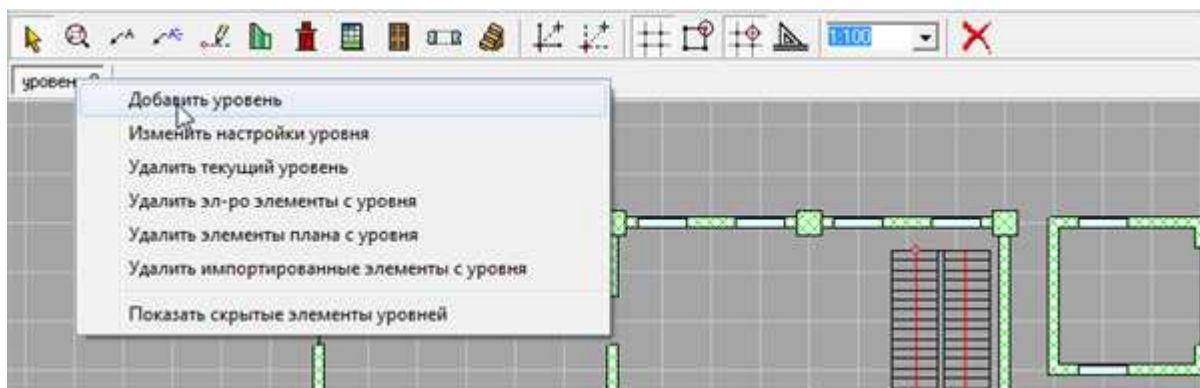


Рис. 60

3.3.3. Размещение электрооборудования и кабельных трасс

Для размещения оборудования на плане необходимо в графическом окне плана нажатием на кнопку «Аппараты электрической схемы» вызвать список ЭП и КА из расчетной схемы (рис. 61).

Затем мышью перетянуть все аппараты схемы из списка на план. Одновременно с размещением аппарата появится и сноска со спецификационными реквизитами этого аппарата (рис. 62).

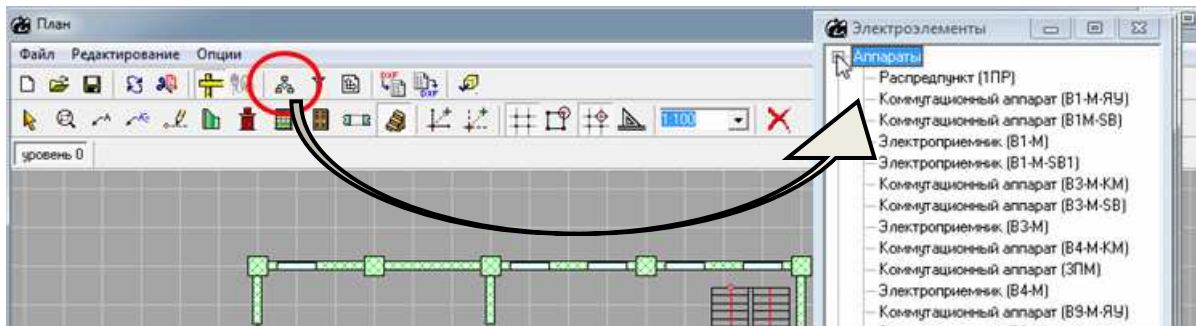


Рис. 61

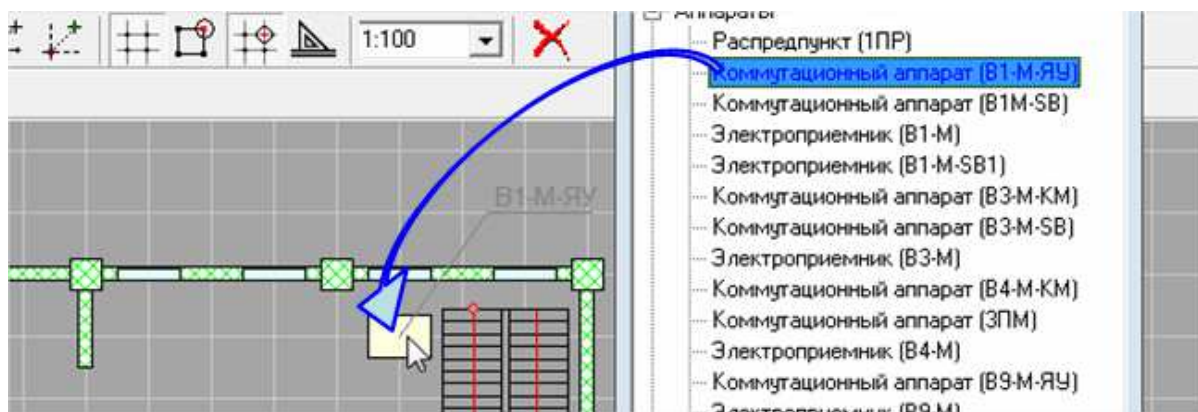


Рис. 62

Процесс размещения электроаппаратов должен сопровождаться выравниванием и корректировкой выносок на плане, т.к. работа с выносками на поле чертежа в системе AutoCAD существенно сложнее.

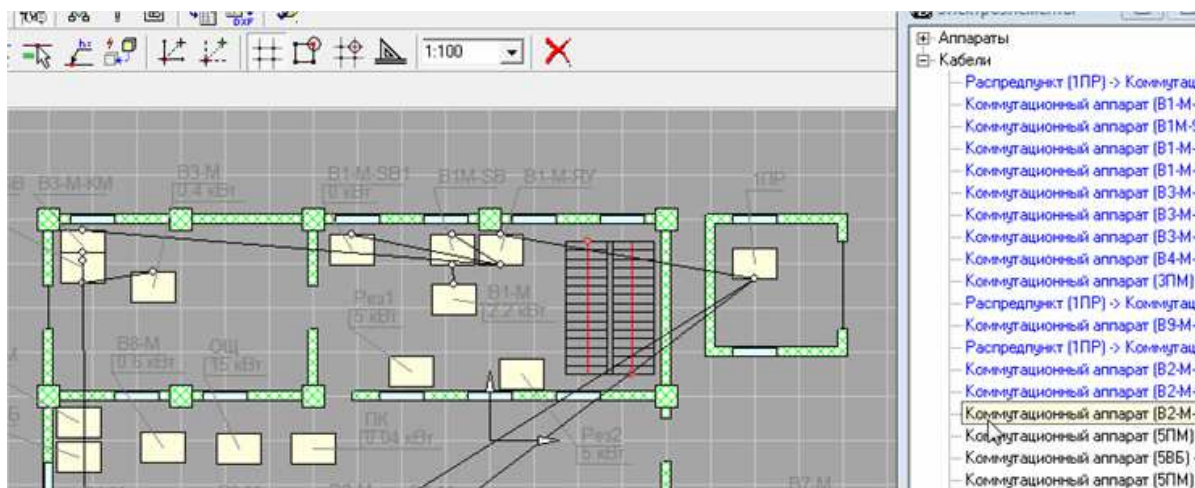


Рис. 63

Размещенное оборудование в списке окрашивается в синий цвет и становится недоступным для перетаскивания во избежание возможных

ошибок формирования плана – исключения двойного и тройного размещения одного и того же объекта на плане.

После завершения размещения всего электрооборудования в списке разворачивается перечень кабельных трасс, соединяющих установленное электрооборудование. Кабельные трассы в «лучевом» исполнении устанавливаются на плане автоматически после двойного щелчка левой клавиши мыши на соответствующей позиции списка (см. рис. 63).

После завершения размещения оборудования и кабелей из списка необходимо выполнить перетяжку кабелей в трассы методом ввода и перемещения узлов (рис. 64).

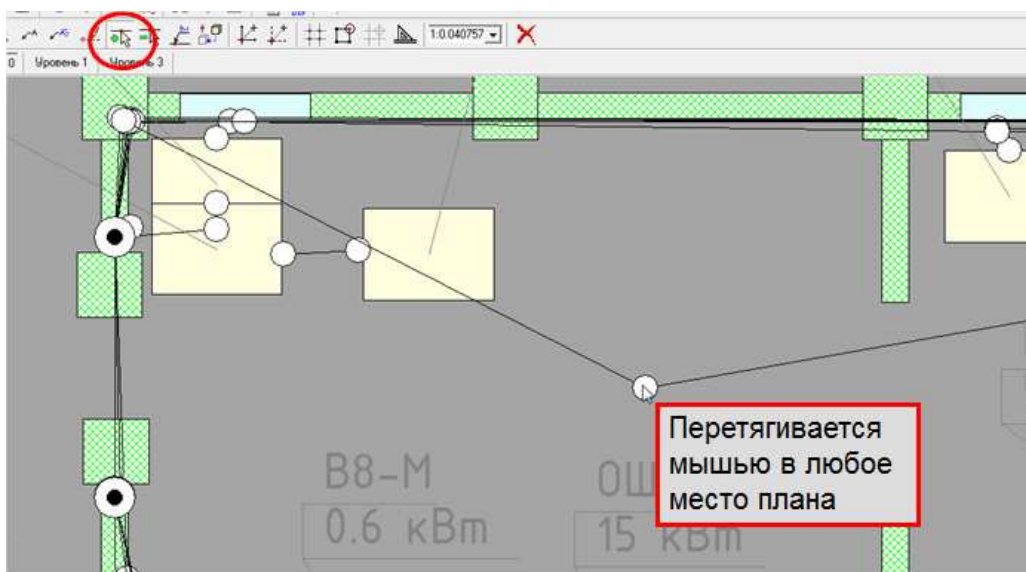


Рис. 64

3.3.4. Создание чертежа размещения оборудования для АСAD

После завершения всех операций по размещению и редактированию плана электрооборудования выполняется конвертация схемы в формат *dxf* для дальнейшего использования в составе комплекта документации по проекту схемы электроснабжения, его печати, т.к. САПР Альфа возможностями вывода на печать чертежей схем не располагает.

Для конвертации чертежа необходимо воспользоваться кнопкой «Экспорт в *dxf*» на панели графического окна. В появившемся диалоговом окне (рис. 65) необходимо тщательно подобрать масштаб и размер чертежа для соответствующего формата, чтобы поле сформированного рисунка находилось в пределах форматной рамки.

Затем нажимается кнопка «Экспортировать».

Дальнейшая работа по редактированию чертежа размещения оборудования выполняется в программе AutoCAD.

Нанести маркировку осей здания согласно ГОСТ 21.613-88 с указанием расстояний между осями в миллиметрах. Горизонтальные оси маркируются заглавными буквами кириллического алфавита сверху вниз, а вертикальные – арабскими цифрами слева направо. Цифры и буквы размещаются в окружностях. Их размеры и стиль должны соответствовать размерам и стилю крупного шрифта чертежа.

Готовый чертеж выводится на печать (см. рис. 66).

4. РАСЧЕТ РЕЖИМА РАБОТЫ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ В MatCAD

Целью расчета установившегося режима электрической системы является определение параметров режима, таких как:

- напряжения в ее узловых точках;
- потоки мощности и токи в ветвях схемы замещения;
- обобщенные данные, характеризующие режим работы электрической сети (потери мощности, потери напряжения, отклонения напряжения от номинальных значений и др.).

4.1. Порядок построения математической модели энергосистемы

Для выполнения расчета установившихся режимов электрической сети создается математическая модель электрической сети.

Математическая модель электрической сети включает:

- модели элементов электрической сети (активных и пассивных) и параметры схемы замещения;
- информацию о топологии схемы электрической сети;
- активные параметры расчетной схемы (I , U , S);
- математические выражения, связывающие искомые результаты с исходными данными.

4.1.1. Модели элементов энергосистемы

Отдельные элементы электрической системы в расчетах установившихся режимов представляются схемами замещения, состоящими из элементов электрической цепи: источников напряжения или тока и сопротивлений.

При рассмотрении симметричных установившихся режимов системы трехфазного переменного тока все величины, характеризующие схемы замещения ее элементов, определяются комплексными числами. При этом схемы замещения составляются на одну фазу с нейтралью.

Все элементы электрической сети можно разделить на пассивные (линии электропередачи, трансформаторы, реакторы, батареи конденсаторов) и активные (энергосистемы, генераторы, электрические нагрузки).

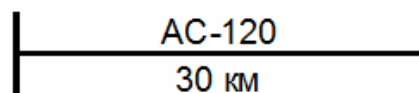
Линии электропередачи

Характеризуются продольным сопротивлением $Z_{\text{л}} = R_{\text{л}} + jX_{\text{л}}$ и поперечной проводимостью $Y_{\text{л}} = G_{\text{л}} - jB_{\text{л}}$ (рис. 67).

Значения $G_{\text{л}} = g_0 l$, соответствующее активной, и $B_{\text{л}} = b_0 l$ – реактивной проводимости, обусловлены потерями на корону и обычно учитываются для сетей напряжением 1 кВ и более.

Указанные параметры в расчетах режимов характеризуют П-образную схему замещения линии. Значения $R_{\text{л}}$, $X_{\text{л}}$, $G_{\text{л}}$, $B_{\text{л}}$ определяются длиной l линии между соседними узлами расчетной схемы и значениями удельных параметров.

Схема линии на чертеже



П-образная схема замещения

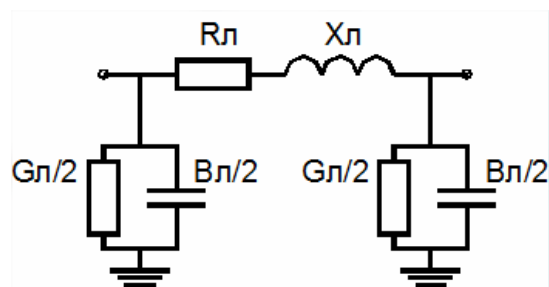


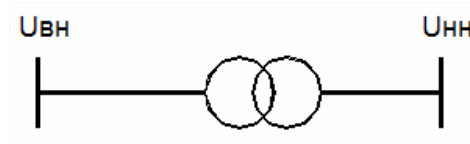
Рис. 67

Трансформаторы

Характеризуются Г-образной схемой замещения с сопротивлением короткого замыкания $Z_{\text{т}} = R_{\text{т}} - jX_{\text{т}}$ и проводимостью шунта намагничивания $Y_{\text{ш}} = G_{\text{ш}} - jB_{\text{ш}}$ (рис. 68).

Идеальный трансформатор характеризуется коэффициентом трансформации $k_{\text{т}} \approx U_{\text{ВН}} / U_{\text{НН}}$.

Схема трансформатора на чертеже



Г-образная схема замещения

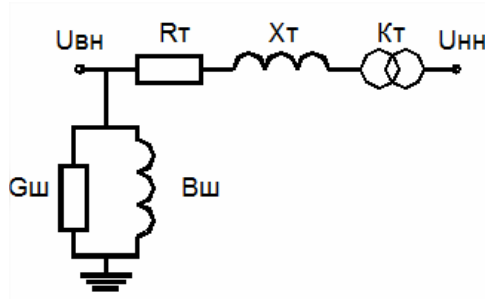


Рис. 68

Реакторы и конденсаторные батареи

Индуктивные и емкостные сопротивления установок продольной компенсации моделируются линейными элементами: $R_p \approx 0$, $X_p = \omega L$ и $R_c \approx 0$, $X_c = 1/\omega C$ (рис. 69).

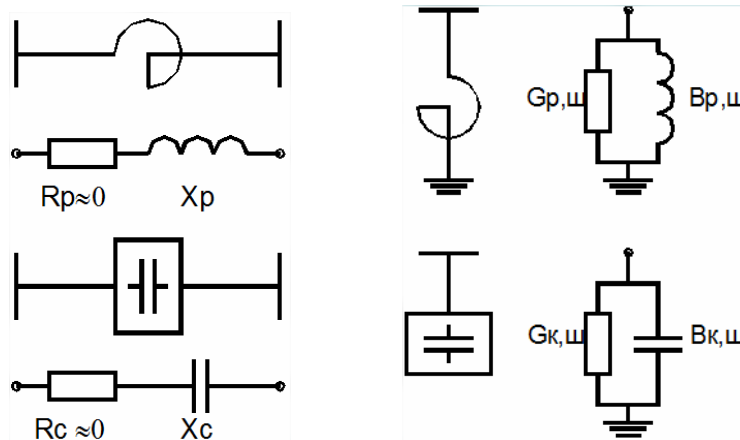


Рис. 69

Реакторы и нерегулируемые конденсаторные батареи поперечной компенсации моделируются ветвями, соединенными с «землей» (шунтами), для которых предусмотрено задание $\underline{Z}_{ш} = G_{рш} - jB_{рш}$ или $\underline{Y}_{ш} = G_{кш} - jB_{кш}$.

Источники питания (энергии)

Источники питания (ИП) (рис. 70) могут быть представлены в виде источника напряжения с ЭДС \underline{E} и внутренним сопротивлением \underline{Z} ли-

бо источника тока $\underline{J} = \underline{I}$, значение которого равно току установившегося режима \underline{I} , причем последний обычно отображают так называемым *задающим* током.

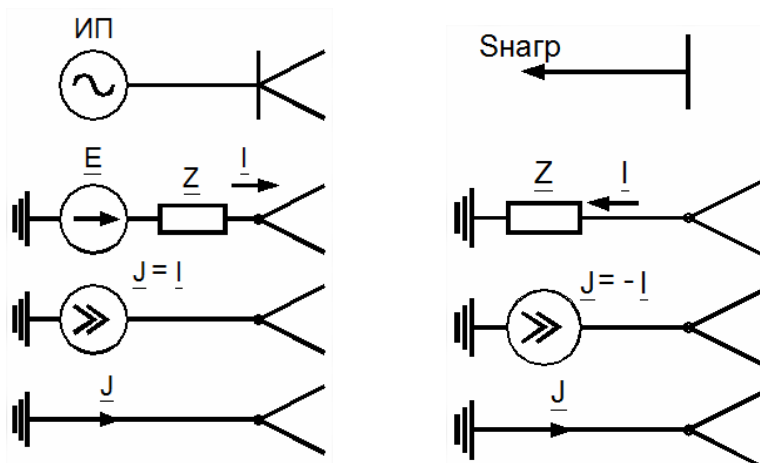


Рис. 70

Задающие токи в j -м узле выражаются через мощности генераторов или нагрузок P_j и Q_j и напряжения узлов U_j :

$$\underline{J}_j = \frac{P_j - jQ_j}{\underline{U}_j} \quad (1)$$

Исходными данными об источниках питания, как правило, служат выдаваемые генераторами в систему активные мощности ($P_{Г_j} = \text{const}$) и абсолютные значения напряжений в точках их подключения: $|U_{Г_j}| = \text{const}$, хотя в ряде случаев источники питания могут быть заданы и постоянными значениями активных и реактивных мощностей ($P_{Г_j} = \text{const}$, $Q_{Г_j} = \text{const}$) аналогично нагрузкам.

Кроме того, один из источников (как правило, наиболее мощная электрическая станция), играющий роль балансирующего, задается комплексным значением напряжения ($\underline{U}_6 = \text{const}$).

Электрическая нагрузка (потребители электроэнергии)

Имеет схему замещения либо в виде сопротивления Z , либо (аналогично ИП) источника тока, равного взятому с обратным знаком току нагрузки, либо задающего тока (см. рис. 70).

Исходными данными о нагрузках реальных электрических систем при их проектировании и эксплуатации обычно служат значения потреб-

ляемых ими активных и реактивных мощностей ($P_{H_i} + jQ_{H_i} = \underline{S}_{H_i}$), которые могут приниматься постоянными ($\underline{S}_{H_j} = \text{const}$) либо зависящими от напряжения в точке подключения нагрузки к сети, т.е. $\underline{S}_{H_i} = f(U_i)$.

4.1.2. Топологическая модель схемы электрической сети

Схемы замещения современных сложных электрических систем содержат сотни узлов и ветвей. Количество уравнений состояния для таких систем соответственно настолько велико, что для их решения необходимо использовать ЭВМ.

Схема замещения электрической системы, используемая для расчетов установившихся режимов, представляет собой электрическую цепь, содержащую пассивные и активные элементы и к ней применимы такие понятия, как *ветвь*, *узел* и *контур*.

Конфигурацию схемы замещения электрической системы можно отобразить в виде *графа*, который представляет собой множество *вершин* (узлов) и *ребер* (ветвей), соединяющих некоторые (или все) пары вершин. Любая часть графа называется *подграфом*. Совокупность ребер, соединяющих две произвольные вершины, образуют подграф, определяемый как *путь графа*. Если начальная и конечная вершины пути графа совпадают, то этот путь графа является замкнутым и образует *контур*.

Ветви, связанные с узлом нейтрали (ветви источников питания и нагрузок), называют *поперечными*, остальные ветви – *продольными*.

Схема замещения, имеющая хотя бы один контур, называется *замкнутой*, при отсутствии контуров – *разомкнутой*.

Если в графе можно выбрать путь, который соединяет его любые две вершины, то этот граф является *связанным*, если нельзя – *несвязанным*.

Если ребра графа имеют фиксированные направления, то этот граф называется *направленным*. Каждое ребро направленного графа имеет начальную и конечную вершины, его направление принимается от первой вершины ко второй.

Топологическая модель схемы замещения электрической системы обычно является связанным графом, ребрами которого служат ветви, а вершинами – узлы. Ветви образуют цепочки (пути графа), которые могут быть замкнутыми. Все величины, характеризующие состояние ветвей (токи, ЭДС, падения напряжения), имеют определенное направление (без чего не может быть рассчитан режим данной схемы). В связи с этим целесообразно каждой ветви схемы придать определенное (произвольно выбранное) направление.

Для обобщенного аналитического представления *направленного графа* служат матрица соединений ветвей в узлах M (первая матрица инциденций) и матрица соединений ветвей в независимые контуры N (вторая матрица инциденций),

Первая матрица инциденций – это прямоугольная матрица $(n \times m)$, число строк которой равно числу вершин графа n , а число столбцов – числу ребер m :

$$M_{\Sigma} = (m_{ij}), \quad i = 1, \dots, n; \quad j = 1, \dots, m. \quad (2)$$

Номера строк i соответствуют номерам вершин, а номера столбцов j – номерам ребер. Элементы матрицы M_{Σ} могут принимать одно из трех значений:

- $m_{ij} = +1$, если узел i является начальной вершиной ветви j (ток ветви выходит из i -го узла);
- $m_{ij} = -1$, если узел i является конечной вершиной ветви j (ток ветви входит в j -й узел);
- $m_{ij} = 0$, если узел i не является вершиной ветви j (нет связи между i -м узлом и j -й ветвью).

Каждая строка матрицы M_{Σ} показывает, какими вершинами соответствующие ветви присоединяются к данному узлу схемы; каждый столбец – какие узлы являются начальной и конечной вершинами данной ветви. Очевидно, что в каждом столбце матрицы M_{Σ} может быть только одна положительная и одна отрицательная единицы, остальными элементами являются нули. Сумма всех строк этой матрицы (по столбцам) должна давать нулевую (строчную) матрицу.

Вторая матрица инциденций – это прямоугольная матрица $(k \times m)$, число строк которой равно числу независимых контуров графа k , а число столбцов – числу ребер m :

$$N = (n_{ij}), \quad i = 1, \dots, k; \quad j = 1, \dots, m. \quad (3)$$

Номера строк i соответствуют номерам независимых контуров, а номера столбцов j – номерам ветвей. Элементы матрицы N могут принимать одно из трех значений:

- $n_{ij} = +1$, если ветвь j входит в i -й контур и их направления совпадают;
- $n_{ij} = -1$, если ветвь j входит в i -й контур, но направления противоположны;
- $n_{ij} = 0$, если ветвь j не входит в i -й контур.

Каждая строка матрицы N показывает, какие ветви входят в состав соответствующего независимого контура и какое направление имеют относительно направления контура. Каждый столбец матрицы показывает, в состав каких независимых контуров входит данная ветвь и совпадает ли ее направление с направлениями этих контуров.

Ни рис. 71 приведены направленный граф и соответствующие ему матрицы инцидентий.

Матрицы M_{Σ} и N дают возможность записать уравнения состояния электрической цепи в матричной форме.

Конкретный вид этих уравнений определяется формами уравнений состояния, положенных в основу математического описания установившегося режима, и обобщенными параметрами системы.

Из уравнений состояния наиболее широко применяются:

- *узловые* – характеризуются как простотой формирования, так и большими возможностями эффективной организации процесса их решения;
- *контурные* – формируются несколько сложнее, однако и они имеют определенную рациональную область применения.

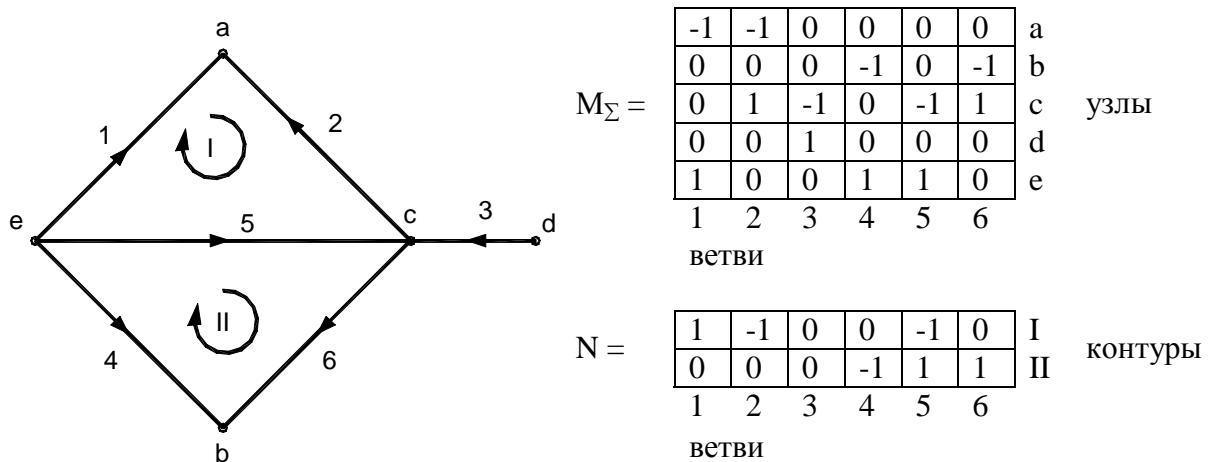


Рис. 71

4.1.3. Уравнения установившегося режима электрической сети

Уравнения законов Кирхгофа в матричной форме:

$$M \underline{I} = \underline{J},$$

$$N Z_{\text{В}} \underline{I} = \underline{E}_{\text{к}}, \tag{4}$$

где M – первая матрица инцидентий;

N – вторая матрица инцидентий;

\underline{I} – столбец токов в m ветвях;

\underline{J} – столбец задающих токов в $(n - 1)$ узлах (за положительное направление задающего тока принимается его направление к узлу);

$\underline{Z}_B = \text{diag}(Z_j), j=1, \dots, m$ – диагональная матрица сопротивлений ветвей;

\underline{E}_K – столбец контурных ЭДС.

Вектор \underline{E}_K определяется выражением

$$\underline{E}_K = \underline{N}\underline{E}, \quad (5)$$

где $\underline{E} = (\underline{E}_j), j=1, \dots, m$ – столбец ЭДС в ветвях.

Столбец падений напряжений \underline{U}_B в сопротивлениях ветвей определяется выражением

$$\underline{U}_B = \underline{Z}_B \underline{I} - \underline{E}. \quad (6)$$

Узловые уравнения могут быть записаны через матрицу узловых проводимостей \underline{Y}_y и матрицу узловых сопротивлений \underline{Z} :

$$\underline{Y}_y \underline{U}_\Delta = \underline{J} - \underline{M} \underline{Z}_B^{-1} \underline{E}$$

$$\text{или } \underline{U}_\Delta = \underline{Z} \underline{J} - \underline{Z}_B \underline{M} \underline{Z}_B^{-1} \underline{E}, \quad (7)$$

где $\underline{U}_\Delta = \underline{U}_y - U_0$ – столбец разностей напряжений U_y в $(n - 1)$ узлах по отношению к напряжению базисного узла \underline{U}_0 ;

\underline{J} – столбец узловых токов;

\underline{E} – столбец ЭДС в ветвях;

\underline{Y}_y – квадратная матрица узловых проводимостей.

По главной диагонали матрицы \underline{Y}_y находятся элементы Y_{11}, Y_{22} и т.д., представляющие собой собственные проводимости узла или сумму проводимостей всех ветвей, связанных с данным узлом. Остальные элементы этой матрицы представляют собой проводимости ветвей между соответствующими узлами, взятые с обратными знаками.

Напряжения в узлах и токи в ветвях определяются при отсутствии ЭДС в ветвях и несовпадении балансирующего и базисного узлов:

$$\underline{U}_y = \underline{Z} \underline{J} + \underline{U}_0, \quad (8)$$

$$\underline{I} = \underline{Z}_B^{-1} \underline{M}' \underline{U}_\Delta.$$

Здесь \underline{M}' – транспонированная матрица \underline{M} , представляющая собой первую матрицу соединений, но записанная для того случая, когда базисный и балансирующий узлы в схеме замещения не совпадают.

Отличие состоит в том, что в матрице M отсутствует строка, отвечающая балансирующему (совпадающему с базисным) узлу, а в матрице M' отсутствует строка, отвечающая базисному узлу.

Если базисный и балансирующий узлы совпадают, то вместо M'_t употребляется матрица M_t .

Контурные уравнения, по которым вычисляются токи в ветвях, имеют вид:

$$\underline{Z}_k \underline{I}_k = \underline{E}_k - N \underline{Z}_B \begin{vmatrix} M_{\alpha}^{-1} \\ 0 \end{vmatrix} \underline{J}, \quad (9)$$

$$\underline{I} = N \underline{I}_k + \begin{vmatrix} M_{\alpha}^{-1} \\ 0 \end{vmatrix} \underline{J}.$$

где $\underline{Z}_k = N \underline{Z}_B N_t$ – квадратная матрица контурных сопротивлений;

\underline{I}_k – матрица контурных токов;

\underline{I} – столбец токов в ветвях;

M_{α} – подматрица первой матрицы соединений M , характеризующая связь ветвей дерева с ее узлами:

$$M = M_{\alpha} M_{\beta}, \quad (10)$$

где M_{β} – также подматрица матрицы M , показывающая связь между хордами схемы и ее узлами. При составлении матрицы M сначала записываются столбцы, отвечающие ветвям, образующим дерево схемы, а затем ветвям, являющимся ее хордами.

4.2. Выполнение расчетов установившегося режима в MatCAD

С математической точки зрения расчет установившегося режима электрической сети сводится к решению системы линейных или нелинейных уравнений. Конкретный вид этих уравнений определяется формами уравнений состояния, положенных в основу математического описания установившегося режима, и обобщенными параметрами системы.

Использование системы MathCAD для инженерных и научно-технических расчетов не требует от студента знания языков программирования. Следует лишь изучить интерфейс программы и правила его применения для составления и решения уравнений.

Система MathCAD после запуска сразу готова к составлению документа с необходимыми вычислениями. Общий вид основного окна показан на рис. 72.

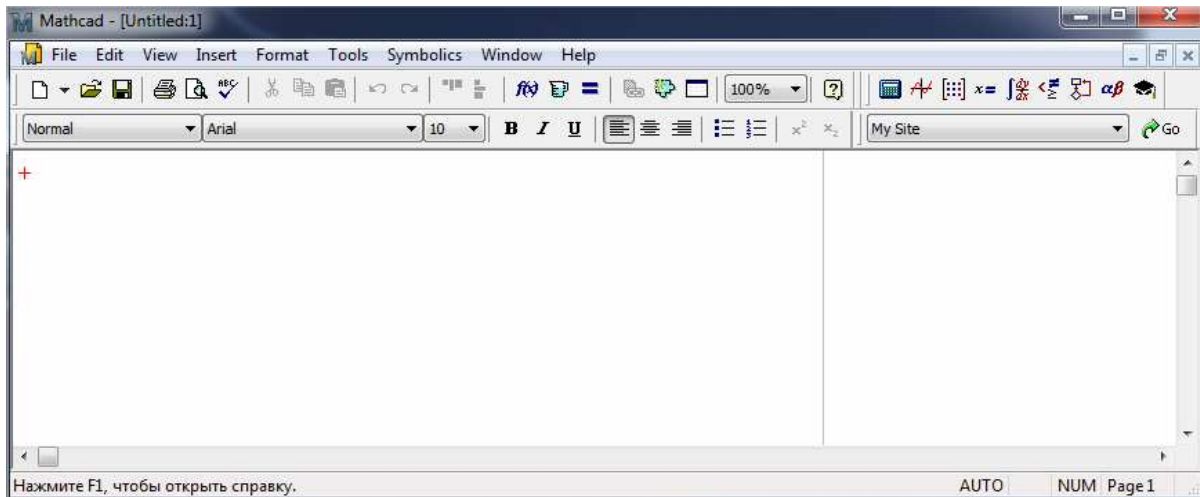


Рис. 72

Внешний вид экрана, функционального меню и основных кнопок являются традиционными для приложений MS Windows. Назначение этих кнопок аналогично уже рассмотренным ранее.

В верхнем ряду справа находится блок кнопок наборов инструментов. В раскрытом виде на панелях они показаны на рис. 73.

Наборы инструментов можно свободно перемещать по всему полю экрана. Для ввода необходимого символа предварительно устанавливают курсор (красный крестик на поле) в требуемое место набора и щелкают правой кнопкой мыши по соответствующему значку.

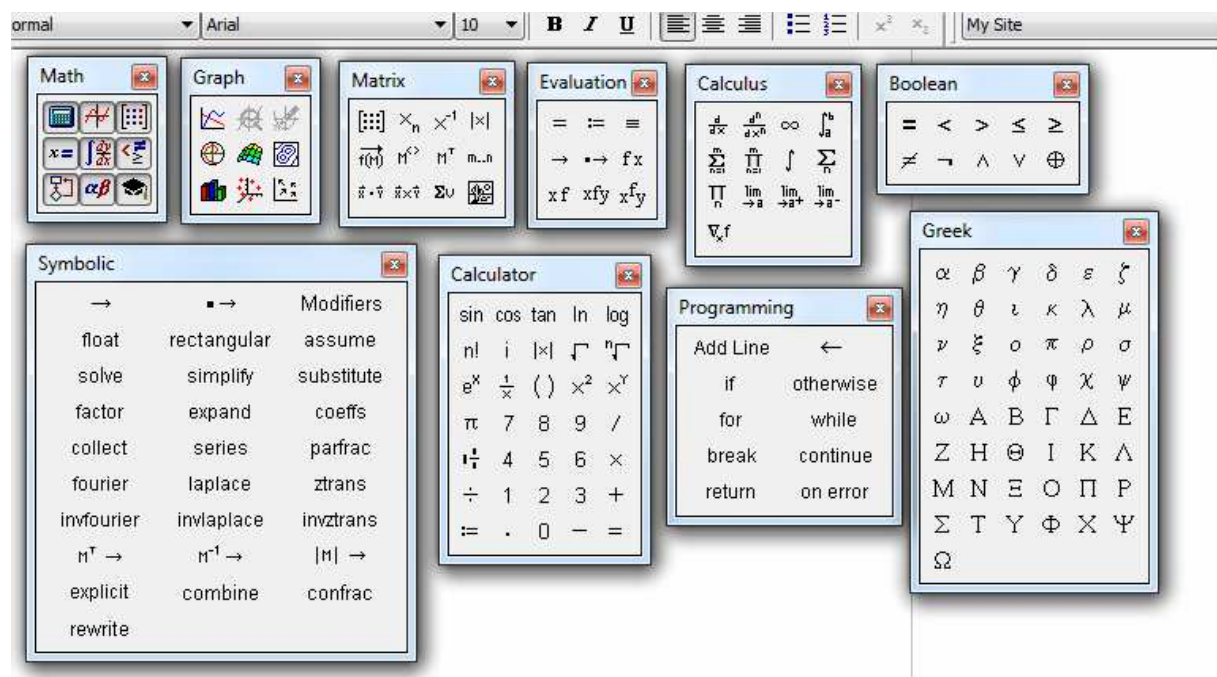


Рис. 73

Порядок использования этих инструментов обычно подробно исследуется на курсах информатики и при изучении численных методов расчетов, поэтому в данном курсе повторять его мы не будем.

Рассмотрим порядок выполнения расчетов установившихся режимов в электрических цепях.

Для расчета установившегося режима обычно используется заданная или проектируемая топологическая схема распределительной электрической сети, например, рис. 74.

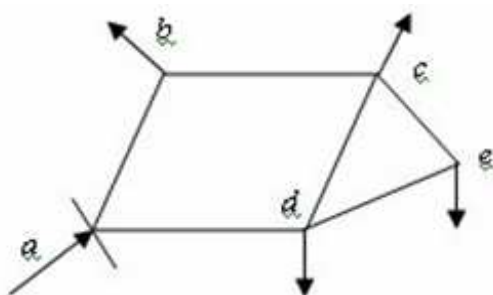


Рис. 74

Здесь узел *a* является балансирующим, а остальные узлы – понизительные электрические подстанции. Параметры потребляемой мощности в узлах, длины линий и параметры линий электрических сетей также известны. Требуется рассчитать токи в ветвях и падения напряжений в установившемся режиме и сравнить полученные результаты с заданными значениями.

Параметры узлов и ветвей для приведенной топологической схемы представлены в виде таблиц (рис. 75).

Параметры узлов, $U_H = 110$ кВ

Схема	Узел	P , МВт	Q , Мвар	I_a , А	I_b , А
0	проверяемые значения	92	52	484	274
	b	20	10	105	53
	c	30	15	158	79
	d	30	20	158	105
	e	12	7	63	37

Параметры ветвей

Схема	Начало	Конец	R_0 , Ом/км	X_0 , Ом/км	B_0 , См/км·Е-6	L , км	R , Ом	X , Ом	B , См·Е-6
0	a	b	0,198	0,420	2,700	60,000	11,880	25,200	162,000
	b	c	0,249	0,427	2,660	30,000	7,470	12,810	79,800
	c	d	0,162	0,431	2,750	70,000	11,340	30,170	192,500
	d	e	0,249	0,427	2,660	40,000	9,960	17,080	106,400
	e	c	0,198	0,420	2,700	30,000	5,940	12,600	81,000
	a	d	0,249	0,427	2,660	30,000	7,470	12,810	79,800

Рис. 75

Для построения схемы замещения воспользуемся Π -образной моделью электрической линии электропередачи, но, полагая, что поперечная проводимость линии напряжением 110 кВ и ниже является незначительной, т.е. потери на корону невелики по отношению к продольному сопротивлению линии, их можно не учитывать.

Таким образом, модель замещения электрической линии для заданной схемы примет вид, показанный на рис. 76.

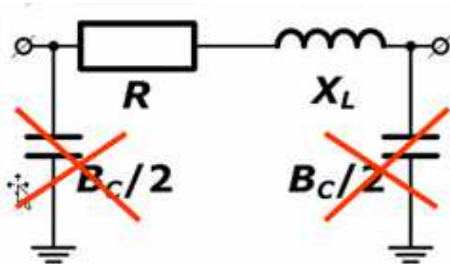


Рис. 76

Активные и реактивные сопротивления для такой схемы распределительной сети рассчитаны и показаны в таблице (см. рис. 75).

Формируем расчетную схему (рис. 77) топологической сети, показанной на рис. 74, и составляем для нее систему уравнений узловых и контурных токов согласно законам Кирхгофа.

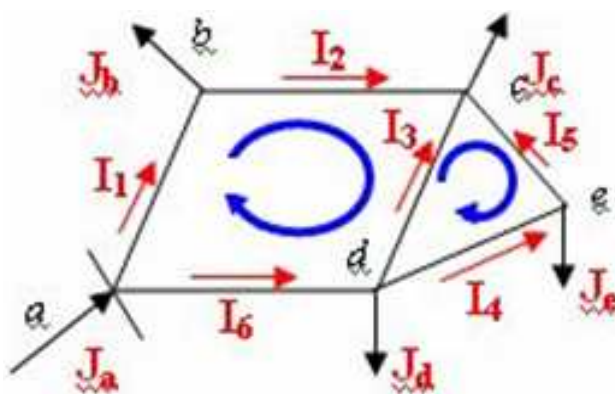


Рис. 77

Схема содержит пять узлов, шесть внутренних ветвей, образующих два замкнутых контура, и пять отходящих ветвей, которые содержат задающие токи, представленные в виде идеальных источников тока. Следовательно, для описания цепей необходимо составить четыре уравнения по первому закону Кирхгофа и два уравнения по второму закону Кирхгофа.

Направления тока в ветвях, образующих контуры, зададим произвольно, а величины комплексных сопротивлений этих ветвей получим из таблиц задания (см. рис. 75, 76).

Уравнения для узлов a, b, c и d , а также обоих контуров можно записать в виде системы (11):

$$\begin{cases} \underline{I}_1 + \underline{I}_6 = J_a; \\ -\underline{I}_1 + \underline{I}_2 = -J_b; \\ -\underline{I}_2 - \underline{I}_3 - \underline{I}_5 = -J_c; \\ \underline{I}_3 + \underline{I}_4 - \underline{I}_6 = -J_d; \\ \underline{I}_1 \underline{Z}_1 + \underline{I}_2 \underline{Z}_2 - \underline{I}_3 \underline{Z}_3 - \underline{I}_6 \underline{Z}_6 = 0; \\ \underline{I}_3 \underline{Z}_3 - \underline{I}_4 \underline{Z}_4 - \underline{I}_5 \underline{Z}_5 = 0. \end{cases} \quad (11)$$

При составлении системы уравнений необходимо использовать максимальное количество контурных уравнений, в противном случае матрица A получится трансцендентной, т.е. ее определитель может стать равен нулю.

Составим первую и вторую матрицы инцидентий M и N для данной схемы (см. уравнения (2) и (3)). Вторую матрицу инцидентий N умножим на диагональную матрицу сопротивлений \underline{Z}_B согласно уравнению (6) и объединим их в единую матрицу A для решения системы уравнений (4).

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & -1 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & -1 \\ \underline{Z}_1 & \underline{Z}_2 & -\underline{Z}_3 & 0 & 0 & -\underline{Z}_6 \\ 0 & 0 & \underline{Z}_3 & -\underline{Z}_4 & -\underline{Z}_5 & 0 \end{pmatrix} \quad (12)$$

Для этой системы уравнений согласно (4) запишем столбец B задающих токов J и контурных ЭДС:

$$B = \begin{pmatrix} J_a \\ -J_b \\ -J_c \\ -J_d \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}. \quad (13)$$

Решение этой системы уравнений будем искать согласно уравнению (9) в виде

$$\underline{I} = A^{-1}B. \quad (14)$$

Используем для этой цели систему MathCAD.

Зададим идентификаторы (переменные) для параметров цепей.

Строки и столбцы матриц в MathCAD по умолчанию нумеруются, начиная с нуля, что для физического представления элементов цепи неудобно. Начало отсчета столбцов и строк матрицы можно изменить командой **ORIGIN=1**.

Присваиваем численные значения идентификаторам. Задаем шаблоны матриц **A** и **B**, вводим их значения в соответствии с уравнениями (12) и (13), записываем решение в виде уравнения (14).

Результат вычисления можно получить, набрав выражение **iw=**.

Процедура решения показана на рис. 78.

Расчет установившегося режима цепей переменного тока

```

ORIGIN := 1
i := (-1)0.5
z1 := 11.88 + i·25.2      j1 := 484 + i·274
z2 := 7.47 + i·12.81    j2 := 105 + i·53
z3 := 11.34 + i·30.17  j3 := 158 + i·79
z4 := 9.96 + i·17.08   j4 := 158 + i·105
z5 := 5.94 + i·12.6    j5 := 63 + i·37
z6 := 7.47 + i·12.81

```

$$a := \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & -1 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & -1 \\ z_1 & z_2 & -z_3 & 0 & 0 & -z_6 \\ 0 & 0 & z_3 & -z_4 & -z_5 & 0 \end{pmatrix} \quad b := \begin{pmatrix} j_1 \\ -j_2 \\ -j_3 \\ -j_4 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \quad iw := a^{-1} \cdot b \quad iw = \begin{pmatrix} 187.039 + 96.033i \\ 82.039 + 43.033i \\ 59.971 + 25.026i \\ 78.99 + 47.941i \\ 15.99 + 10.941i \\ 296.961 + 177.967i \end{pmatrix}$$

Рис. 78. Пример расчета токов в ветвях схемы в системе MathCAD

Затем выполняется проверочный расчет мощностей потребителей (рис. 79).

Расчет мощностей переменного тока в узлах сети (для проверки)
(Напряжение в узле <a> принимаем 115 кВ)

фазовые напряжения:

$$U := \begin{pmatrix} 66386 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 63500 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 63500 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 63500 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 63500 \end{pmatrix} \quad J_{ww} := \begin{pmatrix} -j1 \\ j2 \\ j3 \\ j4 \\ j5 \end{pmatrix}$$

$$S_{ww} := 3U \cdot J \quad S = \begin{pmatrix} -9.639 \times 10^7 - 5.457i \times 10^7 \\ 2 \times 10^7 + 1.01i \times 10^7 \\ 3.01 \times 10^7 + 1.505i \times 10^7 \\ 3.01 \times 10^7 + 2i \times 10^7 \\ 1.2 \times 10^7 + 7.048i \times 10^6 \end{pmatrix}$$

Мощности в узлах совпадают с заданными: расчет выполнен успешно

Рис. 79. Пример расчета мощностей, потребляемых в узлах схемы

Фазовые напряжения определяются по формулам расчета трехфазной цепи переменного тока.

Напряжение на источнике мощности обычно увеличивается на 5–7% для компенсации потерь в линиях электропередач.

В системе MathCAD решение таких матричных уравнений возможно с помощью специальной функции **iw:=lsolve(A,B)**, ввод которой осуществляется через верхнее меню нажатием кнопки <f(x)> и выбором функции **lsolve(*,*)** из перечня функций **Solving**.

Для расчета установившегося режима можно также воспользоваться методом контурных токов с использованием уравнений (9) и (10), методом узловых потенциалов или методом составления баланса мощностей.

Использование нескольких методов и последующее сравнение результатов позволяет оценить правильность выполнения расчетов.

5. РАСЧЕТ ТОКОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ В ПРОГРАММЕ ТКZ-3000

В настоящее время разработано и используется очень большое количество программ и программных комплексов, предназначенных для расчета режимов работы электрических сетей и моделирования их состояния под воздействием различных факторов.

Например, комплекс МУСТАНГ-95 для выполнения расчетов по моделированию установившихся режимов и переходных электро-механических процессов в электрических системах. Расчеты установившегося электрического режима выполняются методом Ньютона – Рафсона с улучшением сходимости тяжелых режимов по методу Матвеева. Система линейных алгебраических уравнений решается методом Гаусса с предварительной оптимизацией порядка исключения неизвестных.

Следует отметить также ряд программ моделирования распределительных сетей электроснабжения, например, VTC.

Современный комплекс программ диспетчерского управления также в обязательном порядке содержит подпрограммы расчета параметров режимов работы электрической сети и их оптимизации.

5.1. Общая характеристика и возможности программы

Комплекс программ ТКZ-3000 выполняет расчеты токов и напряжений при повреждениях в трехфазной симметричной сети любого напряжения, содержащей до 3000 узлов и 7500 связей.

Расчеты можно производить в полной сети *для фиксированных мест замеров* (до 100, в т.ч. в одном или двух поясах присоединений относительно заданных узлов) с изменением вида несимметрии (вариантные расчеты) и *по месту повреждения* с указанием точек КЗ (включая один или два пояса присоединений) с одинаковым набором видов несимметрии.

Результаты расчетов выводятся на экран и могут помещаться в текстовый файл.

Для развертывания программы требуется операционная система **DOS** и драйвер **egavga.bgi** поддержки 16-цветного графического режима.

Запуск в работу комплекса программ ТКZ-3000 осуществляется командным файлом **TKZ3000.bat**.

При успешном запуске на экране появится окно с главным меню (рис. 80), позволяющим обратиться к различным модулям программы.

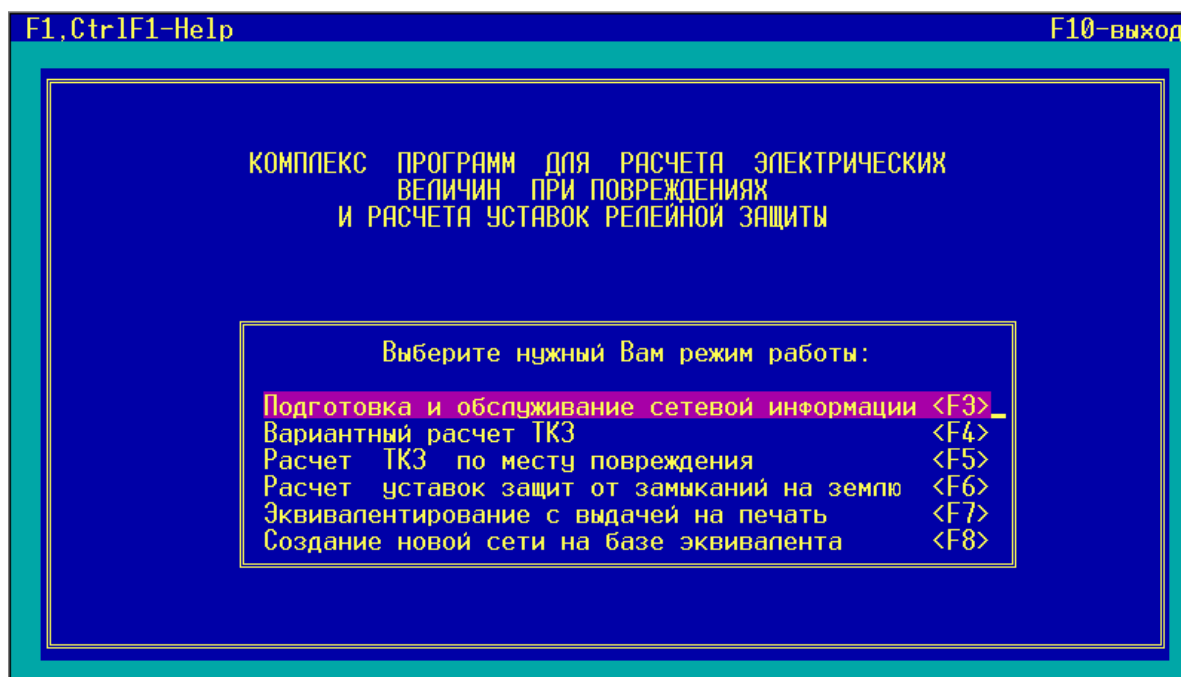


Рис. 80

5.2. Подготовка и обслуживание сетевой информации

Подпрограмма *ввода и обслуживания сетевой информации F3* позволяет выполнять различные действия с исходной информацией, которые перечисляются в меню программы:

- *просмотр исходных данных;*
- *ввод и коррекция исходных данных;*
- *контроль сети;*
- *распечатка данных;*
- *удаление сети;*
- *вызов программ обслуживания.*

Просмотр исходных данных – в этом режиме можно просмотреть все виды сетевых данных, размещенных в таблицах. При этом возможны все манипуляции с данными, предусмотренные в подсистеме ввода, без сохранения изменений.

По умолчанию подпрограмма всегда загружает для работы исходные данные сети, с которой пользователь работал в последний раз. Имя сети отображается в соответствующем окне. Для загрузки другой сети с диска или объявления новой используется клавиша F9.

Ввод исходных данных – в этом режиме можно вводить и корректировать все виды сетевых данных, размещенных в таблицах ввода и коррекции данных.

Исходной информацией для выполнения расчетов являются схемы замещения электрической сети *прямой, обратной и нулевой* последовательностей, параметры которых указываются в соответствующих единицах измерения приведения к какой-либо ступени напряжения.

Параметры сети заносятся в таблицы, содержащие параметры ветвей схем прямой / обратной и нулевой последовательностей. При наличии в сети ветвей с магнитными связями заполняется таблица ветвей с взаимной индукцией.

Ввод схем замещения прямой и обратной последовательности совмещен в одной таблице, т.к. их топологии обычно совпадают. Параметры обратной последовательности вводят лишь для тех элементов, у которых $Z1 \neq Z2$.

При задании схемы прямой последовательности нужно руководствоваться следующей таблицей:

Тип	Пар	У1	У2	R1(2)	X1(2)	E/K/B(с)	F	N _{эл}
0	?	+	+	+	+	–	–	?
1	?	+	+	–	–	–	–	–
3	?	+	+	+	+	K _{тр}	–	?
4	?	+	+	+	+	ЭДС	+	–
5	?	+	+	+	+	Емк. пров.	–	?

Здесь: знак «+» означает обязательно задаваемые позиции таблицы, знак «–» ставится в незаполняемых позициях таблицы; «?» – можно задавать или не задавать.

Колонки таблицы содержат следующую информацию:

- *Тип* – типы ветвей:
 - 0 – простая;
 - 1 – с нулевым сопротивлением;
 - 3 – трансформаторная;
 - 4 – генераторная;
 - 5 – с емкостной проводимостью;
- *Пар* – номер ветви в параллели с другими ветвями;
- *У1, У2* – начальный и конечный узлы;
- *R1(2), X1(2)* – продольные активное и реактивное сопротивления прямой (обратной) последовательностей, Ом;

- E, F – модуль ЭДС и ее угол, кВ и град;
- K_{mp} – коэффициент трансформации $K_{mp} = U(Y1)/U(Y2)$;
- B – емкостная проводимость, мкСм;
- $N_{эл}$ – номер элемента (линии, трансформатора), к которому относится ветвь. У ветвей, принадлежащих одному и тому же элементу, номер должен быть одинаков.

Для трансформаторных ветвей сопротивления R и X должны быть приведены к напряжению начального узла ветви $U1$.

В таблице нулевой последовательности могут быть указаны все ветви кроме генераторных типа <4>.

При задании схемы нулевой последовательности нужно руководствоваться следующей таблицей:

Тип	Пар	U1	U2	R0	X0	K/B (с)
0	?	+	+	+	+	–
1	?	+	+	–	–	–
3	?	+	+	+	+	$K_{тр}$
5	?	+	+	+	+	Емк. пров.

Вызов таблиц схем замещения осуществляется из окна «Ввод и коррекция сетевой информации» при выборе соответствующего пункта меню или нажатием функциональной клавиши F3 (рис. 81).

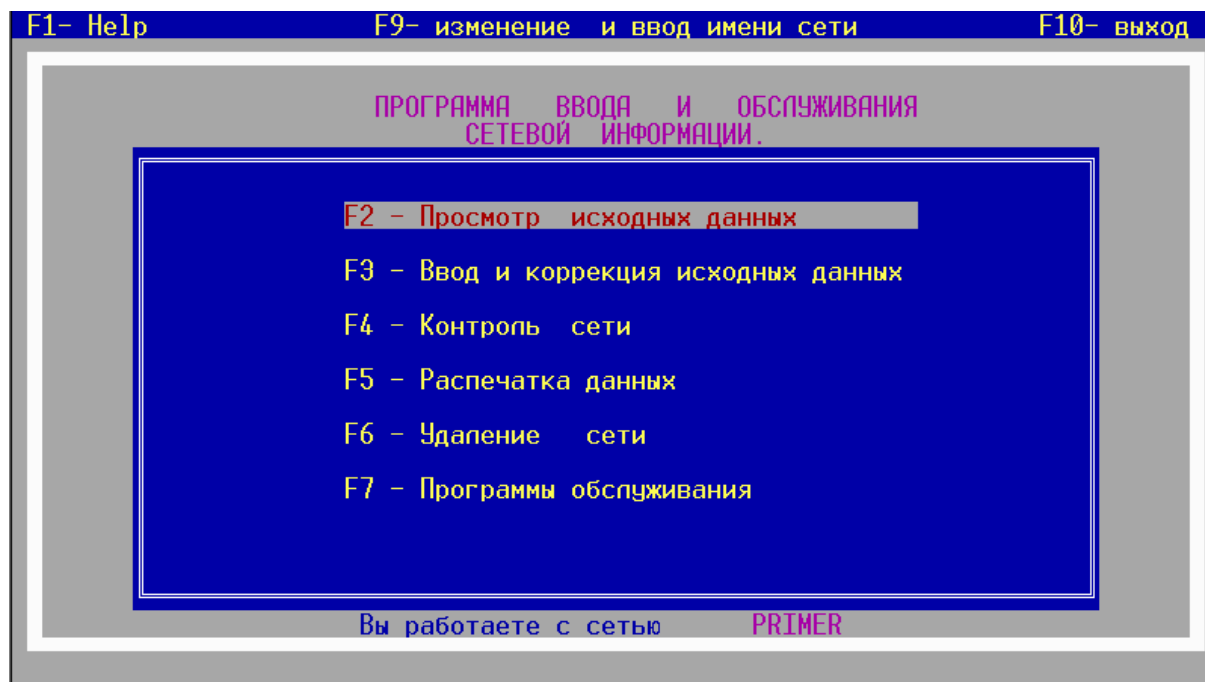


Рис. 81

При работе с таблицами можно воспользоваться подсказкой, вызываемой нажатием F1.

На рис. 82 представлена схема электрической сети и схемы замещения прямой и нулевой последовательности.

Предварительно узлы схем замещения должны быть пронумерованы, причем нулевой узел всегда соответствует нулевой точке.

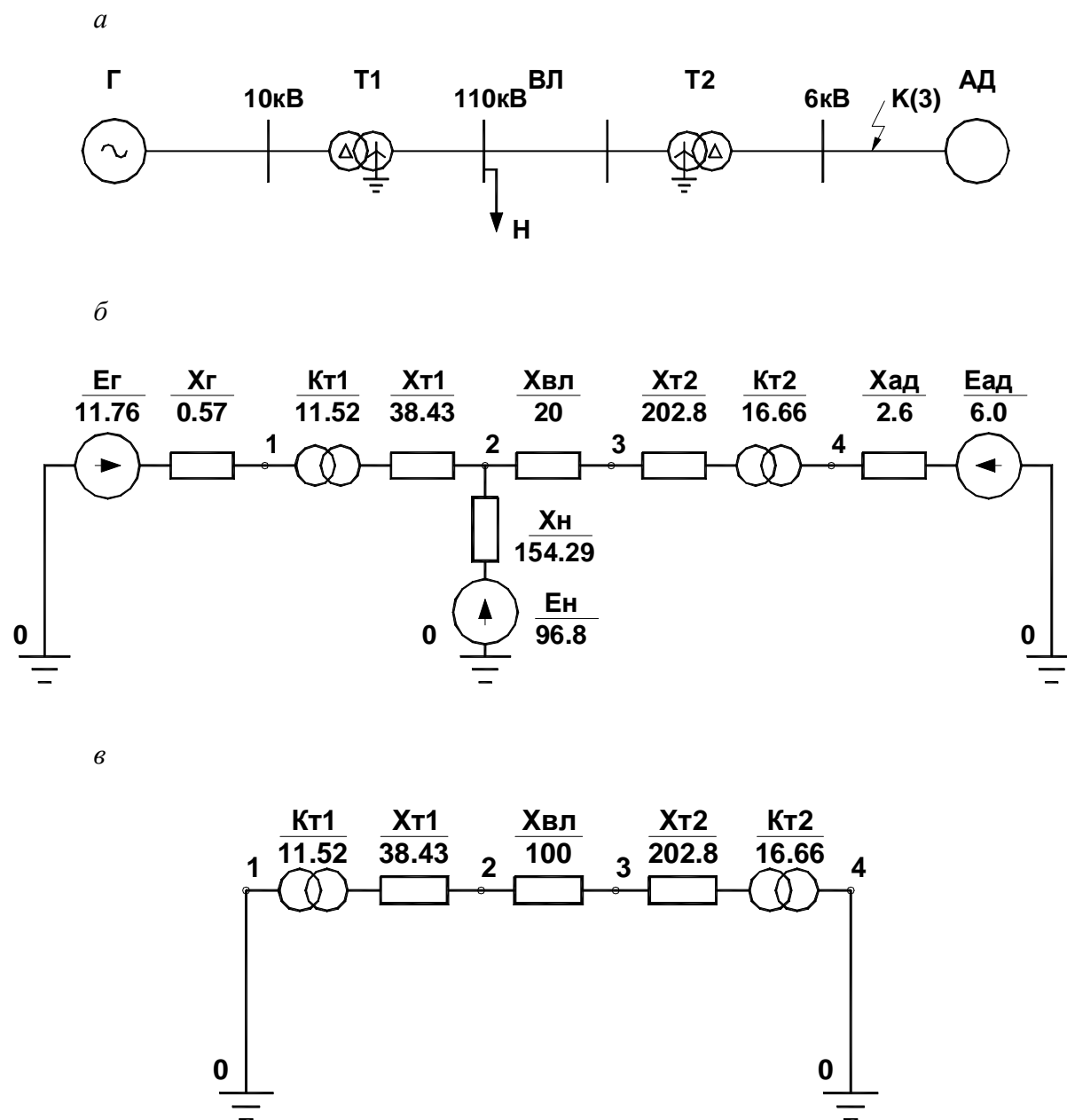


Рис. 82. Исходная схема электрической сети (*a*) и схемы замещения прямой (*б*) и нулевой (*в*) последовательностей

Для схемы электрической сети, изображенной на рис. 82, информация по оборудованию сети представлена в табл. 5.1 и 5.2 в формате таблиц ввода данных ТКЗ-3000.

Параметры обратной последовательности задаются только для тех ветвей, которые имеют различные сопротивления в схемах прямой и обратной последовательностей. Ввод этих параметров производится в процессе заполнения таблицы прямой последовательности после нажатия клавиши **F7** (переключатель «прямая – обратная – прямая»).

Таблица 5.1

Схема прямой последовательности

Тип	Пар	Узел-1	Узел-2	R	X	E, K, B (с);	F	$N_{эл}$
4	1	0	1	0,000	0,570	11,760	0,000	1
3	1	2	1	0,000	38,430	11,520	0,000	2
0	1	2	3	0,000	20,000	0,000	0,000	3
3	1	3	4	0,000	202,800	16,660	0,000	4
4	1	0	2	0,000	154,290	96,800	0,000	5
4	1	0	4	0,000	2,600	6,000	0,000	6

Таблица 5.2

Схема нулевой последовательности

Тип	Пар	Узел-1	Узел-2	R	X	K, B (с)
1	1	0	1	0,000	0,000	0,000
3	1	1	2	0,000	38,430	0,087
0	1	2	3	0,000	100,000	0,000
3	1	3	4	0,000	202,780	16,660
1	1	0	4	0,000	0,000	0,000

После ввода данных в любой из таблиц и возврате в меню программа предлагает сохранить исходные данные по каждой схеме замещения в дисковых файлах:

имя.f1p – для прямой последовательности;

имя.fob – для обратной последовательности;

имя.f0p – для нулевой последовательности;

имя.fws – для ветвей с взаимдукцией.

Контроль сети – в этом режиме можно проверить корректность и полноту ввода информации. Программа тестирует исходные данные по нескольким показателям, которые указывает пользователь с помощью окна-меню:

– *Проверка связности сети* – проверяется отдельно по прямой, обратной (если она есть) и нулевой последовательностям. При обнаружении

разрыва в текстовый файл **имя_сети.prs** и на экран выводятся все группы узлов, не связанных между собой.

- *Проверка параметров сети* (полноты задания) – проверяется:
 - наличие сопротивлений R и X для ветвей типа <0>, <3>, <4>, <5>; ЭДС для ветвей типа <4>; коэффициента трансформации $K_{тр}$ для ветвей типа <3> и емкостной проводимости B для ветвей типа <5>;
 - равенство коэффициентов трансформации для одной и той же ветви в схемах прямой и нулевой последовательности;
 - однократность включения каждой ветви в схему соответствующей последовательности.

– *Справка по сети* – формируются справочные данные по расчетной сети, которые выводятся на экран и в файл *имя_сети.spr*.

– *Расчет доаварийных напряжений* – выполняется для проверки правильности задания коэффициентов трансформации. Программа выводит на экран или в файл *<имя_сети>.rus* ожидаемые напряжения в узлах расчетной сети, значения которых должны соответствовать номинальным значениям.

Распечатка данных – модуль позволяет выводить на печать или в дисковые файлы отдельные блоки данных по расчетной электрической сети. Пользователь должен указать с помощью меню, какой блок данных должен быть подготовлен для вывода на печать.

Распечатка возможна по ветвям (в том порядке, в каком данные были введены) или узлам (отдельно по прямой и нулевой последовательностям или совместно). При цифровом обозначении указываются отдельные узлы или диапазоны узлов (15–200, 1–3000).

Программа записывает исходные данные в текстовые файлы:

- *<имя_сети>.ppw* – для прямой последовательности;
- *<имя_сети>.row* – для обратной последовательности;
- *<имя_сети>.rpw* – для нулевой последовательности.

5.3. Расчет электрических величин по месту повреждения

Этот вид расчетов позволяет проводить вычисления электрических величин в 1-м, 2-м поясе присоединений относительно места по-

вреждения. Количество мест повреждений при расчетах не ограничено.

Задание расчетной сети, видов и мест (узлов) повреждений и управление расчетными параметрами осуществляется в диалоговом окне, содержащем меню и текущие настройки для расчета. Пункты меню активизируются с помощью клавиш управления курсором или соответствующими функциональными клавишами.

Имя сети <F2> – загрузка с диска данных расчетной сети.

Узлы КЗ <F3> – формирование массива узлов сети, для расчета параметров КЗ.

Виды КЗ <F4> – указываются виды КЗ и замеряемые (расчетные) параметры, которые при этом виде КЗ необходимо определить.

Текущий список видов КЗ отображается в информационном поле. Для добавления или исключения из списка того или иного вида КЗ необходимо перевести курсор в списке видов КЗ и нажать <Enter>.

При выборе вида КЗ в дополнительном окне «Задаваемые величины» отображаются установленные параметры замера.

Для изменения набора замеряемых параметров необходимо:

- нажатием клавиши <←> вызвать на экран список «Величины», содержащий доступные для замера параметры, и выбрать необходимый параметр;

- с помощью клавиши <Enter> в списке «Величины» включить / отключить параметр.

Расчет <F6> – запуск расчета параметров КЗ при текущих настройках.

Пояса <F7> – указание количества поясов от места повреждения, в которых должны определяться параметры режима КЗ.

Печать <F9> – установка формата файла вывода на печать результатов расчета.

Результаты расчетов выводятся на экран и в текстовый файл <имя_сети>.fl в двух формах:

- в табличной форме (табл. 5.3), если указан формат печати 2 или 3 (сеть без учета или с учетом активных сопротивлений);

- без оформления таблицы (на рис. 83 показан протокол), если указан формат печати 1. При этом могут быть указаны любые виды КЗ и до 2-х поясов.

При выводе в табличной форме виды коротких замыканий должны быть указаны как однофазные или трехфазные, а число поясов – не более одного.

Таблица 5.3

Результаты расчета

узел	наименование	I(1)3	I(1)1	I(2)1	3I(0)1
		U= 6.8	X1= 0.7	X2= 0.7	ЗАЗЕМЛЕН
		фаза= 0	R1= 0.0	R2= 0.0	
4-		I1= 5303	I1= -0	I2= -0	3I0= -0
		фаза= -90	фаза= -180	фаза= -180	фаза= -180
3,1		3970	182	-0	0
		-90	-90	-180	0
0,1		1332	-182	-0	-0
		-90	-90	-180	-180
		U= 117.4	X1= 78.3	X2= 78.3	X0= 195.2
		фаза= 0	R1= 0.0	R2= 0.0	R0= 1.2
3-		I1= 865	I1= 193	I2= 193	3I0= 578
		фаза= -90	фаза= -90	фаза= -90	фаза= -90
2,1		803	187	176	22
		-90	-90	-90	-89
4,1		62	5	16	556
		-90	-89	-90	-90

Для сохранения данных расчетной схемы специальное диалоговое окно не предусмотрено. Данные сохраняются при их наборе в файлах исходных данных, перечисленных в разделе 5.2.

При необходимости повторного расчета данной схемы исходные данные по ней вызываются через окно выбора сети, которое открывается из главного меню программы (см. рис. 80), нажатием клавиши **F9**.

После внесения корректировок в схему программа потребует подтверждения их сохранения.

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА :

```

Имя сети : PRIMER
Число узлов КЗ: 2
Число поясов: 1
Число коммутаций: 0
Число дополнительных ветвей: 0
                                Вид КЗ 1
МЕСТО КЗ      4                                Упа 6.80 0
                                суммарные величины в месте несимметрии
Z1 (0.000 0.742)      Z2 (0.000 0.742)      Z0 (999999.000 0.000)
I1      0      0      I2      0      0      3I0      0      0
                                ЗАМЕРЯЕМЫЕ ВЕЛИЧИНЫ
      4-3,1      I1      -182  -90      I2      0      0
                                I0      0      0      3I0      0      0
                                U1      3.94  0      U2      0.00  0
                                U0      0.00  0      3U0      0.00  0
      4-0,1      I1      182  -90      I2      0      0
                                I0      0      0      3I0      0      0
                                U1      3.94  0      U2      0.00  0
                                U0      0.00  0      3U0      0.00  0
  
```

Рис. 83

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

Лабораторная работа № 1 ОСНОВЫ РАБОТЫ С ГРАФИЧЕСКИМ РЕДАКТОРОМ AutoCAD

Цель работы: изучение основных принципов работы в системе AutoCAD, освоение интерфейса и приобретение практических навыков управления ее работой, ввода простейших команд, настройки рабочей среды и вывода готовых чертежей на лист для печати.

Ход работы

1. Запустите AutoCAD.
2. С помощью команды **СЕТКА** установите шаг координатной сетки 5 мм и запрет отображения сетки за границами заданной области. С помощью клавиши F7 выполните включение/отключение сетки в графическом окне.
3. С помощью команды **ЛИМИТЫ** задайте область черчения размером 420×300мм. Переустановите лимиты в диалоговом окне с помощью меню **ФОРМАТ / ЛИМИТЫ** до размера 210×310 мм. Выполните отключение / включение сетки клавишей F7.
4. С помощью команды **ШАГ** задайте шаг перемещения курсора 5 мм. Убедитесь, что курсор перемещается по области черчения с заданным шагом и попадает в узлы координатной сетки при построении любого из объектов (например, отрезка). С помощью клавиши F9 выполните включение / отключение шага. При отключенном шаге проверьте, как курсор перемещается по чертежу.
5. Задайте параметры шага 5 мм и сетки 10 мм, используя меню **СЕРВИС / РЕЖИМЫ РИСОВАНИЯ / ШАГ И СЕТКА**.
6. Командой **ОТРЕЗОК** создайте рамку по границам области черчения (0,0; 210,0; 210,310; 0,310; 0,0 или замкнуть) и рамку по границам чертежа с отступом слева 20 мм (поле подшивки), а также сверху, снизу и справа по 5 мм (20,5; 205,5; 205,305; 20,305; 20,5 или замкнуть). Координаты начал / окончаний отрезков фиксируйте на чертеже с помощью устройства указания, при этом режим **ШАГ** должен быть включен.
7. С помощью меню **ФАЙЛ / СОХРАНИТЬ КАК** сохраните чертеж на диске в качестве заготовки для последующих работ. Обратите внимание

на версию ACAD (в предыдущих версиях ACAD этот чертеж читаться не будет, поэтому для совместимости предусмотрено сохранение файла именно в той версии, которая имеется в Вашем распоряжении). В имени файла укажите номер группы и фамилию, например, *22ЭС-Иванов*. Запомните путь к файлу Вашего чертежа.

8. Используя раздел меню РИСОВАНИЕ или одноименную панель инструментов, начертите в области черчения на Вашем чертеже фигуры: отрезок, круг, квадрат, эллипс с произвольными параметрами.

9. Используя мастер формирования листа для печати из меню СЕРВИС / МАСТЕРЫ / КОМПОНОВКА ЛИСТА, создайте образ листа для устройства печати (обычно для плоттера семейства HP). При создании листа используйте единицы измерения в миллиметрах, формат бумаги ISO A4 с книжной ориентацией чертежа.

10. При первом прямом обращении к листу чертежа открывается диспетчер параметров листа. Создайте лист чертежа с помощью диспетчера. Сравните результаты.

11. Используя команду **ПОКАЗАТЬ** и ее опции выполните масштабирование чертежа. Аналогичную операцию можно выполнить, вращая колесо мыши (от себя – увеличение, к себе – уменьшение масштаба чертежа).

Результат компоновки на листе для печати покажите преподавателю.

Контрольные вопросы

1. Каково назначение пакета AutoCAD?
2. Как организован интерфейс AutoCAD для работы с пользователем?
3. Какие основные элементы управления содержит рабочее окно AutoCAD?
4. Какие способы ввода команд предусмотрены в AutoCAD?
5. Что понимается под параметрами рабочей среды AutoCAD, как они устанавливаются и как управляются в процессе работы?
6. Как определить и разметить область черчения?
7. Зачем нужна шаговая привязка маркера к области черчения?
8. Для чего используют мастер настройки листа рабочей среды AutoCAD, чем отличаются мастер и диспетчер настройки листа?
9. Как в AutoCAD осуществляется управление масштабом отображения чертежа?

Лабораторная работа № 2 ПОСТРОЕНИЕ ЛИНЕЙНЫХ ОБЪЕКТОВ В AutoCAD

Цель работы: изучение команд построения линейных графических примитивов в системе AutoCAD и приобретение практических навыков их использования для выполнения чертежей и схем.

Ход работы

1. Запустите AutoCAD и выполните настройки рабочей среды, изложенные в предыдущей лабораторной работе, либо, используя меню **ФАЙЛ / ОТКРЫТЬ**, найдите и откройте Ваш чертеж с имеющейся рамкой для дальнейшей работы. Чертеж имеет расширение «.dwg».

2. В качестве предварительных упражнений по использованию команд **ОТРЕЗОК**, **ПЛИНИЯ** и **МН-УГОЛ** выполните задания 2.1–2.4.

2.1. Построить равносторонний треугольник, одна из вершин которого имеет координаты (30, 60), а основание длиной 50 мм наклонено к горизонтали на угол 30° .

Команда: **ОТРЕЗОК**

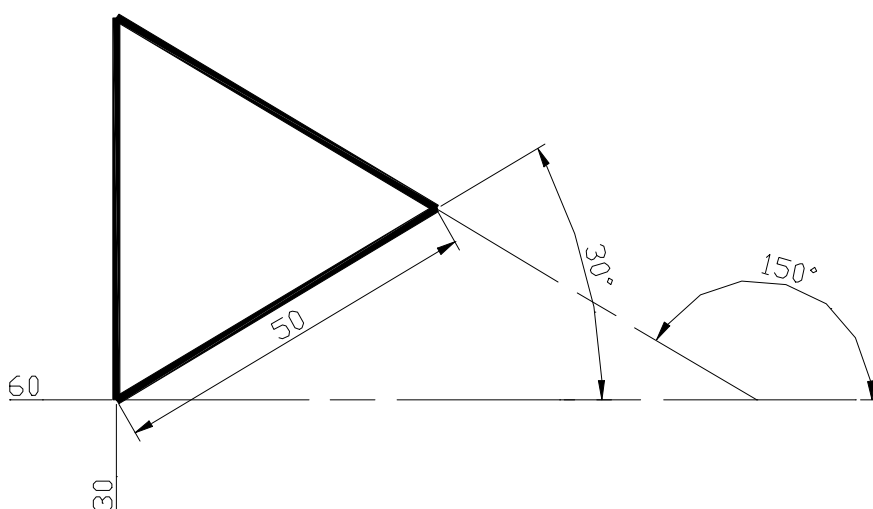
От точки: 30,60

К точке: @50<30

К точке: @50<150

(Этот угол вычисляется как $\alpha + 120^\circ$)

К точке: Замкни



2.2. Построить указатель направления в виде стрелки, выходящий из точки с координатами (20, 50).

Команда: **ПЛИНИЯ**

От точки: 20,50

Текущая ширина полилинии равна 0.0000

ДУ/З/П/ДЛ/ОТМ/Ш/<Конечная точка сегмента>: Ш

Начальная ширина <0.0000>: 5

Конечная ширина <5.0000>:

ДУ/З/П/ДЛ/ОТМ/Ш/<Конечная точка сегмента>: @40,0

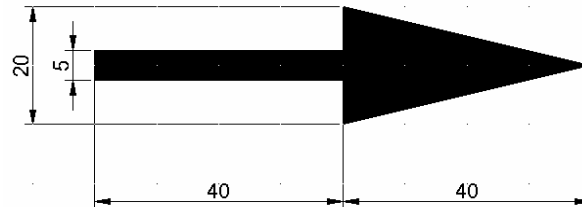
ДУ/З/П/ДЛ/ОТМ/Ш/<Конечная точка сегмента>: Ш

Начальная ширина <5.0000>: 20

Конечная ширина <20.0000>: 0

ДУ/З/П/ДЛ/ОТМ/Ш/<Конечная точка сегмента>: @40,0

ДУ/З/П/ДЛ/ОТМ/Ш/<Конечная точка сегмента>: ENTER



2.3. Построить два шестиугольника, один из которых вписан, а второй описан относительно окружности радиусом 30 мм. Центры фигур расположены в точках с координатами (40, 130) и (120, 130).

Команда: **МН-УГОЛ**

Число сторон: 6

Сторона / <Центр многоугольника>: 40,130

Вписанный / Описанный вокруг окружности <В>: О

Радиус окружности: 30

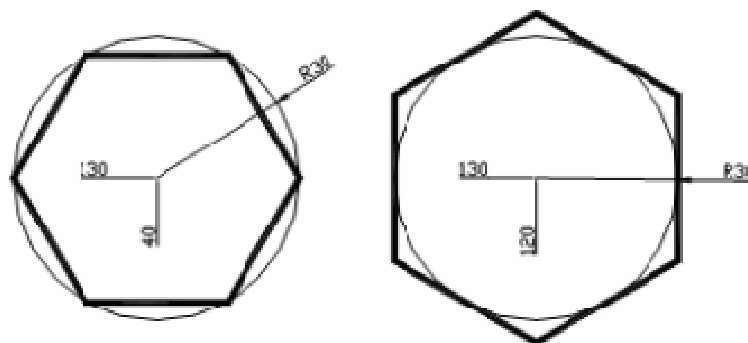
Команда: **МН-УГОЛ**

Число сторон: 6

Сторона / <Центр многоугольника>: 120,130

Вписанный / Описанный вокруг окружности <В>: В

Радиус окружности: 30



2.4. Построить восьмиугольник, одна из сторон которого опирается на точки с координатами (100, 90) и (130,80).

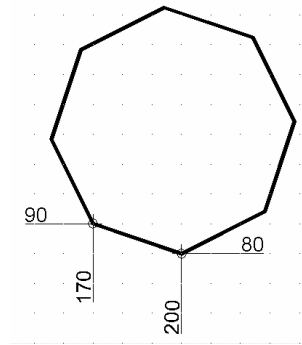
Команда: **МН-УГОЛ**

Число сторон <6>:

Сторона/<Центр многоугольника>: С

Первый конец стороны: 100,90

Второй конец стороны: 130,80



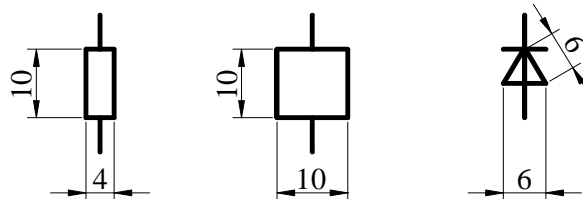
3. Создайте новый файл на основе уже имеющегося шаблонного.
4. С помощью команды **ОТРЕЗОК** в соответствии с заданным вариантом (табл.) начертите равносторонний треугольник, для которого заданы:

- координаты одной из вершин X и Y ;
- длина ребра L ;
- угол поворота основания α .

5. Начертите 6 параллельных отрезков, имеющих различные цвета и типы линий. Координаты начала (X_1, Y_1) и конца первого отрезка (X_2, Y_2) выбираются в соответствии с вариантом (табл.). Координаты отрезков по оси Y должны быть одинаковы, а по оси X изменены на $\Delta X = 10$ мм по отношению к предыдущему.

6. С помощью команды **ПЛИНИЯ** в свободной области чертежа нарисуйте указатель направления из задания 2.2, для которого все линейные размеры должны быть увеличены на номер варианта.

7. Используя команду **ПЛИНИЯ**, в любом свободном месте чертежа постройте условные обозначения резистора, силового выключателя и диода.



8. С помощью панели инструментов «Размеры» проставьте все размеры (в т.ч. и угловые) на своем чертеже.

9. Выведите результаты работы на лист для печати и покажите преподавателю.

Таблица вариантов заданий

№ варианта	Параметры треугольника				Параметры отрезка			
	X, мм	Y, Мм	L, мм	α, град.	X1, мм	Y1, мм	X2, мм	Y2, мм
1	55	170	60	25	20	170	40	230
2	95	185	70	20	110	185	135	215
3	140	35	20	40	15	35	40	130
4	115	130	45	60	100	130	120	95
5	125	205	60	-30	25	175	35	235
6	140	75	30	230	110	30	135	90
7	150	120	60	-25	30	170	30	245
8	125	145	45	45	120	145	125	210
9	115	235	75	-30	95	10	30	55
10	135	90	30	60	115	85	105	140
11	170	165	60	75	35	165	100	220
12	125	115	40	60	105	100	125	140
13	135	120	45	10	10	120	20	195
14	145	160	75	-40	135	155	140	225
15	125	140	60	50	20	145	105	200

Номер варианта задания определяется по порядковому номеру Вашей фамилии в журнале группы или по формуле $N_{вар} = № - 15$, если порядковый номер больше 15-ти.

Контрольные вопросы

1. Какие системы координат поддерживаются в AutoCAD?
2. В чем отличие относительного от абсолютного способа указания координат? Как записываются координаты в относительной и абсолютной форме?
3. Какие способы построения дуги имеются в AutoCAD?
4. Какие способы построения окружностей имеются в AutoCAD?
5. Для чего используют объектную привязку в AutoCAD и чем она отличается от шаговой?
6. Как проставить размеры в AutoCAD?

Лабораторная работа № 3 ПОСТРОЕНИЕ ОБЪЕКТОВ И ШТРИХОВКА В AutoCAD

Цель работы: изучение команд построения криволинейных графических примитивов и приемов штриховки в системе AutoCAD; приобретение практических навыков построения объектов для выполнения чертежей и электрических схем.

Ход работы

1. Запустите AutoCAD и выполните настройки рабочей среды или загрузите шаблон Вашего чертежа, подготовленный в лабораторной работе № 1.

2. В качестве упражнений по использованию команд **КРУГ**, **ДУГА**, **КОЛЬЦО** и **ЭЛЛИПС** выполните задания 3.1–3.4.

3.1. Построить окружность с центром в точке (100, 200) и радиусом 50 мм.

Команда: **КРУГ**

3Т / 2Т / ККР / <Центр>: 100,200

Диаметр / <Радиус>: 50

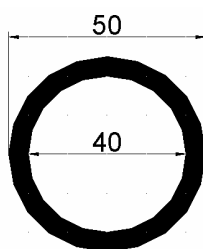
3.2. Построить кольцо с центром в точке (60, 60), толщиной 5 мм и внешним диаметром 50 мм.

Команда: **КОЛЬЦО**

Внутренний диаметр <0.5>: 40

Внешний диаметр <1.0>: 50

Центр кольца: 60,60



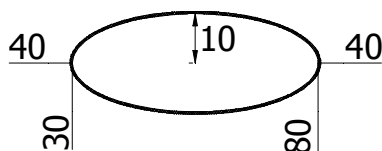
3.3. Построить эллипс с координатами большой оси (30, 40) и (80, 40). Половина длины малой оси 10 мм.

Команда: **ЭЛЛИПС**

Дуга/Центр/<1-й конец оси>: 30, 40

2-й конец оси: 80, 40

<Длина другой оси> / Поворот: 10



3.4. Построить эллиптическую дугу охватывающую часть эллипса, ограниченную углами 210° и 30° .

Команда: **ЭЛЛИПС**

<Дуга>/Центр /1-й конец оси: Д

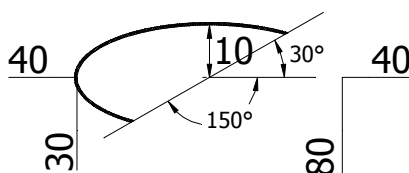
Дуга/Центр / <1-й конец оси>: 30, 40

Дуга/Центр / <2-й конец оси>: 80, 40

<Длина другой оси> / Поворот: 10

Параметр/<начальный угол>: 210

Параметр/<конечный угол>: 30



1. Создайте новый чертеж и выполните необходимые настройки рабочей среды или загрузите готовый шаблон.

2. Используя команду **ЭЛЛИПС**, выполните построения эллипсов по различным исходным данным (вариант исходных данных выберите из таблицы вариантов в соответствии с Вашим номером в журнале группы):

- по координатам точек начала $A1$ и конца $B1$ первой оси, а также половине длины второй оси L ;
- по координатам центр эллипса O , конечной точки первой оси $B2$ и половине длины другой оси (принять равной $2L$);
- по координатам центра эллипса O , конечной точке первой оси $B2$ и углу поворота α .

3. Постройте эллиптическую дугу по следующим исходным данным (табл.): начальный и конечный углы $\alpha1$ и $\alpha2$; координаты начала $A3$ и конца $B3$ первой оси, половина длины второй оси – L .

4. С помощью команды **КОЛЬЦО** по заданным внутреннему $D_{\text{внутр}}$ и внешнему $D_{\text{внеш}}$ диаметрам нарисуйте два кольца, центры которых отстоят друг от друга на 10 мм по горизонтали. Координаты центра одного из колец (X, Y) заданы (табл.).

5. С помощью команды **МН-УГОЛ** нарисуйте два многоугольника: вписанный (с числом сторон $n_{\text{впис}} = 6$ (7) для четных (нечетных) вариантов) и описанный (с числом сторон $n_{\text{впис}} - 1$) относительно базовой окружности радиусом $R = 2L$ (рис.). Постройте базовую окружность.

Место построения многоугольников на чертеже выберите произвольно.

6. С помощью команды **КШТРИХ** заштрихуйте замкнутые области, образовавшиеся в результате выполнения предыдущего пункта. Штриховку вписанного многоугольника выполните с помощью линии (для четных вариантов – наклон 30° , шаг 2 мм; для нечетных – наклон 45° , шаг 3 мм). Образцы штриховки для остальных областей принимаются произвольно, но не совпадающими. Масштаб стандартных типов штриховки выбирается самостоятельно, но обеспечивающим наглядность штрихования.

7. Используя команды **КРУГ**, **ДУГА** и **ПЛИНИЯ** в любом свободном месте чертежа постройте условные обозначения двух-, трехобмоточного силового трансформатора, реактора и индуктивности. Диаметр окружностей обмоток для трансформатора, а также диаметр дуги для реактора принять равными L , а радиус дуги для катушки индуктивности – $L/4$ (рис.).

8. Результаты выполнения заданий лабораторной работы по пунктам 4–9 покажите преподавателю.

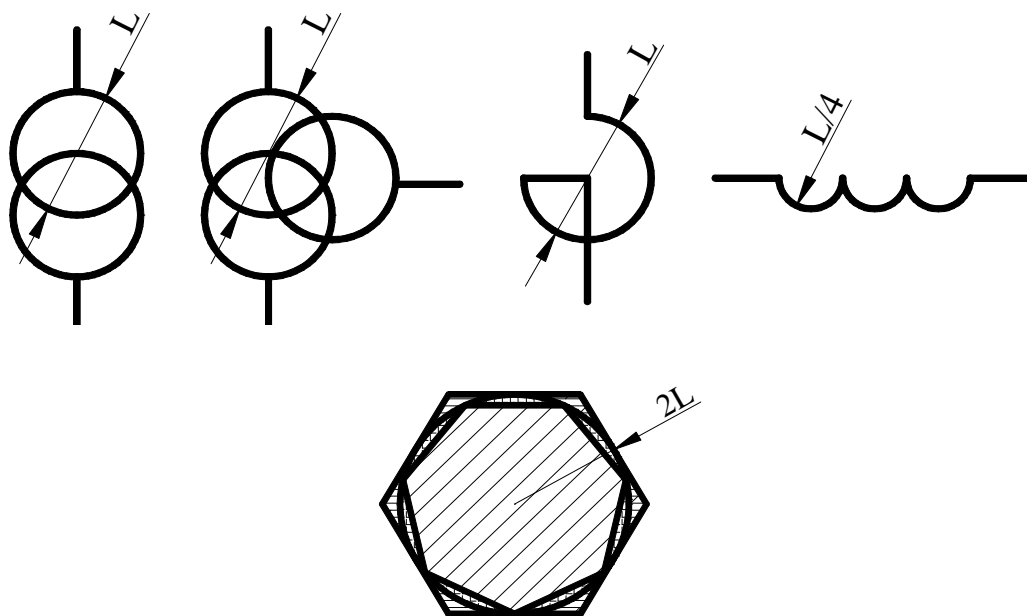


Рис. Примеры выполнения графических построений объектов

Таблица вариантов заданий

№ по журналу группы		Параметры эллипса									
		Координаты начала оси А1, мм		Координаты конца оси В1, мм		Длина 2-й полуоси, мм α	Центр О, мм		Координаты конца оси В1, мм		Угол поворота, град. α
		X	Y	X	Y		X	Y	X	Y	
1	16	130	250	170	250	10	50	250	90	250	45
2	17	130	50	180	50	20	50	50	90	50	60
3	18	150	210	150	270	15	30	240	30	280	70
4	19	120	230	160	230	10	10	230	40	230	80
5	20	160	250	110	250	20	10	230	10	280	50
6	21	120	30	180	30	15	50	40	90	40	30
7	22	170	220	120	220	10	50	220	100	220	80
8	23	120	250	180	250	20	40	220	90	220	70
9	24	120	250	180	250	15	50	250	95	250	85
10	25	120	50	180	50	20	20	160	40	60	55
11	26	120	50	150	50	20	80	50	100	50	45
12	27	140	250	190	250	15	60	195	10	195	75
13	28	120	30	170	30	10	50	80	90	80	70
14	29	20	240	100	240	10	50	240	80	240	10
15	30	110	50	180	50	15	40	110	90	110	75

Окончание табл.

№ по журналу группы		Параметры эллиптической дуги, мм						Параметры кольца, мм			
		Начало оси А3, мм		Конец оси В3, мм		Начальный угол, град. α_1	Конечный угол, град. α_2	Диаметры, мм		Центр, мм	
		X	Y	X	Y			$D_{внутр}$	$D_{внеш}$	X	Y
1	16	70	200	130	200	270	0	15	17	130	200
2	17	80	80	130	80	180	0	20	22	175	130
3	18	90	270	90	210	90	180	12	14	140	190
4	19	100	230	60	230	0	135	25	30	140	190
5	20	60	190	110	190	45	135	10	12	120	180
6	21	80	70	120	70	-90	90	18	22	120	120
7	22	70	170	120	170	210	40	16	18	110	180
8	23	80	200	120	200	90	225	17	20	140	160
9	24	20	200	80	200	0	180	15	20	115	200
10	25	20	100	80	100	45	335	10	12	160	80
11	26	20	100	50	100	50	150	18	20	130	40
12	27	40	130	90	130	90	360	23	27	140	140
13	28	100	30	50	30	90	270	15	22	130	80
14	29	20	210	100	210	45	270	21	24	130	170
15	30	20	50	90	50	0	285	11	15	130	120

Контрольные вопросы

1. Какие способы построения эллипса имеются в AutoCAD?
2. Что понимается под эллиптической дугой и по каким параметрам она строится?
3. По каким параметрам в AutoCAD выполняется построение многоугольников?
4. Какие типы штриховки имеются в AutoCAD, в чем отличия?
5. Что понимается под ассоциативностью штриховки?
6. Как указывается область для штрихования?
7. Какие параметры штрихования можно задавать в AutoCAD?
8. Какие способы построения окружностей и дуг предлагает AutoCAD?
9. Какие способы построения окружностей предусмотрены в AutoCAD?
10. Как выполняется построение кольца в AutoCAD, чем оно отличается от окружности?

Лабораторная работа № 4 РАБОТА С ТЕКСТОМ И СЛОЯМИ В AutoCAD

Цель работы: изучение возможностей программы AutoCAD для выполнения надписей на чертежах и работы со слоями, приобретение практических навыков работы с командами создания и управления слоями, создания текстовых стилей и надписей различными способами.

Ход работы

1. С помощью команды **СЛОЙ** создайте три новых слоя со следующими параметрами:

Параметр	Слой1	Слой2	Слой3
Имя	<i>ЗАДАНИЕ-1</i>	<i>ЗАДАНИЕ-2</i>	<i>ЗАДАНИЕ-3</i>
Цвет	А	Б	В
Тип линии	А	Б	В

Примечание. АБВ – три последние цифры зачетной книжки.

2. С помощью команды **СТИЛЬ** создайте четыре новых текстовых стиля, параметры которых приведены ниже. При выборе шрифта необходимо выбирать гарнитуру, содержащую кириллицу (CYR):

Параметр	Стиль1	Стиль2	Стиль3	Стиль4
Имя	<i>Мой стиль1</i>	<i>Мой стиль2</i>	<i>Мой стиль3</i>	<i>Мой стиль4</i>
Шрифт	Times	Arial	Times	Arial
Высота шрифта	5	7	5	0
Угол наклона	0	15	0	15
Степень сжатия	1	1	0,75	0,75
Начертание	Обычный	Полужирный	Полужирный	Обычный

3. Сделайте текущим слой *ЗАДАНИЕ-1* и в соответствии с Вашим вариантом (табл.) начертите квадрат с длиной стороны L и центром в точке X, Y . Проведите диагонали квадрата.

4. С помощью команды **ДТЕКСТ** занесите в центр квадрата название Вашей группы, используя текстовый стиль *Мой стиль1* и тип выравнивания текста «середина – центр» (СЦ). Убедитесь, что надпись находится точно в центре квадрата.

5. С помощью команды **ДТЕКСТ** поместите слева от квадрата Вашу фамилию, используя текстовый стиль *Мой стиль2* и тип выравнивания текста «середина – вправо (СП)», приняв в качестве базовой точки середину левого ребра квадрата. Убедитесь, что центр последней буквы касается центра левой стороны квадрата.

6. Поместите сверху квадрата Ваше имя, используя текстовый стиль *Мой стиль3* и тип выравнивания текста «низ – центр» (НЦ), приняв в качестве базовой точки середину верхней стороны квадрата. Убедитесь, что надпись отцентрирована правильно и буквы нижнего регистра касаются верхнего ребра.

7. Поместите снизу квадрата Ваше отчество, используя текстовый стиль *Мой стиль3* и тип выравнивания текста «верх – центр» (ВЦ), приняв в качестве верхней средней точки координаты середины нижней стороны квадрата. Убедитесь, что надпись отцентрирована правильно и буквы верхнего регистра касаются нижней стороны квадрата.

8. Поместите справа от квадрата год Вашего рождения, используя текстовый стиль *Мой стиль4* и тип выравнивания текста «середина – влево» (СЛ). В качестве базовой точки примите середину правого ребра квадрата. Убедитесь, что центр первой цифры касается центра правой стороны (рис.).

9. Сделайте текущим слой *ЗАДАНИЕ-2* (остальные слои отключите) и в соответствии с вариантом начертите равносторонний треугольник с координатами вершины в точке $(X; Y - 100)$, длиной ребра L и углом наклона основания α (табл.).

10. Поместите вдоль сторон треугольника Ваши фамилию, имя и отчество, отцентрированные относительно середин ребер треугольника и выполненные стилями в соответствии с п.п. 5–7 (рис.). Используйте типы выравнивания текста «низ – центр» (НЦ) и «вверх – центр» (ВЦ). Для указания координат начальных точек рекомендуется активизировать объектную привязку в режиме СЕРЕДИНА.

11. Сделайте текущим слой *ЗАДАНИЕ-3* (остальные слои отключите) и начертите прямоугольник размером $L \times L/2$ с координатами левой верхней вершины $(X1, Y1)$ (табл. приложения). Начертите диагонали прямоугольника.

12. С помощью команды **МТЕКСТ** поместите свои фамилию, имя, отчество и номер группы точно в центр прямоугольника. При этом текстовая рамка должна совпадать с прямоугольником, а к тексту применено выравнивание «середина – центр». В качестве шрифта используйте Courier New Cyr.

13. В текстовом редакторе Word создайте файл, содержащий название лабораторной работы и сохраните его с расширением RTF. С помощью команды **МТЕКСТ** в любом произвольном месте чертежа выполните импорт RTF-файл. Функция импорта становится доступна при вызове контекстного меню нажатием правой кнопки мыши.

14. Результаты выполнения заданий лабораторной работы по п.п. 3–13 покажите преподавателю.

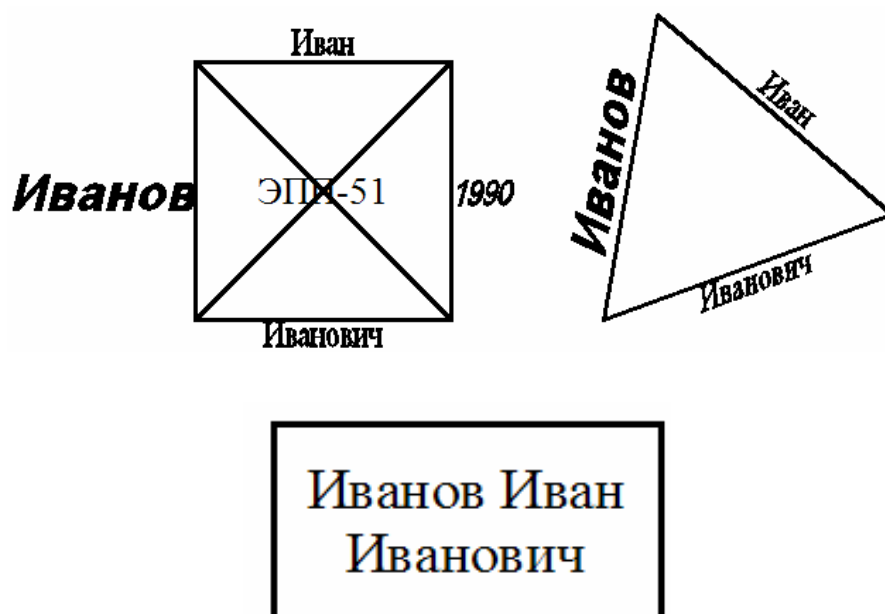


Рис. Выполнение надписей однострочным и многострочным текстом

Таблица вариантов заданий

№ по журналу группы		Параметры треугольника				Параметры отрезка			
		X, мм	Y, мм	L, мм	α, град.	X1, мм	Y1, мм	X2, мм	Y2, мм
1	16	55	170	60	25	220	170	240	230
2	17	25	185	70	20	120	185	135	265
3	18	40	35	20	40	215	35	240	130
4	19	15	130	45	60	110	130	120	95
5	20	125	205	60	-30	210	175	235	235
6	21	120	75	30	230	210	30	235	90
7	22	110	120	60	-25	250	170	230	245
8	23	125	145	45	45	210	145	225	210
9	24	135	35	75	-30	195	10	230	55
10	25	105	90	30	60	115	85	105	140
11	26	140	165	60	75	235	165	200	220
12	27	95	115	40	60	105	100	125	140
13	28	135	120	45	10	210	120	220	195
14	29	105	160	75	-40	215	155	240	225
15	30	125	140	60	50	120	145	105	200

Лабораторная работа № 5 РАБОТА С МАССИВАМИ В AutoCAD

Цель работы: изучение свойств команд редактирования чертежей в AutoCAD: МАССИВ, ЗЕРКАЛО, ПОВЕРНУТЬ и т.д.; приобретение практических навыков по использованию команд редактирования и выбора объектов для редактирования.

Ход работы

1. Начертите шахматную доску с размером клетки $L = 5 \text{ мм} + K/2$ (где K – номер варианта из табл.) (рис.).

1.1. Сначала командой **ПРЯМОУГОЛЬНИК** начертите клетку с размером стороны L (координаты точки 1 – (50, 50)).

1.2. Командой **МАССИВПРЯМОУГ**, используя в качестве объекта нарисованную клетку, создайте исходный массив, нажав клавишу Enter.

1.3. В опции команды укажите K – количество: столбцов – 8, строк – 8.

1.4. Укажите I – интервал между столбцами и строками – L .

1.5. Выход из команды – буква Ы и нажатие клавиши <Enter>.

1.6. Для заполнения темных клеток используйте любой вариант плотной штриховки.

1.7. Используя команду **ДТЕКСТ** и центровку текста **СЦ**, подпишите обозначения координат клеток шахматной доски, как это показано на рисунке. Высота шрифта принимается $L/2$. Зазор между центральной осью вертикальной и горизонтальной строк и краем шахматного поля составляет $L/2$. Центральная точка каждого символа должны совпадать с центральной осью соответствующей строки и столбца.

1.8. Выполните оформление шахматной доски штрихпунктирной линией. Зазор между линией оформления и шахматным полем равен L .

2. Начертите циферблат часов диаметром $D = 50 \text{ мм} + K$ (K – номер варианта), как это показано на рисунке. Для этого:

2.1. Командой **КРУГ** начертите внешний контур часов диаметром $D + 10 \text{ мм}$, командой **КОЛЬЦО** начертите окружность циферблата диаметром D (толщина линии 1 мм).

2.2. Командой **ПОЛИЛИНИЯ** начертите на циферблате минутную отметку в виде конуса высотой 3 мм с основанием 1 мм, соответствующую 12 часам.

2.3. С помощью команды **ПОВЕРНУТЬ** поверните минутную отметку относительно центра циферблата на угол, соответствующий 1 минуте (угол рассчитайте самостоятельно).

2.4. С помощью команды **МАССИВКРУГ** скопируйте минутную отметку 1-й минуты в положения минутных отметок 2-й, 3-й и 4-й минут в виде кругового массива. Предварительно рассчитайте угол заполнения кругового массива.

2.5. Командой **ПОЛИЛИНИЯ** начертите часовую отметку в виде сплошной линии длиной 5 мм и толщиной 2 мм.

2.6. С помощью команды **МАССИВКРУГ** начертите часовые и минутные отметки, соответствующие 1–11 часам в виде кругового массива, элементом которого являются часовая и минутные отметки 12-го часа.

2.7. Подпишите отметку, соответствующую 12 часам (шрифт Arial). Центр надписи должен лежать на окружности между внешним контуром часов и окружностью циферблата, высота символов – 5 мм.

2.8. С помощью команды **МАССИВКРУГ** размножьте надпись «12» часов по кругу так, чтобы она легла на часовые отметки циферблата. При этом отключите опцию поворота элемента массива.

2.9. Используя команды редактирования текста, приведите в соответствие надписи отметок 1–11 часов.

2.10. Командой **ПОЛИЛИНИЯ** начертите минутную стрелку, указывающую на 12 часов.

2.11. С помощью команды **ЗЕРКАЛО** скопируйте в виде зеркального отражения минутную стрелку так, чтобы она указывала на 3 часа. Ось симметрии должна проходить под углом 45° через центр циферблата.

2.12. Изменив длину новой минутной стрелки в два раза, преобразуйте ее в часовую, выполнив следующие действия: щелкните указателем по минутной стрелке для активизации «ручки», щелкните указателем по дальней от центра ручке и привяжите к ней прицел указателя и переместите окончание стрелки в новое место (ближе к центру).

2.13. С помощью команды **ПОВЕРНУТЬ** переместите стрелки таким образом, чтобы часы показывали K часов и $10 + K$ минут.

2.14. Подпишите номер варианта на циферблате (высота символов 3 мм). С помощью команд редактирования измените угол наклона надписи, сделав его 15 градусов к вертикали.

3. Результаты работы покажите преподавателю.

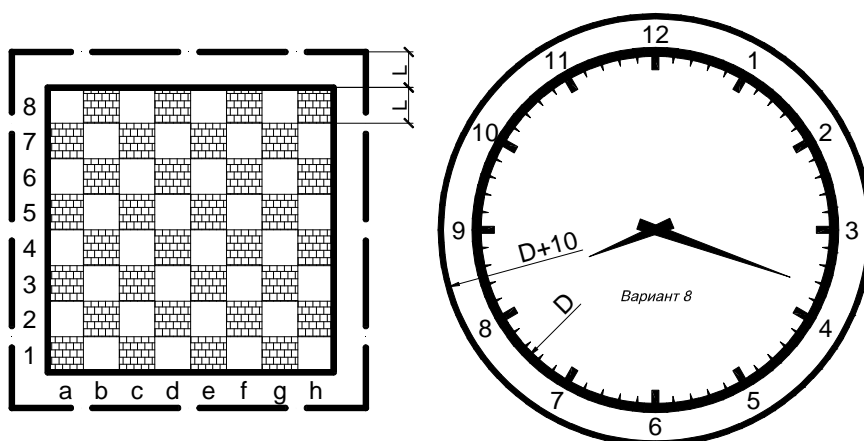


Рис. Примеры построений групп элементов, упорядоченных в прямоугольный и круговой массивы

Таблица вариантов заданий

№ варианта	№ по списку
1	1
2	2
3	3
4	4
5	5
6	6
7	7
8	8
9	9
10	10
11	11
12	12
13	13
14	14
1	15
2	16
3	17
4	18
5	19
6	20
7	21
8	22
9	23
10	24
11	25
12	26
13	27
14	28

Лабораторная работа № 6

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЛОКОВ И АТРИБУТОВ В AutoCAD

Цель работы: изучить методы и команды создания блоков и атрибутов в AutoCAD, приобрести практические навыки выполнения электротехнических схем с использованием условных обозначений элементов схем в виде блоков и атрибутов.

Ход работы

1. Начертите условные обозначения следующих элементов электрических цепей (в соответствии с ГОСТ 2.728-74 и ГОСТ 2.723-68):

- резистор;
- конденсатор;
- индуктивность (дроссель);
- двухобмоточный трансформатор трехфазного тока с соединением обмоток звезда – треугольник (понижительная подстанция).

Элементы показаны на рис. 6.1.

Для рисования элементов используйте команду **ПОЛИЛИНИЯ**, разрешается использовать фигуры, выполненные в лабораторной работе № 3. Рекомендуется размещать элементы на чертеже таким образом, чтобы точки подключения контактных ножек имели координаты, кратные 5 мм по осям *X* и *Y*. Это облегчит в дальнейшем формирование схемы из этих элементов при включенном шаге перемещения курсора 5 мм.

2. Используя команду **БЛОК** или соответствующую кнопку на левой панели инструментов рисования создайте блок, для чего в открывшемся окне «Определение блока» дайте название блоку. Имя блока должно быть ассоциировано с элементом, условное обозначение которого он отражает, например, «резистор», «конд» и т.п. Не рекомендуется использовать имена блоков, содержащие более 8 символов. Укажите галочками признак выбора базовой точки и объектов блока на экране, нажмите клавишу <Enter>. Затем отметьте все объекты, входящие в блок рамкой выделения, и нажмите клавишу <Enter>.

3. В открывшемся окне редактора блока, используя команду **ДИАЛАТОП** или соответствующую кнопку на панели инструментов (бирка на нитке), создайте для каждого элемента схемы **четыре** атрибута:

- **ЭЛЕМЕНТ** – является идентификатором элемента (резистор, конденсатор, дроссель или трансформатор) – обычно аналогичен названию блока;
- **ПОЗИЦИЯ** – указывает обозначение позиции элемента на чертеже;
- **НОМИНАЛ** – числовой параметр элемента;
- **ЕД_ИЗМ** – показывает единицы измерения номинала.

При вызове команды создания атрибута появляется диалоговое окно «Определение атрибута», в котором, руководствуясь таблицей параметров для каждого блока, необходимо выполнить описание свойств атрибута, а также задать обозначение ТЭГа (внутрисистемное обозначение атрибута):

Параметры	Атрибут			
	ЭЛЕМЕНТ	ПОЗИЦИЯ	НОМИНАЛ	ЕД_ИЗМ
Режим	<i>Скрытый</i>	–	–	<i>Постоянный</i>
Выравнивание	<i>По центру</i>	<i>По центру</i>	<i>Вправо</i>	<i>Влево</i>
Подсказка	–	–	–	–
Высота шрифта, мм	3	3	3	3
Значение	<i>Резистор</i>	<i>R</i>	число	<i>Ом</i>
	<i>Конденсатор</i>	<i>C</i>	число	<i>мкф</i>
	<i>Дроссель</i>	<i>L</i>	число	<i>мГн</i>
	<i>Трансформатор</i>	<i>ПС ТДТН-40000/110</i>	число	<i>кВ</i>

Для облегчения работы рекомендуется создать четыре атрибута для одного из блоков, а затем скопировать их для других блоков и отредактировать в зависимости от конкретного назначения блока.

Базовые точки вставки атрибутов ЭЛЕМЕНТ и ПОЗИЦИЯ должны располагаться на оси симметрии условного обозначения элемента таким образом, чтобы зазор между условным обозначением и атрибутом составил 1 мм. Базовые точки вставки атрибутов НОМИНАЛ и ЕД_ИЗМ должны быть размещены левее и правее оси симметрии условного обозначения на 1 мм. Зазор между нижним краем атрибута и условным обозначением должен составить 5 мм.

Примеры размещения атрибутов относительно условных обозначений приведены на рисунке 6.1.

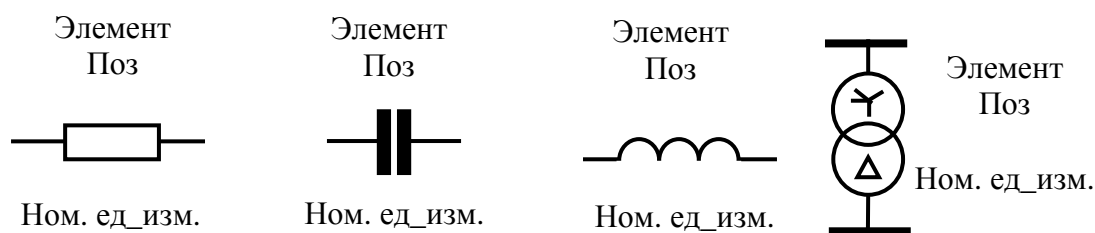


Рис. 6.1. Компоновка атрибутов и графических обозначений

Перед завершением описания блока и выхода из режима его редактирования необходимо задать *координаты базовой точки*, по которой блок будет привязываться к чертежу при его вызове. В противном случае за координаты будет принята точка начала координат 0,0.

В качестве базовой точки удобно использовать точку подключения элемента к схеме или точку в центре элемента, причем координаты этой точки должны быть кратны 5 мм.

Для указания базовой точки воспользуйтесь командой **БЛОКПАРАМ** с опцией **База** и отметьте мышкой на чертеже блока базовую точку, нажав левую клавишу мыши.

4. После выхода из редактора блока элемент в совокупности с его атрибутами будет сохранен в виде блока.

5. Используя команду **ВСТАВИТЬ** или нажав соответствующую кнопку на панели инструментов рисования (слева), можно вызвать любой из спроектированных блоков и установить его в выбранное место на чертеже. При этом откроется окно ввода значений непостоянных атрибутов (позиция и номинал), которые имеют индивидуальные значения и задаются при вводе.

6. В соответствии с номером варианта схемы, указанного в задании на курсовую работу, начертите схему распределительной сети из созданных блоков трансформаторных подстанций, задавая для каждого вставляемого блока значения его переменных атрибутов (рис. 6.2).

7. Покажите Вашу схему преподавателю и продемонстрируйте ввод созданных Вами блоков.

8. Сохраните схему распресети на диске.

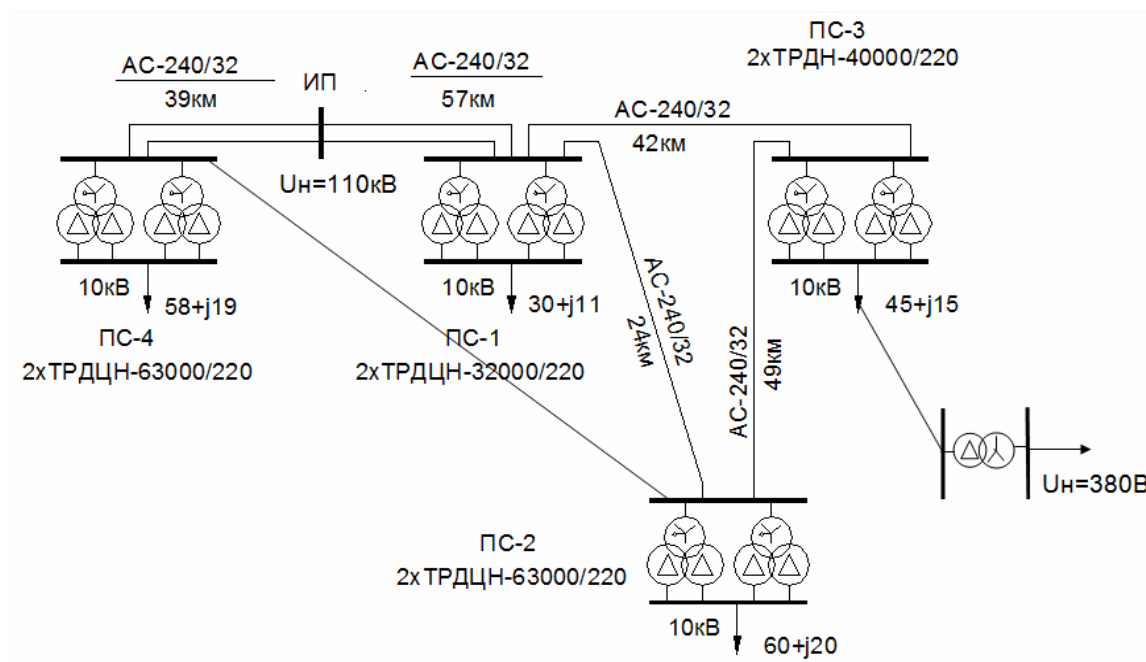


Рис. 6.2. Пример формирования принципиальной схемы распресети

Лабораторная работа № 7 **ВАПОЛНЕНИЕ СХЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ** **В САПР «Альфа»**

Цель работы: изучение интерфейса программы автоматизированного проектирования линейных схем электроснабжения САПР «Альфа», приобретение практических навыков по использованию этой программы для создания схем электроснабжения объектов, выполнения сопутствующих расчетов и оформления необходимой конструкторской документации в соответствии с требованиями ГОСТ.

Краткие теоретические сведения

Неотъемлемая часть проектирования в электроэнергетике – разработка схем соединения силовых элементов, коммутационных аппаратов и других электротехнических устройств.

Схема электрических соединений систем электроснабжения выполняется в однолинейном виде, показывает соединения силовых и коммутационных элементов и аппаратов между собой и определяет тип провода или кабеля, которыми осуществляются эти соединения.

Элементы и устройства на схеме электроснабжения изображаются в виде условных графических обозначений по ГОСТ.

При оформлении различных схем в зависимости от их назначения и объектов проектирования используются графические обозначения согласно следующим документам:

- ГОСТ 2.755-74 «Условные графические обозначения контактов коммутационных устройств»;
- ГОСТ 2.751-73 «Линии электрической связи, провода, кабели и шины»;
- ГОСТ 2.710-81 «Буквенные коды наиболее распространенных элементов»;
- ГОСТ 2.730-73 «Полупроводниковые приборы»;
- ГОСТ 2.729-68 «Электроизмерительные приборы»;
- ГОСТ 2.728-74 «Резисторы. Конденсаторы»;
- ГОСТ 2.727-68 «Разрядники, предохранители»;
- ГОСТ 2.726-68 «Токоусъемники»;
- ГОСТ 2.723-68 «Катушки индуктивности, реакторы, дроссели, трансформаторы, автотрансформаторы и магнитные усилители»;
- ГОСТ 2.722-68 «Электрические машины»;
- ГОСТ 2.721-74 «Обозначения общего применения»;
- ГОСТ 21.614-88 «Изображения условные графические электрооборудования и проводок на планах».

Сама схема электроснабжения и формы сопутствующей документации должны соответствовать ГОСТ 21.613-88 «Силовое электрооборудование. Рабочие чертежи».

На схеме около графических обозначений электротехнических устройств указывают позиционные обозначения, тип, основные параметры элементов и устройств в соответствии с требованиями ГОСТ 2.710-81. Эти обозначения выполняются в виде выносок, которые должны легко читаться.

Высота шрифта на выносках и в таблицах чертежа должна быть не менее 2 мм, а сами выноски должны располагаться на свободном поле чертежа и не накладываться на другие элементы.

При компоновке схемы необходимо обеспечить заполнение пространства листа не менее чем на $\frac{3}{4}$ его суммарной площади.

Ход работы

1. Запустите программу САПР «Альфа».
2. Выполните настройку параметров программы САПР «Альфа», воспользовавшись меню «Настройки».
 - 2.1. В подменю «Результаты» обязательно отметьте галочками все типы выходных файлов.
 - 2.2. В подменю «Расчеты» укажите расчетные нормативные значения запаса проводников (6%), труб (5%) и допустимые падения напряжения (1,5%).
 - 2.3. В подменю «Общие» в разделе «Автосохранение» поставьте галочку и укажите «30 минут».
 - 2.4. Настройки подбора оборудования не корректируются.
3. Через меню «Документы» перейдите к оформлению штампа. Содержание штампа показано на рисунке.

						1х-ЭС вариант хх			
						Плоцкие РЭС 110 кВ			
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата				
Вед.инж.	Студент ФИО					Ремонтно-комплекточный цех	Стадия	Лист	Листов
Нач.гр.							ЛР №7		
Н.контр.									
Гл.спец.						Схема распределительной сети -380/220 В	УО "ПГУ"		
Зам.нач.							г. Новополюцк		
ГИП	Питолин В.Е.								

Рис. Содержание штампа чертежа

4. Построение схемы электрической распределительной сети начинается с создания цепочки «распределительное устройство – коммутационный аппарат – электроприемник». Для создания первой цепочки нажимаем кнопку мастера создания «Создать РУ-КА-ЭП». При ответе на вопросы программы необходимо учесть, что:

4.1. Напряжение в сети – 380 в, сеть 3-фазная.

4.2. Запитка всех электроприемников (индивидуальная или групповая) осуществляется от одного *распределительного пункта* и одним кабелем в металлической трубе.

4.3. **Внимание.** При выборе типа распределительного пункта не используйте типы ПР-22 и ПР-24, т.к. при таком выборе не генерируется тип кабеля и тип трубы прокладки (их приходится вносить вручную после завершения набора схемы).

4.4. Вводный аппарат для отдельных электроприемников не предусмотрен (отсутствует), т.к. установлен между понизительным трансформатором и шинопроводом.

4.5. При выборе коммутационных аппаратов типа «пускатель» (ПМЛ, ПМЕ или ПМ) выполняется дополнительный вид расчета «Пусковые токи».

4.6. Выбор электроприемника должен производиться из «Базы электроприемников» программы САПР «Альфа».

4.7. Выбираемые электроприемники, за исключением кран-балок, транспортеров или манипуляторов, не имеют реверсивного привода и выносных пультов управления.

4.8. Годовое число часов работы – не менее 1 и не более 7 тысяч.

4.9. При выборе электроприемника для активации кнопки «Готово» необходимо ввести его обозначение в соответствующем поле окна выбора и номинальную мощность, если она отсутствует в базе данных.

4.10. При выборе электроприемника иногда требуется указать мощность и наличие самозапуска.

4.11. После завершения набора цепочки необходимо указать обозначение распределительного устройства в соответствующем окне.

5. Следующая цепочка строится методом добавления к распределительному устройству или низовому коммутационному аппарату (для обеспечения группового включения-отключения электроприемников).

Для этой цели маркер мыши устанавливается на соответствующем распределительном устройстве или коммутационном аппарате и нажимается правая

кнопка мыши. В появившемся меню следует выбрать пункт «Добавить ветвь» или «Добавить ветвь ПОСЛЕ КА».

Далее выполняется диалог с программой, аналогичный изложенному в п. 4.

Примечание. Если не появляется готовность кнопки «Далее» при выборе среды установки электроприемника, нужно правой кнопкой мыши установить требуемую среду.

6. При выполнении лабораторной работы следует построить шесть цепочек РУ-КА-ЭП и КА-ЭП для шести электроприемников в произвольной конфигурации.

7. После завершения построения необходимо выполнить подбор оборудования для спроектированного распреустройства и шести цепочек от него с использованием кнопки мастера подбора оборудования.

При выборе конкретных типов контактных аппаратов обращайте внимание на предельное значение номинального тока: оно не должно быть меньше требуемого для Вашего электроприемника.

8. Внимание. После завершения подбора оборудования и всех сопутствующих расчетов в каталоге «D/Sapralfa/Alpha70/Schemes/hh_Result/» выполните расчет нагрузок для распреустройства. Для этого установите маркер мыши на шине распреустройства и нажмите правую клавишу. Выберите из меню пункт «Выполнить расчет нагрузок».

При выполнении расчета нагрузок в появившемся окне необходимо определить папку для результатов расчета и схем, а также указать имя файла для результатов расчета мощности (по умолчанию это будет папка, указанная в п. 7).

Признаком удачного завершения расчета по всем цепочкам является появление значений суммарной мощности и тока в позиции распреустройства, а также значений номинального тока во всех ячейках таблицы характеристик электроприемников.

Форма документа «Расчет нагрузок» соответствует требованиям отраслевого стандарта РТМ 36.18.32.4-92 «Указания по расчету электрических нагрузок» форма № ф636-92.

9. Аналогичным образом создается чертеж элетросхемы – пункт меню «Создать чертеж». При этом создается схема электроснабжения в виде текстовой таблицы (формат hh.rtf) и чертежа в векторном формате AutoCAD (hh.dxf) в выбранном ранее каталоге.

10. С помощью меню «Документы» создать «Спецификацию» и «Кабельно-трубный журнал» в виде текстовых таблиц (формат hh.rtf) в том же каталоге.

11. Сохранить спроектированную схему ЭС (формат хх.sch).
12. Чертеж созданной схемы, открытый в программе AutoCAD, показать преподавателю.

Лабораторная работа № 8 ВАПОЛНЕНИЕ ПЛАНА РАСПОЛОЖЕНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ СХЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ В САПР «Альфа»

Цель работы: продолжение изучения интерфейса программы автоматизированного проектирования линейных схем электроснабжения САПР «Альфа», приобретение практических навыков по использованию этой программы для создания плана расположения кабельных трасс и объектов электроснабжения, выполненных в соответствии требованиями ГОСТ 21.613-88 «Силовое электрооборудование. Рабочие чертежи».

Ход работы

1. Запустите программу САПР «Альфа».
2. Загрузите спроектированную схему однолинейной сети электроснабжения, выполненную в лабораторной работе № 7 (хх.sch).
3. Нажатием кнопки «Создать план» или через пункт меню «Планы» выполните переход в режим редактирования планов расположения оборудования, показанный на рис. 8.1.

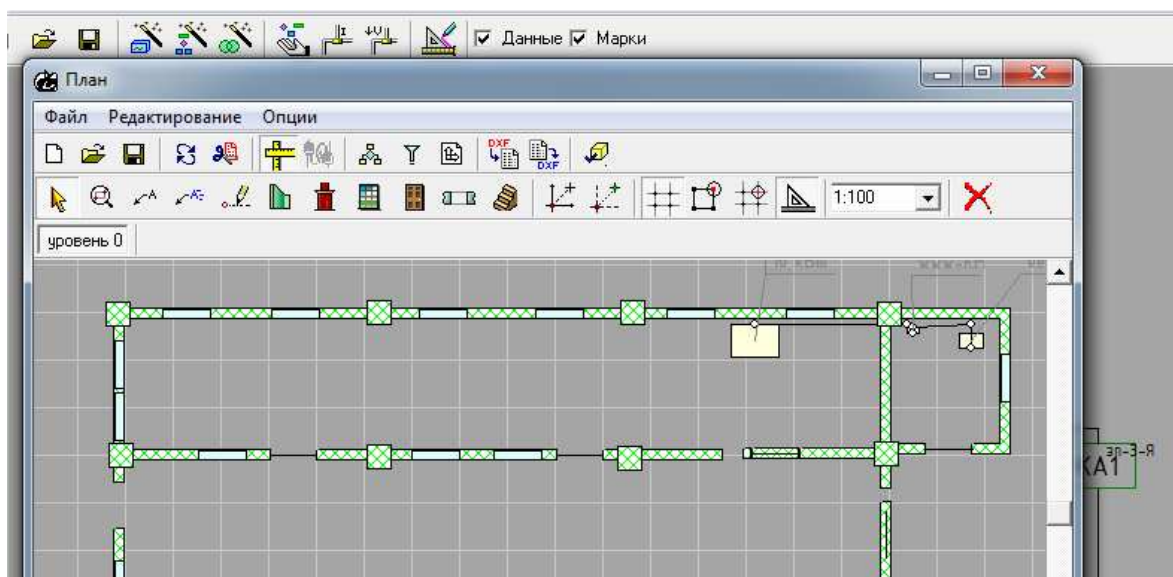


Рис. 8.1. Режим редактирования плана расположения ЭС

4. Используя графические примитивы «Стена», «Колонная», «Окно», «Дверь» и «Проем», создайте план помещений объекта электроснабжения.

5. Удаление примитивов осуществляется нажатием на кнопку «Стрелка», выбором удаляемого примитива (окрашивается в красный цвет) и нажатием на кнопку «Удалить выбранный элемент плана».

6. Допускается использование готового плана помещений за счет импорта изображения в векторном формате ACAD (xx.dxf) в графический редактор планов САПР Альфа.

Импорт изображения плана осуществляется нажатием кнопки «Импорт из dxf» и поиском в открывшемся окне соответствующего файла.

7. После завершения формирования плана введите в него элементы системы электроснабжения через список элементов, который вызывается нажатием на кнопку «Аппараты электрической схемы».

Список раскрывается в своем окне после нажатия на символ «+» в дереве списка.

Элементы списка переносятся на схему путем простого «перетаскивания» мышью, а кабели, после переноса всех элементов, – двойным щелчком левой кнопки на соответствующей позиции списка.

Удаление элементов ЭС осуществляется нажатием кнопки «Удалить все электроэлементы».

8. Редактирование электросхемы на плане выполняется в режиме редактирования ЭС. Для этого «отжимаем» кнопку «Редактировать план» и нажимаем «Редактировать электрическую схему».

9. Перенос выносок электроэлементов осуществляется после нажатия кнопки «Редактировать выноску».

Все выноски должны быть размещены на свободном поле чертежа и не накладываться на другие элементы.

10. Перенос электроэлементов возможен после нажатия кнопки «Переместить аппарат».

11. Перемещение кабелей на плане выполняется мышью методом создания контрольных точек (узлов) после нажатия кнопки «Добавить / переместить узел кабеля».

Кабели должны располагаться вдоль стен и, как правило, не пересекать проемов в стенах и дверях.

Кабельные трассы на схеме используются для увязывания электроэлементов одной цепочки или группы. В дальнейшем, после экспорта пла-

на в ACAD, они должны быть заменены на стандартные обозначения кабеля согласно ГОСТ 21.614-88.

Электроэлементы распределительного устройства должны располагаться в специально выделенном помещении или отдельном здании.

12. После завершения размещения элементов электрической схемы на плане помещений выполните экспорт схемы в ACAD.

Для этой цели используйте кнопку «Экспорт в dxf».

При экспорте плана необходимо выбрать такой масштаб чертежа в окне экспорта, чтобы заштрихованное поле по возможности полностью умещалось на выбранном формате листа (рис. 8.2).

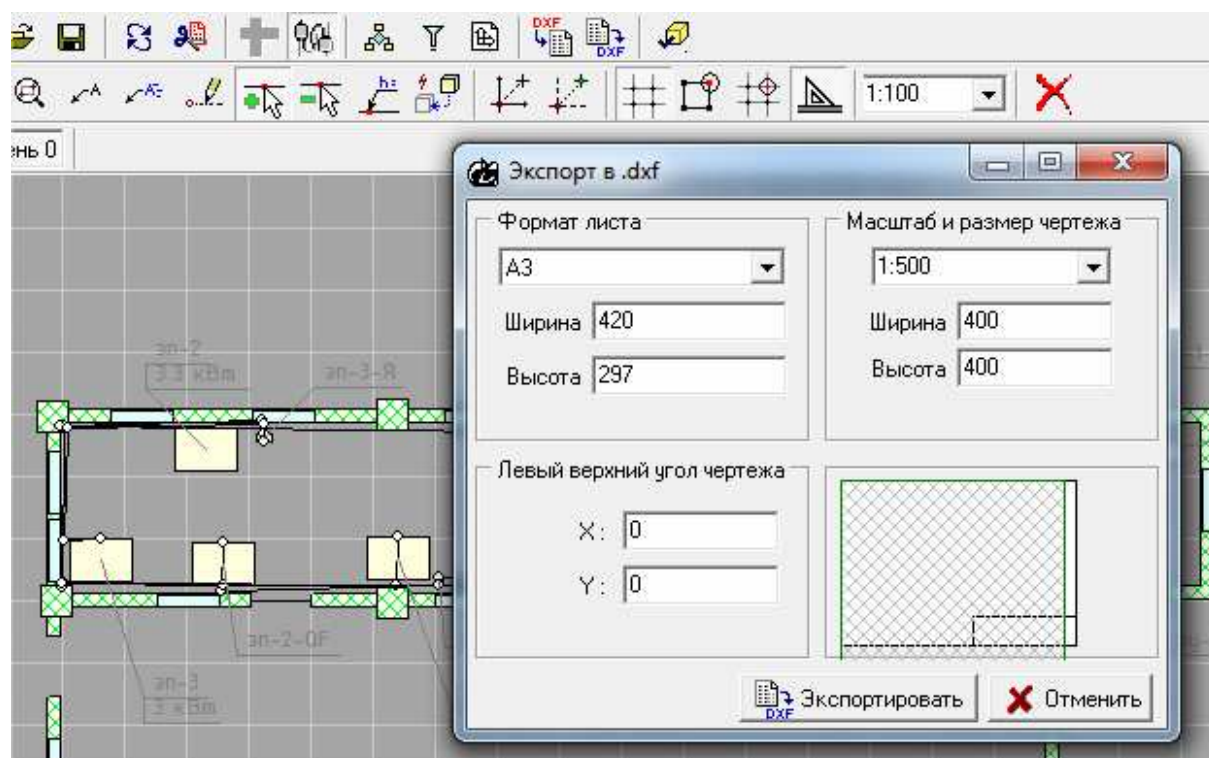


Рис. 8.2. Экспорт плана из программы САПР Альфа в AutoCAD

Затем в AutoCAD переместите план в центр листа и увеличьте его масштаб до требуемых размеров, чтобы высота шрифта на выносках была не менее 2 мм, как этого требует стандарт.

13. Продолжайте редактирование плана в AutoCAD.

13.1. Откорректируйте изображение кабелей на плане в соответствии с требованиями ГОСТ 21.614-88 «Изображения условные графические электрооборудования и проводок на планах».

13.2. Измените форму и масштабы изображений коммутационных аппаратов, если их размеры такие же, как размеры изображений электро-

4. Какие способы ввода электроцепочек предусмотрены в САПР «Альфа»?
5. Какие виды и формы документов позволяет генерировать САПР «Альфа» по результатам формирования линейной схемы электроснабжения?
6. Как выполняется переход в редактор формирования плана расположения электрооборудования в САПР «Альфа»?
7. Как выполняется импорт и экспорт планов расположения электрооборудования в другие системы САПР?
8. Какие стандарты, регламентирующие форму и размеры изображений электроэлементов на чертежах схем распределительных сетей, Вы знаете?
9. Каким стандартом регламентируется содержание рабочих чертежей силовых электросхем (схем электроснабжения)?

ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

№	Наименование тем практических занятий
1	Инсталляция и наладка среды исполнения САПР «AutoCAD 2007» в домашних условиях
2	Выполнение принципиальной схемы системы электроснабжения подстанций 110 кВ в среде САПР «AutoCAD 2007»
3	Изучение библиотеки блоков, используемых в чертежах схем электроснабжения промышленных предприятий (на примерах)
4	Изучение технической документации к САПР «Альфа», рассмотрение порядка установки и адаптации системы в домашних условиях
5	Выбор оборудования из базы данных САПР «Альфа» и расчет электрических нагрузок по форме ФБЗ6-92
6	Построение расчетной схемы однолинейной силовой сети электроснабжения объекта с использованием САПР «Альфа», перенос схемы в САПР «AutoCAD» и дальнейшее ее редактирование
7	Расчет токов коротких замыканий в системах электроснабжения с использованием САПР «Альфа» и САПР ТКЗ 3000
8	Разработка плана расположения оборудования и кабельных трасс с использованием САПР «Альфа», перенос плана в САПР «AutoCAD» и дальнейшее ее редактирование
9	Разработка сопроводительной документации к чертежам электроснабжения согласно ГОСТ 21.613-88 с использованием системы САПР «Альфа» и дальнейшее ее редактирование в текстовом редакторе MS Word

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

РАЗРАБОТКА ПРОЕКТА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ЗДАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СРЕДСТВ САПР

Общие определения

Потребитель электрической энергии – электроприемник или группа электроприемников, объединенных технологическим процессом и размещающихся на определенной территории.

Система электроснабжения – совокупность электроустановок, предназначенных для обеспечения потребителей электрической энергией.

1. Цели и задачи курсовой работы

Целью курсовой работы является практическое закрепление курсового материала и развитие навыков самостоятельной работы студентов в современных системах автоматизированного проектирования (ACAD, MathCAD, АРМ СЭиСРЗА и др.) при решении комплекса задач, связанных с разработкой систем электроснабжения промышленных предприятий.

Заданием на курсовую работу предусматривается определение состава и выбор конкретного оборудования – электроприемников отдельного промышленного объекта и разработка общей схемы электроснабжения с оформлением комплекта необходимой технической документации, предусмотренной действующими стандартами.

Студент должен научиться самостоятельно исследовать и применять различные современные способы автоматизированного проектирования систем электроснабжения с использованием ПЭВМ.

2. Общие требования к курсовой работе

Текстовая часть курсовой работы оформляется на листах формата А4 в соответствии с ГОСТ 2.105-95 ЕСКД «Общие требования к текстовым документам» и представляется сброшюрованной в твердой или пластиковой обложке.

Порядок брошюровки следующий:

- 1) титульный лист (номер страницы не указывается);
- 2) задание на курсовую работу, оформленное на стандартном бланке (номер страницы не указывается);
- 3) содержание (оглавление) – на листе со стандартной рамкой и основной надписью по форме для текстовых документов в соответствии с ГОСТ 2.104 (номер страницы – 3-й; на всех последующих листах – нумерация страниц по порядку следования);
- 4) введение – на листах со стандартной рамкой (весь последующий текстовый материал также);
- 5) основная часть;
- 6) заключение;
- 7) литература;
- 8) графический материал (в виде приложений), сложенный с выделением основного штампа и вшитый в пояснительную записку.

Объем пояснительной записки составляет 15–20 страниц формата А4.

Шрифт записки – «Times New Roman» 14 пт через 1,5 интервала. Для формирования текстов таблиц размер шрифта «Times New Roman» допускается уменьшать до 12 пт и менее.

Графическая часть по возможности выполняется на листах формата А3 с заполнением поля чертежа не менее, чем на $\frac{3}{4}$ формата.

В процессе проектирования осуществляется контроль готовности выполняемой работы в соответствии с календарным графиком, указанным в задании на курсовую работу.

Законченная курсовая работа сдается на проверку руководителю за три дня до установленного срока защиты.

Расчетно-пояснительная записка на магнитном носителе (дискете) и в виде отпечатанного материала, подписанная студентом, сдается на кафедру ЭиЭТ секретарю кафедры не позднее, чем за 10 дней до защиты курсовой работы.

3. Содержание расчетно-пояснительной записки

Введение

Определение условий работы проектируемого цеха.

Раздел 1

Выбор основного оборудования электроприемников, типов кабеля, а также пусковой и защитной аппаратуры согласно заданию.

Раздел 2

Разработка в среде САПР «Альфа» версии 7.0:

2.1. расчетной однолинейной схемы распределительной сети объекта.

2.2. расчета токов коротких замыканий и поперечных сечений жил кабелей.

2.3. общей заказной спецификации оборудования объекта.

2.4. чертежа расположения оборудования и трасс на плане помещений.

2.5. спецификаций оборудования и кабельных журналов открытой и закрытой прокладки.

2.6. расчета электрических нагрузок с представлением результатов расчета в табличной форме Ф636-92 и в виде текстового файла формата MS Word.

Раздел 3

Расчет в среде MathCAD токов установившегося режима в ветвях внешней сети электропитания по заданному варианту топологии сети с учетом собственного энергопотребления промышленного объекта.

Раздел 4

Разработка в среде AutoCAD чертежа общей принципиальной схемы электроснабжения предприятия и плана расположения оборудования.

Заключение

Перечень разрабатываемого графического материала по курсовой работе:

1. Принципиальная схема распределительной сети с участком внешних подключений.

2. Расчетная схема распределительной сети здания промышленного объекта.

3. План помещений здания с расположением оборудования и линий распределительной сети.

4. Исходные данные по курсовой работе

Исходные данные по курсовой работе приведены в табл. 1.

Вариант указан в задании на курсовое проектирование.

Электроприемники запитаны от сети 3-фазного тока по схеме «звезда» или «треугольник», линейное напряжение питающей сети 380 В.

Таблица 1

№	Тип промышленного объекта	Количество вентиляторов (насосов)	Количество станков (эл/двигателей)	Количество специального оборудования
1	Столярный цех	6	8	6
2	Механический цех	4	12	4
3	Покрасочный цех	12	4	4
4	Сушильный цех	8	8	4
5	Береговая насосная станция	2	12	6
6	Токарный цех	4	12	4
7	Химический цех	10	5	5
8	Столярный цех	8	8	4
9	Склад	7	9	4
10	Цех наладки	6	4	10
11	Слесарный цех	8	9	3
12	Электроцех	6	6	8
13	Овощехранилище	4	12	4
14	Кабельный цех	8	8	4
15	Кузнечный цех	5	9	6
16	Литейный цех	12	6	2
17	Цех пластмасс	12	5	3
18	Монтажный цех	6	8	6
19	Сортировочная	10	6	4
20	Повысительная насосная станция	8	6	6
21	Очистительная станция	6	8	6
22	Кирпичный цех	4	12	4
23	Бетонный цех	6	9	5
24	Прокатный цех	12	4	4
25	Разделочный цех	3	12	5
26	Холодильник	6	9	5
27	Элеватор	6	12	2
28	Электролизная	12	6	2

4.1. Варианты топологических схем электросетей верхнего (регионального) уровня

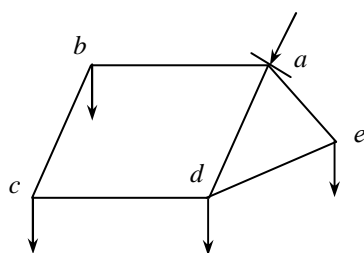


Схема 1

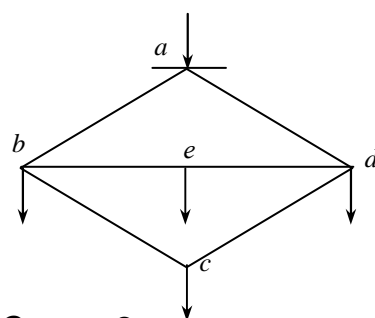


Схема 2

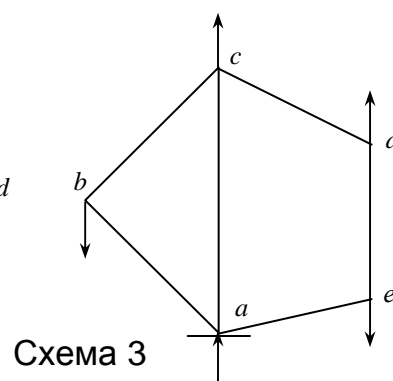


Схема 3

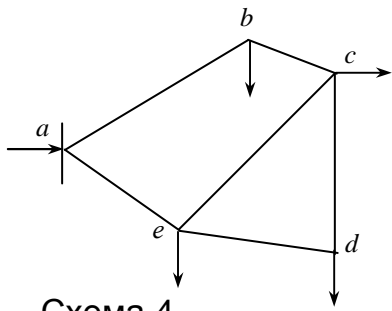


Схема 4

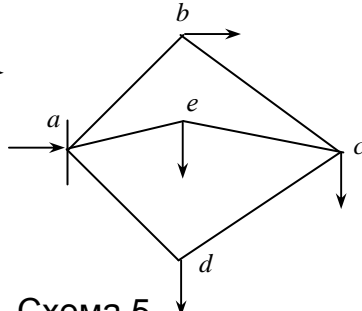


Схема 5

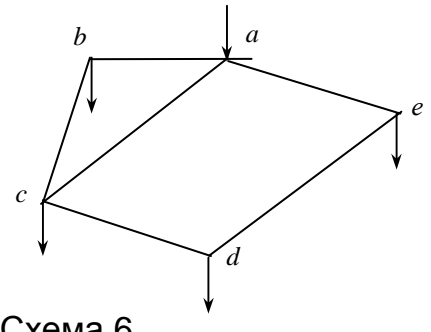


Схема 6

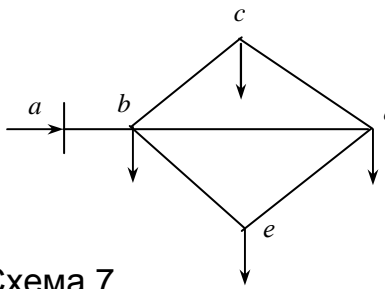


Схема 7

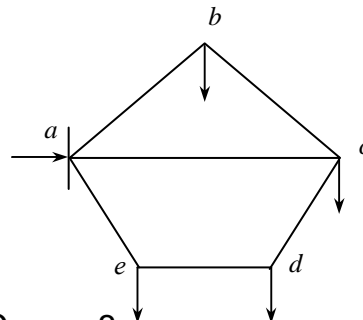


Схема 8

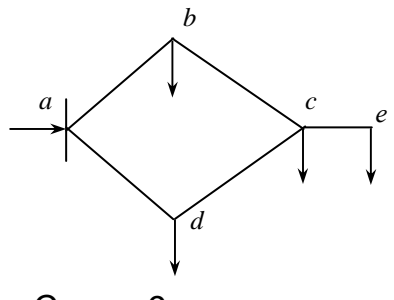


Схема 9

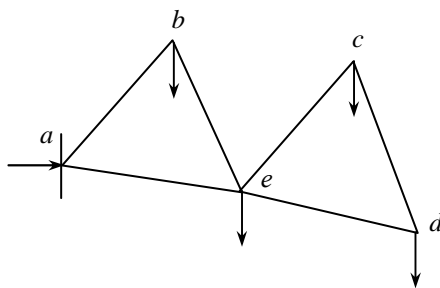


Схема 10

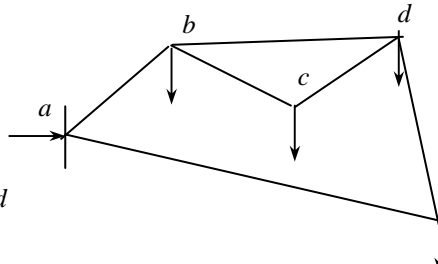


Схема 11

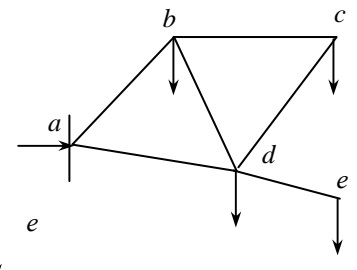


Схема 12

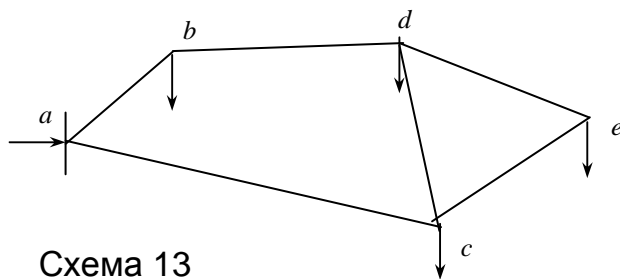


Схема 13

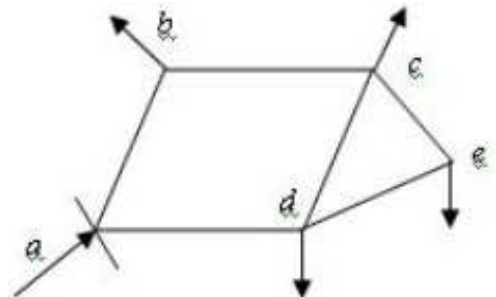


Схема 14 (пример)

4.2. Параметры узлов сетей $U_H = 110$ кВ

Таблица 2

Схема	Узел	P , МВт	Q , Мвар	I_a , А	I_p , А
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
1	<i>b</i>	20	10	105	53
	<i>c</i>	30	15	158	79
	<i>d</i>	30	20	158	105
	<i>e</i>				
2	<i>b</i>	15	5	79	26
	<i>c</i>	40	20	91	55
	<i>d</i>	20	10	105	53
	<i>e</i>				
3	<i>b</i>	20	8	105	42
	<i>c</i>	30	20	158	105
	<i>d</i>	30	20	158	105
	<i>e</i>				
4	<i>b</i>	15	15	79	79
	<i>c</i>	40	30	210	158
	<i>d</i>	20	5	105	26
	<i>e</i>				
5	<i>b</i>	20	10	105	53
	<i>c</i>	50	20	263	105
	<i>d</i>	20	15	105	79
	<i>e</i>				
6	<i>b</i>	30	15	158	79
	<i>c</i>	25	10	131	53
	<i>d</i>	40	30	210	158
	<i>e</i>				
7	<i>b</i>	20	10	105	53
	<i>c</i>	50	25	263	131
	<i>d</i>	20	15	105	79
	<i>e</i>				
8	<i>b</i>	20	15	105	79
	<i>c</i>	50	30	263	158
	<i>d</i>	10	5	53	26
	<i>e</i>				
9	<i>b</i>	40	20	210	105
	<i>c</i>	29	11	152	58
	<i>d</i>	15	5	79	26
	<i>e</i>				
10	<i>b</i>	37	15	194	79
	<i>c</i>	15	8	79	42
	<i>d</i>	27	13	142	68
	<i>e</i>				

Окончание табл. 2

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
11	<i>b</i>	30	15	158	79
	<i>c</i>	30	20	158	105
	<i>d</i>	24	15	126	79
	<i>e</i>				
12	<i>b</i>	24	15	126	79
	<i>c</i>	20	10	105	53
	<i>d</i>	50	20	263	105
	<i>e</i>				
13	<i>b</i>	17	5	89	26
	<i>c</i>	15	8	79	42
	<i>d</i>	18	8	95	42
	<i>e</i>				
14 пример	<i>b</i>	20	10	105	53
	<i>c</i>	30	15	158	79
	<i>d</i>	30	20	158	105
	<i>e</i>				

Примечание. Напряжение балансирующего узла принять равным $U_a = 115$ кВ.

4.3. Параметры ветвей сетей $U_H = 110$ кВ

Таблица 3

Схема	Начало	Конец	R_0 , Ом/км	X_0 , Ом/км	B_0 , См/км·Е-6	L , км	R , Ом	X , Ом	B , См·Е-6
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>
1	<i>a</i>	<i>b</i>	0,198	0,420	2,700	60,000	11,880	25,200	162,000
	<i>b</i>	<i>c</i>	0,249	0,427	2,660	30,000	7,470	12,810	79,800
	<i>c</i>	<i>d</i>	0,162	0,431	2,750	70,000	11,340	30,170	192,500
	<i>d</i>	<i>e</i>	0,249	0,427	2,660	40,000	9,960	17,080	106,400
	<i>e</i>	<i>a</i>	0,198	0,420	2,700	30,000	5,940	12,600	81,000
	<i>a</i>	<i>d</i>	0,249	0,427	2,660	30,000	7,470	12,810	79,800
2	<i>a</i>	<i>b</i>	0,198	0,420	2,700	40,000	7,920	16,800	108,000
	<i>a</i>	<i>d</i>	0,162	0,431	2,750	50,000	8,100	21,550	137,500
	<i>b</i>	<i>e</i>	0,306	0,432	2,610	25,000	7,650	10,800	65,250
	<i>e</i>	<i>d</i>	0,306	0,432	2,610	25,000	7,650	10,800	65,250
	<i>b</i>	<i>c</i>	0,249	0,427	2,660	40,000	9,960	17,080	106,400
	<i>c</i>	<i>d</i>	0,249	0,427	2,660	35,000	8,715	14,945	93,100
3	<i>a</i>	<i>b</i>	0,198	0,420	2,700	30,000	5,940	12,600	81,000
	<i>a</i>	<i>e</i>	0,198	0,420	2,700	40,000	7,920	16,800	108,000
	<i>e</i>	<i>d</i>	0,198	0,420	2,700	30,000	5,940	12,600	81,000
	<i>d</i>	<i>c</i>	0,198	0,420	2,700	40,000	7,920	16,800	108,000
	<i>a</i>	<i>c</i>	0,198	0,420	2,700	50,000	9,900	21,000	135,000
	<i>b</i>	<i>c</i>	0,198	0,420	2,700	40,000	7,920	16,800	108,000

Продолжение табл. 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4	a	b	0,198	0,420	2,700	70,000	13,860	29,400	189,000
	b	c	0,306	0,434	2,610	50,000	15,300	21,700	130,500
	a	e	0,198	0,420	2,700	40,000	7,920	16,800	108,000
	e	d	0,306	0,434	2,610	50,000	15,300	21,700	130,500
	e	c	0,306	0,434	2,610	60,000	18,360	26,040	156,600
	c	d	0,306	0,434	2,610	30,000	9,180	13,020	78,300
5	a	b	0,198	0,420	2,700	50,000	9,900	21,000	135,000
	b	c	0,198	0,420	2,700	50,000	9,900	21,000	135,000
	a	e	0,198	0,420	2,700	30,000	5,940	12,600	81,000
	e	c	0,198	0,420	2,700	30,000	5,940	12,600	81,000
	d	c	0,198	0,420	2,700	40,000	7,920	16,800	108,000
	a	d	0,198	0,420	2,700	40,000	7,920	16,800	108,000
6	a	b	0,249	0,427	2,660	40,000	9,960	17,080	106,400
	b	c	0,249	0,427	2,660	40,000	9,960	17,080	106,400
	a	c	0,249	0,427	2,660	40,000	9,960	17,080	106,400
	a	e	0,249	0,427	2,660	40,000	9,960	17,080	106,400
	e	d	0,249	0,427	2,660	60,000	14,940	25,620	159,600
	c	d	0,198	0,420	2,700	40,000	7,920	16,800	108,000
7	a	b	0,162	0,431	2,750	70,000	11,340	30,170	192,500
	b	c	0,198	0,420	2,700	40,000	7,920	16,800	108,000
	b	e	0,198	0,420	2,700	50,000	9,900	21,000	135,000
	b	d	0,198	0,420	2,700	50,000	9,900	21,000	135,000
	c	d	0,198	0,420	2,700	30,000	5,940	12,600	81,000
	e	d	0,198	0,420	2,700	45,000	8,910	18,900	121,500
8	a	b	0,198	0,420	2,700	80,000	15,840	33,600	216,000
	b	c	0,198	0,420	2,700	40,000	7,920	16,800	108,000
	c	d	0,198	0,420	2,700	30,000	5,940	12,600	81,000
	d	e	0,198	0,420	2,700	50,000	9,900	21,000	135,000
	a	e	0,198	0,420	2,700	70,000	13,860	29,400	189,000
	a	c	0,198	0,420	2,700	50,000	9,900	21,000	135,000
9	a	b	0,162	0,431	2,750	60,000	9,720	25,860	165,000
	a	d	0,198	0,420	2,700	50,000	9,900	21,000	135,000
	b	c	0,249	0,427	2,660	40,000	9,960	17,080	106,400
	d	c	0,249	0,427	2,660	35,000	8,715	14,945	93,100
	c	e	0,249	0,427	2,660	30,000	7,470	12,810	79,800
10	a	b	0,198	0,420	2,700	60,000	11,880	25,200	162,000
	a	e	0,198	0,420	2,700	50,000	9,900	21,000	135,000
	b	e	0,198	0,420	2,700	30,000	5,940	12,600	81,000
	e	c	0,306	0,434	2,610	40,000	12,240	17,360	104,400
	e	d	0,306	0,434	2,610	35,000	10,710	15,190	91,350
	c	d	0,306	0,434	2,610	30,000	9,180	13,020	78,300

Окончание табл. 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	<i>a</i>	<i>b</i>	0,198	0,420	2,700	50,000	9,900	21,000	135,000
	<i>b</i>	<i>c</i>	0,198	0,420	2,700	40,000	7,920	16,800	108,000
	<i>b</i>	<i>d</i>	0,198	0,420	2,700	35,000	6,930	14,700	94,500
	<i>a</i>	<i>e</i>	0,198	0,420	2,700	60,000	11,880	25,200	162,000
	<i>c</i>	<i>d</i>	0,306	0,434	2,610	30,000	9,180	13,020	78,300
	<i>d</i>	<i>e</i>	0,306	0,434	2,610	35,000	10,710	15,190	91,350
12	<i>a</i>	<i>b</i>	0,198	0,420	2,700	70,000	13,860	29,400	189,000
	<i>a</i>	<i>d</i>	0,162	0,431	2,750	60,000	9,720	25,860	165,000
	<i>b</i>	<i>d</i>	0,198	0,420	2,700	50,000	9,900	21,000	135,000
	<i>b</i>	<i>c</i>	0,249	0,427	2,660	35,000	8,715	14,945	93,100
	<i>d</i>	<i>c</i>	0,249	0,427	2,660	40,000	9,960	17,080	106,400
	<i>d</i>	<i>e</i>	0,306	0,434	2,610	30,000	9,180	13,020	78,300
13	<i>a</i>	<i>b</i>	0,198	0,420	2,700	30,000	5,940	12,600	81,000
	<i>b</i>	<i>d</i>	0,198	0,420	2,700	40,000	7,920	16,800	108,000
	<i>c</i>	<i>d</i>	0,198	0,420	2,700	30,000	5,940	12,600	81,000
	<i>d</i>	<i>e</i>	0,198	0,420	2,700	50,000	9,900	21,000	135,000
	<i>c</i>	<i>e</i>	0,249	0,427	2,660	30,000	7,470	12,810	79,800
	<i>a</i>	<i>c</i>	0,198	0,420	2,700	80,000	15,840	33,600	216,000
14 пример	<i>a</i>	<i>b</i>	0,198	0,420	2,700	60,000	11,880	25,200	162,000
	<i>b</i>	<i>c</i>	0,249	0,427	2,660	30,000	7,470	12,810	79,800
	<i>c</i>	<i>d</i>	0,162	0,431	2,750	70,000	11,340	30,170	192,500
	<i>d</i>	<i>e</i>	0,249	0,427	2,660	40,000	9,960	17,080	106,400
	<i>e</i>	<i>c</i>	0,198	0,420	2,700	30,000	5,940	12,600	81,000
	<i>a</i>	<i>d</i>	0,249	0,427	2,660	30,000	7,470	12,810	79,800

Вариант топологической схемы указан в задании на курсовую работу.

5. Общие рекомендации по содержанию разделов расчетно-пояснительной записки

При формировании пояснительной записки следует ориентироваться, прежде всего, на обеспечение общей логики построения материала курсового проекта, принимая за основу структуру содержания, приведенную в задании на курсовое проектирование.

Некоторые разделы пояснительной записки можно расширять, вводить подразделы, но полностью исключать разделы не разрешается.

Конечное содержание пояснительной записки должно быть согласовано с руководителем курсового проекта в процессе его выполнения.

Введение

Указывается назначение промышленного объекта – потребителя электроэнергии, для которого проектируется система электроснабжения.

Определяется и обосновывается тип здания объекта с точки зрения электробезопасности (влажное, особо влажное, сырое, запыленное, взрывоопасное, жаркое и т.д.).

Определяется тип и число кабелей, необходимость использования трубной защиты, возможность использования открытых шин.

Определяется необходимость использования защитной аппаратуры (пускателей, выключателей безопасности и т.д.).

Определяется коэффициент мощности, нормируемый коэффициент загрузки трансформаторов питающей подстанции, годовое число часов работы оборудования, коэффициент использования,

Ориентировочно оценивается потребляемая электрическая мощность.

Раздел 1. Выбор основного оборудования энергоприемников, а также пусковой и защитной аппаратуры согласно заданию

Дается общая характеристика оборудования – энергоприемников, исходя из назначения объекта и ожидаемой среды в здании объекта.

Вводится перечисление основного оборудования – энергоприемников, выбранного для данного объекта с указанием его характеристик:

- обозначение энергоприемника на схеме;
- наименование;
- электрическая мощность электродвигателя;
- значение $\cos \varphi$;
- частота вращения;
- КПД;
- коэффициент использования;
- кратность пускового тока;
- ожидаемый ток расцепления;
- фазность и число проводников;
- характерная группа учета в спецификации.

Затем указываются ориентировочные характеристики пусковой и защитной аппаратуры:

- наименование (обозначение);
- тип;
- среда установки.

Раздел 2. Разработка в среде САПР «Альфа»

2.1. Расчетная однолинейная схема распределительной сети объекта

Приводится обоснование общих схемных решений по формированию распределительной сети на объекте:

- выбор числа распределительных пунктов;
- порядок формирования групп оборудования с подключением по фидерам или непосредственно к выводам распределительных пунктов.

Приводится расчет падений напряжения на ветвях.

Чертеж расчетной схемы распределительной сети объекта, сформированный в системе АСAD, приводится в приложении под номером 2.

Заполнение штампа чертежа выполняется согласно примеру, приведенному на рисунке (см. лабораторную работу № 7).

2.2. Расчет токов коротких замыканий и поперечных сечений жил кабелей

Приводятся результаты расчетов токов коротких замыканий в ветвях схемы, сформированные в САПР «Альфа».

Даются комментарии с заключением о достаточности поперечных сечений жил проводников.

Приводятся результаты факультативных расчетов токов КЗ, выполненных в других системах (МУСТАНГ-95, ТКЗ 3000 или MathCAD).

При этом используется шрифт заданного типоразмера.

2.3. Общая заказная спецификация оборудования объекта

Приводится сводная спецификация оборудования, сформированная в САПР «Альфа» и откорректированная в редакторе MS-WORD в части изменения шрифта на требуемый типоразмер.

2.4. Чертеж расположения оборудования и трасс на плане помещений

Дается общая характеристика расположения помещений в здании объекта.

Приводится перечень оборудования с указанием его расположения на чертеже помещений здания с привязкой по осям.

Чертеж расположения оборудования и трасс распределительной сети, сформированный в системе АСAD, приводится в приложении под номером 3.

2.5. Спецификации оборудования и кабельные журналы открытой и закрытой прокладки

Раздел должен содержать:

- спецификацию оборудования;
- кабельный журнал;
- журнал трубных прокладок,

сформированные в САПР Альфа и откорректированные в редакторе MS Word в части изменения шрифта на требуемый типоразмер.

2.6. Расчет электрических нагрузок по форме Ф636-92

В расчете должны присутствовать все единицы оборудования.

Допускается формирование оборудования по группам при наличии соответствующих обоснований в подразделе 2.1.

В случае отсутствия расчетов нагрузок по некоторым группам расчет выполняется вручную по формулам, указанным в заголовках соответствующих столбцов, и вводится в соответствующие графы.

Шрифт таблицы откорректировать в редакторе MS Word в части изменения на требуемый типоразмер.

Исправить ошибки в формулах (показано на рис. 1 красным кружком).

Эффективное число ЭП	Коэффициент расчетной нагрузки	Расчетная мощность			Расчетный ток, А
		активная, кВт	реактивная, квар	полная, кВ·А	
$n_s = \frac{(\sum P_n)^2}{\sum P_n^2}$	K_p	$P_p = K_p \cdot \sum P_n$	$Q_p = 1,1 \cdot K_u \cdot P_n \cdot \operatorname{tg} \varphi$ при $n_s < 10$;	$S_p = (P_p^2 + Q_p^2)^{0,5}$	$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_n}$
10	11	12	$Q_p = K_u \cdot P_n \cdot \operatorname{tg} \varphi$ при $n_s > 10$;	14	15
12.0	1.00	12000.0	7000.0	138920.4	211067.8

$I_p = 12000000 / ((1,73 \cdot 380) \cdot 0,00345) = 63 \text{ A}$
 $K_{tr} = 380 / 110000 = 0,00345$

$I_p = 7000000 / ((1,73 \cdot 380) \cdot 0,00345) = 37 \text{ A}$

Рис. 1. Пример расчета токов нагрузки объекта

Значения суммарной активной и реактивной мощности используются для расчета суммарных составляющих активного и реактивного тока с учетом коэффициента трансформации (см. рис. 1).

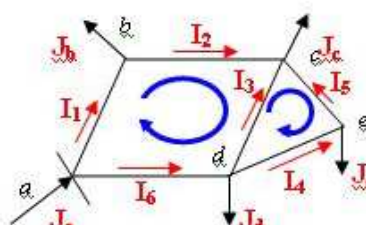
Производится расчет токов для узла потребителя *e* Вашего варианта.

Приводятся значения вычисленных нагрузок цеха для ввода в таблицу электрических нагрузок в узле *e* Вашего варианта топологической схемы электрической сети верхнего уровня.

По балансу вычисляются значения суммарной активной и реактивной составляющих мощности и тока источника в узле *a*.

Раздел 3. Расчет в среде MathCAD контурных токов установившегося режима внешней сети электропитания по заданному варианту топологии сети с учетом собственного энергопотребления промышленного объекта

Составляется система уравнений в соответствии с приведенным примером (рис. 2).

$$\begin{aligned}
 I_1 + I_6 &= J_a \\
 -I_1 + I_2 &= -J_b \\
 -I_2 - I_3 - I_5 &= -J_c \\
 I_3 + I_4 - I_6 &= -J_d \\
 I_1 Z_1 + I_2 Z_2 - I_3 Z_3 - I_6 Z_6 &= 0 \\
 I_3 Z_3 - I_4 Z_4 - I_5 Z_5 &= 0
 \end{aligned}$$


$$A = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & -1 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & -1 \\ Z_1 & Z_2 & -Z_3 & 0 & 0 & -Z_6 \\ 0 & 0 & Z_3 & -Z_4 & -Z_5 & 0 \end{pmatrix} \quad B = \begin{pmatrix} J_d \\ -J_b \\ -J_c \\ -J_d \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \quad I = A^{-1} * B$$

Рис. 2. Пример составления системы уравнений

Выполняется расчет токов установившегося режима в системе MathCAD (рис. 3).

Примечание: при составлении системы уравнений необходимо использовать максимальное количество контурных уравнений, в противном случае матрица *a* получится трансцендентной, т.е. ее определитель может стать равен нулю.

Затем выполняется проверочный расчет мощностей в узлах потребителей (рис. 4).

Расчет установившегося режима цепей переменного тока

$$\begin{aligned}
 & \text{ORIGIN} := 1 \\
 & i := (-1)^{0.5} \\
 & z_1 := 11.88 + i \cdot 25.2 \qquad j_1 := 484 + i \cdot 274 \\
 & z_2 := 7.47 + i \cdot 12.81 \qquad j_2 := 105 + i \cdot 53 \\
 & z_3 := 11.34 + i \cdot 30.17 \qquad j_3 := 158 + i \cdot 79 \\
 & z_4 := 9.96 + i \cdot 17.08 \qquad j_4 := 158 + i \cdot 105 \\
 & z_5 := 5.94 + i \cdot 12.6 \qquad j_5 := 63 + i \cdot 37 \\
 & z_6 := 7.47 + i \cdot 12.81
 \end{aligned}$$

$$a := \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & -1 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & -1 \\ z_1 & z_2 & -z_3 & 0 & 0 & -z_6 \\ 0 & 0 & z_3 & -z_4 & -z_5 & 0 \end{pmatrix} \quad b := \begin{pmatrix} j_1 \\ -j_2 \\ -j_3 \\ -j_4 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \quad iw := a^{-1} \cdot b \quad iw = \begin{pmatrix} 187.039 + 96.033i \\ 82.039 + 43.033i \\ 59.971 + 25.026i \\ 78.99 + 47.94i \\ 15.99 + 10.94i \\ 296.961 + 177.967i \end{pmatrix}$$

Рис. 3. Пример расчета токов в ветвях схемы

Расчет мощностей переменного тока в узлах сети (для проверки) (Напряжение в узле <a> принимаем 115 кВ)

фазовые напряжения:

$$U := \begin{pmatrix} 66386 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 63500 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 63500 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 63500 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 63500 \end{pmatrix} \quad J := \begin{pmatrix} -j_1 \\ j_2 \\ j_3 \\ j_4 \\ j_5 \end{pmatrix}$$

$$S := 3U \cdot J \quad S = \begin{pmatrix} -9.639 \times 10^7 - 5.457i \times 10^7 \\ 2 \times 10^7 + 1.01i \times 10^7 \\ 3.01 \times 10^7 + 1.505i \times 10^7 \\ 3.01 \times 10^7 + 2i \times 10^7 \\ 1.2 \times 10^7 + 7.048i \times 10^6 \end{pmatrix}$$

Мощности в узлах совпадают с заданными: расчет выполнен успешно

Рис. 4. Пример расчета мощностей, потребляемых в узлах схемы

Полученные результаты сравниваются с табличными данными параметров узлов, и делается заключение о правильности выполненных расчетов установившегося режима работы распределительной сети.

Раздел 4. Разработка в среде АСАD чертежа общей принципиальной схемы электроснабжения предприятия

В системе MathCAD выполняется принципиальная схема верхнего уровня, соответствующая заданной топологической схеме распределительной сети с линейным напряжением 110 кВ, и нижнего уровня здания объекта с соблюдением действующих стандартов условных обозначений элементов электрических схем (указаны в списке литературы).

Ориентировочный вид принципиальной схемы показан на рис. 5.

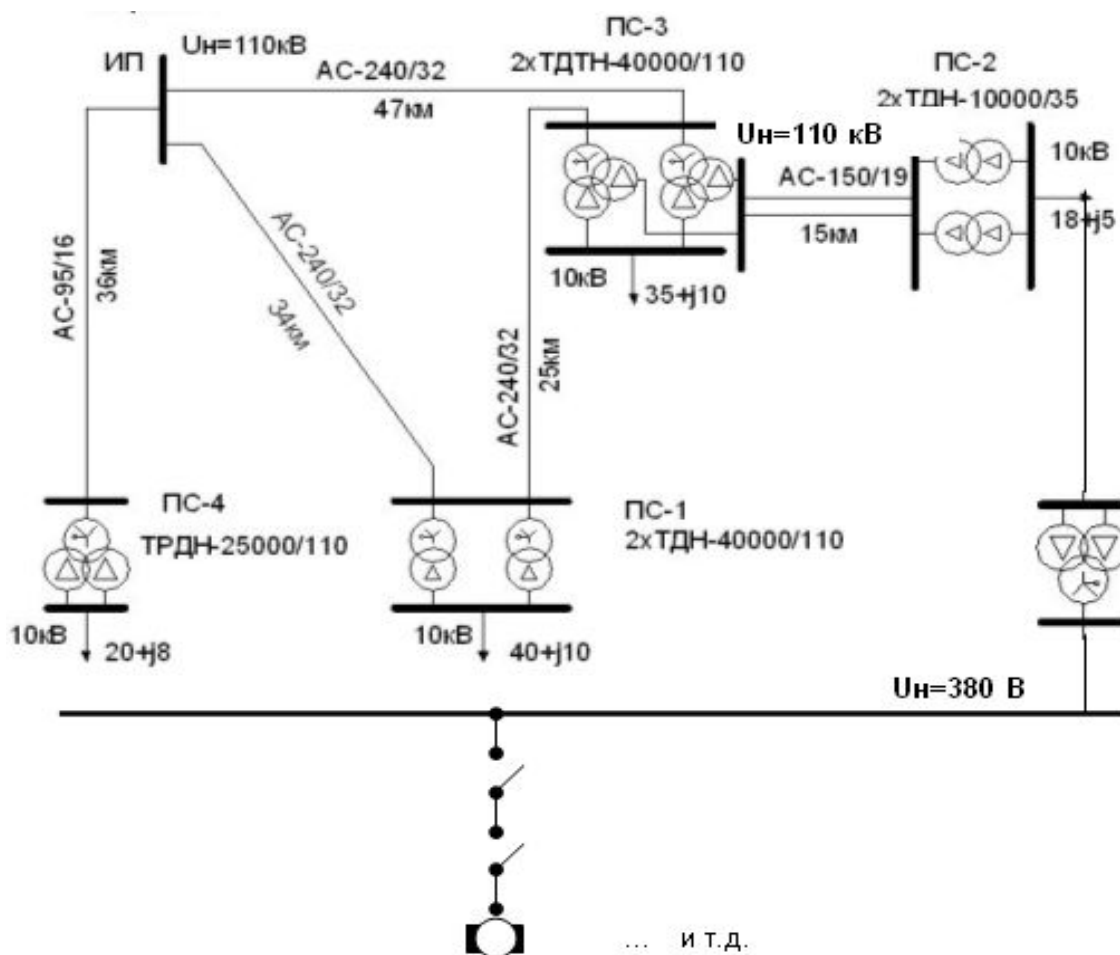


Рис. 5. Пример формирования принципиальной схемы распределительной сети

Чертеж принципиальной схемы распределительной сети с участком внешних подключений, сформированный в системе АСАD, приводится в приложении под номером 1.

Заключение

Студентом субъективно оцениваются результаты проделанной работы.

Приложение

В приложении приводится разрабатываемый графический материал по курсовой работе:

1. Принципиальная схема распределительной сети с участком внешних подключений.
2. Расчетная схема распределительной сети здания промышленного объекта.
3. План помещений здания с расположением оборудования и линий распределительной сети.

6. Порядок оценки курсовой работы

Работа, выполненная в соответствии с требованиями разделов 2, 3 и сданная на проверку в установленные сроки, имеет предельную оценку 8 (восемь) баллов.

Причины, по которым производится повышение или понижение оценки за выполненную работу, изложены в таблице 4.

Таблица 4

1	В работе дополнительно использованы программы САПР, не предусмотренные учебным планом дисциплины (по согласованию с преподавателем)	+ 1 балл
2	Сдача работы на проверку на 2 и более суток раньше установленного срока	+ 1 балл
3	Небрежное оформление брошюры (отдельные листы выходят за пределы пачки на 6-10 мм)	- 1 балл
4	Неправильная (нестандартная) укладка чертежа	- 1 балл
5	Отсутствие сквозной нумерации листов записки	- 1 балл
6	Содержание пояснительной записки не соответствует разделу 3 настоящей методики	- 1 балл
7	Нет округления результатов до целых (или 3-х значащих) цифр	- 1 балл
8	Несоблюдение масштаба штампа при масштабировании	- 1 балл
9	Неправильная обрезка чертежей Несоответствие высоты шрифта на поле чертежа и в штампе	- 1 балл

Окончание табл. 4

10	Поле чертежа заполнено менее, чем на $\frac{3}{4}$	– 1 балл
11	Отсутствует стандартное (по ГОСТ) обозначение на чертежах выключателей и разъединителей	– 1 балл
12	Несоответствие размеров и формы элементов чертежа требованиям ГОСТ	– 1 балл
13	Отсутствие осей на плане помещений	– 1 балл
14	Наложение выносок на элементы чертежа	– 1 балл
15	Отсутствует обозначение кабелей по ГОСТ	– 1 балл
16	Другие несоблюдения ГОСТ 21.613-88	– 1 балл
17	Несоблюдение срока сдачи на 1-3 дня	– 1 балл
18	Грубые ошибки в расчетах установившегося режима	– 2 балла
19	Нарушение срока сдачи курсовой работы более, чем на 3 дня	– 2 балла
20	Несоответствие содержания пояснительной записки заданию на курсовую работу	– 3 балла

Литература

Основная

1. Зоммер, В. AutoCAD 2008 : руководство чертежника, конструктора, архитектора / В. Зоммер. – М. : БИНОМ, 2008. – 736 с.

Дополнительная

2. Сычев, А.В. Основы САПР в энергетике [Электронный ресурс] : курс лекций / А.В. Сычев. – Гомель : ГГТУ им. П.О.Сухого, 2007. – 114 с.

3. Сычев, А.В. Основы САПР в энергетике [Электронный ресурс] : метод. указания к лабораторным работам по одноименному курсу лекций для студентов специальностей 1-43 01 03 «Электроснабжение» / А.В. Сычев, Д.И. Зализный. – Гомель : ГГТУ им. П.О.Сухого, 2007. – 51 с.

4. Система автоматизированного проектирования САПР «Альфа». Силовое электрооборудование САПР-СЭ [Электронный ресурс] : руководство пользователя.

5. Питолин, В.Е. Методические указания по курсовому проектированию по теме «Разработка проекта электроснабжения промышленного здания с использованием средств САПР» / В.Е. Питолин. – Новополоцк : ПГУ, 2012. – 16 с.

6. Справочник по проектированию электроэнергетических систем [Электронный ресурс] / под ред. С.С. Рокотяна, И.М. Шапиро. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Энергоатомиздат, 1985. – 347 с.

7. Федоров, А.А. Учебное пособие для курсового и дипломного проектирования по электроснабжению промышленных предприятий [Электронный ресурс] / А.А. Федоров, Л.Е. Старкова. – М. : Энергоатомиздат, 1987. – 368 с.

8. Калентионок, Е.В. Устойчивость электроэнергетических систем [Электронный ресурс] : учеб. пособие для студентов энергет. специальностей / Е.В. Калентионок. – Минск : Техноперспектива, 2008. – 376 с.

9. ГОСТ 28249-93. Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета в электроустановках переменного тока напряжением до 1 кВ. – Минск : Госстандарт, 2006. – 45 с.

10. ГОСТ 21.613-88. СПДдС Силовое оборудование. Рабочие чертежи. – М. : Госстандарт, 1990. – 14 с.

11. ГОСТ 21.614-88. СПДдС Изображения условные графические электрооборудования и проводок на планах. – М. : Госстандарт, 1990. – 10 с.

12. ГОСТ 2.723-68. ЕСКД Обозначения условные графические в схемах. Катушки индуктивности, дроссели, трансформаторы, автотрансформаторы и магнитные усилители. – М. : Госстандарт, 2003. – 13 с.

13. ГОСТ 2.728-74. ЕСКД Обозначения условные графические в схемах. Резисторы, конденсаторы. – М. : Госстандарт, 2002. – 11 с.

14. ГОСТ 2.730-73. ЕСКД Обозначения условные графические в схемах. Приборы полупроводниковые. – М. : Госстандарт, 2003. – 54 с.

15. ГОСТ 2.725-68. ЕСКД Обозначения условные графические в схемах. Устройства коммутирующие. – М. : Госстандарт, 2002. – 21 с.

Электронные материалы и программное обеспечение дисциплины

1. Инсталляционная версия свободного распространения системы САПР «AutoCAD 2007».
2. Учебная версия системы САПР «MathCAD 14».
3. Учебная версия системы САПР «Альфа» версии 7.0 с патчами адаптации.
4. Версия свободного распространения системы САПР «Мустанг-95».
5. Версия свободного распространения программного комплекса ТКЗ 3000.

Учебное издание

ПИТОЛИН Владимир Евгеньевич

ОСНОВЫ САПР В ЭНЕРГЕТИКЕ

Учебно-методический комплекс
для студентов специальности 1-43 01 03
«Электроснабжение (по отраслям)»

Редактор *Т. А. Дарьянова*

Дизайн обложки *К. С. Болтрушевич*

Подписано в печать 30.11.16. Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная.
Ризография. Усл. печ. л. 10,67. Уч.-изд. л. 10,32. Тираж 30 экз. Заказ

Издатель и полиграфическое исполнение –
учреждение образования «Полоцкий государственный университет».

Свидетельство о государственной регистрации
издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/305 от 22.04.2014.

ЛП № 02330/278 от 08.05.14.

Ул. Блохина, 29, 211440, г. Новополоцк.