

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования  
«Гомельский государственный технический  
университет имени П. О. Сухого»

Кафедра «Электроснабжение»

# **АВТОМАТИЗАЦИЯ В ПРОЕКТИРОВАНИИ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ**

**ПОСОБИЕ**

**по одноименной дисциплине  
для студентов специальности**

**1-43 01 03 «Электроснабжение (по отраслям)»  
дневной и заочной форм обучения**

Гомель 2021

УДК 658.5:621.3(075.8)  
ББК 30.2-05я73  
А22

*Рекомендовано научно-методическим советом  
энергетического факультета ГГТУ им. П. О. Сухого  
(протокол № 4 от 28.12.2020 г.)*

Составитель *А. В. Сычёв*

Рецензент: доц. каф. «Информационные технологии» ГГТУ им. П. О. Сухого  
канд. техн. наук, доц. *И. В. Токочаков*

**А22** **Автоматизация в проектировании систем электроснабжения** : пособие по одному. дисциплине для студентов специальности 1-43 01 03 «Электроснабжение (по отраслям)» днев. и заоч. форм обучения / сост. А. В. Сычёв. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2021. – 117 с. – Систем. требования: PC не ниже Intel Celeron 300 МГц ; 32 Mb RAM ; свободное место на HDD 16 Mb ; Windows 98 и выше ; Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: <https://elib.gstu.by>. – Загл. с титул. экрана.

Содержит основные разделы рабочей программы дисциплины «Автоматизация в проектировании систем электроснабжения». Изложены теоретические вопросы использования САПР в решении задач электроэнергетики и практические методы работы в системе AutoCAD-2019, а также с промышленными программами MUSTANG для расчетов режимов электрических сетей и токов короткого замыкания ТКЗ-3000.

Для студентов специальности 1-43 01 03 «Электроснабжение (по отраслям)» дневной и заочной форм обучения.

**УДК 658.5:621.3(075.8)**  
**ББК 30.2-05я73**

© Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», 2021

## Оглавление

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О СИСТЕМАХ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ.....	10
1.1. САПР как средство ускорения и оптимизации решений при проектировании.....	10
1.2. Основные цели и задачи САПР.....	12
1.3. Функциональная структура САПР.....	14
1.4. Подсистемы САПР.....	16
1.5. Виды обеспечения САПР.....	18
2. САПР AUTOCAD–ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ПРИЕМЫ РАБОТЫ.....	20
2.1. Работа в AutoCAD.....	20
2.1.1. Запуск AutoCAD.....	20
2.1.2. Рабочее окно и его зоны. Интерфейс AutoCAD.....	22
2.1.3. Отдельные элементы интерфейса AutoCAD.....	33
2.1.3.1. Графический курсор.....	33
2.1.3.2. Диалоговые окна и их элементы.....	34
2.1.3.3. Контекстные меню.....	36
2.1.4. Использование команд AutoCAD.....	37
2.1.4.1. Команды и их ввод.....	37
2.1.4.2. Опции команды и их выбор.....	41
2.2. Создание нового чертежа и работа с файлами.....	42
2.2.1. Общие правила и способы создания нового чертежа.....	42
2.2.2. Управление параметрами чертежа с помощью команд.....	47
2.2.3. Управление файлами чертежей.....	50
2.3. Координаты - виды, способы задания и контроля.....	54
2.3.1. Декартовы и полярные координаты.....	54
2.3.2. Способы задания координат.....	57
2.3.3. Индикация координат.....	57
2.4. Управление режимами рисования.....	59
2.4.1. Шаг и сетка.....	60
2.4.2. Слежение.....	64
2.4.3. Объектная привязка.....	66
2.4.4. Объектная привязка 3D.....	71
2.4.5. Динамический ввод.....	71
2.4.6. Быстрые свойства.....	73
2.5. Управление изображением на экране.....	74
2.5.1. Масштабирование чертежа на экране.....	75
2.5.2. Панорамирование чертежа на экране.....	78
2.5.3. Использование полос прокрутки.....	78

2.5.4. Использование видовых экранов .....	79
<b>2.6. Управление выводом на печать .....</b>	<b>81</b>
<b>2.7. Построение объектов в AutoCAD .....</b>	<b>85</b>
2.7.1. Построение линейных объектов.....	85
2.7.2. Построение криволинейных объектов.....	93
2.7.3. Построение опорных точек .....	104
2.7.4. Штрихование .....	106
2.7.4.1. Общие параметры вкладок «Штриховка» и «Градиент».....	108
2.7.4.2. Параметры вкладки «Штриховка».....	109
2.7.4.3. Параметры области «Дополнительные параметры».....	112
2.7.5. Выполнение надписей .....	116
2.7.5.1. Создание однострочного текста.....	116
2.7.5.2. Создание многострочного текста.....	119
2.7.5.3. Текстовые стили .....	121
<b>2.8. Слои, цвета и типы линий .....</b>	<b>124</b>
2.8.1. Работа со слоями .....	126
2.8.1.1. Управление слоями.....	126
2.8.1.2. Управление свойствами слоев.....	129
2.8.1.3. Управление списком слоев .....	135
2.8.2. Работа с цветом .....	137
2.8.3. Работа с типами линий.....	141
<b>2.9. Методы редактирования .....</b>	<b>145</b>
2.9.1. Выбор объектов.....	146
2.9.2. Редактирование свойств объектов .....	150
2.9.1. Редактирование объектов чертежа .....	154
2.9.1.1. Редактирование текста .....	154
2.9.1.2. Редактирование полилиний .....	159
2.9.1.3. Копирование и зеркальное отображение объектов.....	164
2.9.1.4. Копирование объектов в массивы .....	167
2.9.1.5. Создание подобных объектов .....	175
2.9.1.6. Перемещение, поворот и выравнивание объектов.....	177
2.9.1.7. Масштабирование и растягивание объектов .....	180
2.9.1.8. Обрезка, разрыв и расчленение объектов.....	182
2.9.1.9. Редактирование с помощью ручек .....	186
2.9.1.10. Стирание объектов и очистка базы данных чертежа.....	189
<b>2.10. Блоки и их использование .....</b>	<b>191</b>
2.10.1. Создание блоков в чертеже .....	192
2.10.2. Вставка блоков .....	198
2.10.3. Изменение вхождений и определений блока, удаление блока.....	201
2.10.4. Работа с редактором блоков .....	202
2.10.5. Взаимодействие со слоями, цветом и типами линий.....	204
2.10.6. Организация блоков.....	205
<b>2.11. Атрибуты блоков .....</b>	<b>205</b>

2.11.1. <i>Определение и присоединение атрибутов к блоку</i> .....	206
2.11.2. <i>Редактирование атрибутов, не связанных с блоками</i> .....	210
2.11.3. <i>Редактирование атрибутов, связанных с блоками</i> .....	211
2.11.4. <i>Управление глобальной видимостью атрибутов</i> .....	218
2.12. <b>Экспорт и извлечение данных из атрибутов блоков</b> .....	218
2.12.1. <i>Экспорт данных из атрибутов блока во внешний файл</i> .....	219
2.12.2. <i>Извлечение данных из атрибутов блока</i> .....	222
2.13. <i>Внешние ссылки</i> .....	234
<b>3. РАСЧЕТЫ УСТАНОВИВШИХСЯ РЕЖИМОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ</b> .....	240
3.1. <b>Техническая и математическая постановка задачи расчета установившегося режима</b> .....	240
3.2. <b>Математическая модель электрической сети</b> .....	241
3.2.1. <i>Модели элементов энергосистемы</i> .....	241
3.2.2. <i>Топологическая модель схемы электрической сети</i> .....	243
3.2.3. <i>Матричные уравнения установившегося режима электрической сети</i> .....	246
3.3. <b>Методы решения уравнений установившегося режима</b> .....	247
<b>4. РАСЧЕТ РЕЖИМОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ В ПРОГРАММЕ МУСТАНГ</b> .....	253
4.1. <b>Общая характеристика и возможности программы</b> .....	253
4.2. <b>Ввод исходных данных и выполнение расчетов</b> .....	255
4.2.1. <i>Структура исходных данных и их подготовка</i> .....	255
4.2.2. <i>Ввод параметров узлов электрической сети</i> .....	259
4.2.3. <i>Ввод параметров ветвей электрической сети</i> .....	261
4.2.4. <i>Ввод параметров статических характеристик нагрузки</i> .....	263
4.3. <b>Выполнение расчетов и анализ результатов</b> .....	264
4.4. <b>Работа с кустами узлов электрической сети</b> .....	269
<b>5. РАСЧЕТ ТОКОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ В ПРОГРАММЕ ТКZ-3000</b> .....	275
5.1. <b>Общая характеристика и возможности программы</b> .....	275
5.2. <b>Подготовка и обслуживание сетевой информации</b> .....	276
5.3. <b>Расчет токов короткого замыкания по месту повреждения</b> .....	283
<b>ЛИТЕРАТУРА</b> .....	288

## ВВЕДЕНИЕ

Уровень проектирования технических объектов определяется уровнем сложности проектируемых объектов, требованиями, предъявляемыми к результатам проектирования, имеющимися возможностями технологической реализации проектов и вычислительных средств и математических методов, используемых при проектировании. Указанные факторы подвержены постоянному влиянию научно-технического прогресса и в соответствии с этим совершенствуется и развивается теория исследования и проектирования технических объектов.

В эволюции теории проектирования технических объектов можно выделить следующие основные этапы ее развития:

**Индивидуальное ручное проектирование** – относится к начальному периоду проектирования (примерно до 40-х годов прошлого столетия), для которого характерны следующие отличительные особенности:

- производилась ограниченная номенклатура технических изделий, имеющих сравнительно простую конструкцию;
- многие изделия создавались впервые, без прототипов, и требовали принятия оригинальных проектных решений;
- труд проектировщиков в целом был творческим, доля рутинных работ, т. е. работ нетворческого, механического характера, составляла не более 30%;
- использование простейших методов, в значительной мере опирающихся на приближенные зависимости и эмпирические коэффициенты, а также средств технических средств проектирования, ограниченных кульманом, логарифмической линейкой, готовальной и т. п.;
- проектная документация во многих крупных организациях имела свою собственную систему оформления и обращения, что затрудняло передачу документации в другие организации.

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.

**Типовое ручное проектирование** – охватывает период 40–60-х годов прошлого столетия и связано с внедрением следующих

прогрессивных методов проектирования, позволивших устранить противоречия между потребностями промышленности и возможностями индивидуального проектирования:

*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. Однотипность объектов и процессов проектирования позволила обеспечить более высокую производительность группового проектирования параметрических рядов изделий, чем при индивидуальном проектировании отдельных изделий.

*Методы агрегирования и унификации* – первоначально заключались в разработке минимального количества типовых конструктивных деталей и узлов, которые затем будут многократно использованы при проектировании различных изделий. В дальнейшем унификация охватила все сферы проектирования и оказала существенное влияние также на организацию специализированных производств составных частей изделий. Благодаря использованию методов агрегирования и унификации повысилась производительность труда проектировщиков, открылись новые возможности повышения надежности изделий путем реализации принципов функциональной и монтажной взаимозаменяемости их составных частей.

Для этапа типового ручного проектирования характерны следующие особенности:

- осуществлен переход к единой системе конструкторской документации (ЕСКД), которая установила единые правила ее оформления и обращения;
- развитие технических средств проектирования и его механизация: появились арифмометры, быстродействующие печатающие устройства типа «Оптима», различные средства быстрого размножения проектной документации;
- резкий рост возможностей проектирования новых технических объектов и выход на новый уровень, достаточный для удовлетворения потребностей промышленности в новых разработках.
- доля рутинных работ в проектировании превысила 60%, а сроки проектирования сравнялись со сроками изготовления и испытаний проектируемых объектов. Резкое сокращение доли творческого труда в работе проектировщика произошло за счет внедрения методов унификации и стандартизации, использования многочисленных спра-

вочников, стандартов и других нормативных документов, а также типовых проектных решений.

Наряду с важными преимуществами типового проектирования проявились и его недостатки, связанные в основном с ручной формой обработки информации. Кроме того, 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. Как следствие, обозначились дальнейшие пути развития процесса проектирования, направленные на повышение качества проектов, сокращение сроков и трудоемкости проектирования.

**Период автоматизированного проектирования** – начался в 60-е годы прошлого столетия и связан с бурным развитием вычислительной техники и периферийных устройств, их широким внедрением в конструкторских бюро и проектных организациях, что стало основой для радикального преобразования процесса проектирования. Этот период характеризуется следующими важными преимуществами:

- возможность для практического использования принципиально новых методов проектирования (методов математического моделирования, методов оптимизации, принятия решений и т. п.);
- использование сложных, но более точных моделей объектов проектирования;
- возможность анализа большого числа вариантов проектных решений;
- исключение ошибок в расчетах и при формировании проектной документации;
- многократный рост производительности труда проектировщиков и повышение качества проектов;
- характер труда проектировщиков стал более творческим.

Применительно к методам и средствам проектирования систем электроснабжения (СЭС) теория проектирования развивалась следующим образом. В период ручного проектирования основное внимание уделялось математическому описанию электрофизических и электроэнергетических процессов и созданию соответствующих расчетных методов. В это время были сформулированы задачи и методы расчета установившихся и переходных процессов, резонансных явлений, автоматического регулирования напряжения и частоты, передачи максимальной мощности, диспетчерского управления и т. п. В каче-

стве теоретической базы использовались классические теории электрических цепей, устойчивости и колебаний и др. С целью упрощения и доступности расчетных методов для инженерной практики широко применялись схемы замещения, эквивалентные преобразования и линеаризация проектируемых систем.

Сложившаяся теория электрических систем (ЭС) использовалась на стадии проектирования, в основном, для анализа функциональных процессов в заданных системах. Само задание проектного варианта системы осуществлялось проектировщиком на основе опыта и интуиции методом проб и ошибок. Однако такой подход к проектированию в середине XX столетия (50—60-е гг.) перестал удовлетворять требованиям научно-технического прогресса. Сложные энергетические и информационные системы принципиально невозможно проектировать на должном уровне ручным способом. Противоречия между уровнем теории проектирования и потребностями народного хозяйства начали устраняться только с развитием вычислительной техники и наступлением периода автоматизированного проектирования.

Первоначально появилась тенденция автоматизации расчетов путем простого перевода вычислительных алгоритмов отдельных задач проектирования на ЭВМ. Стали усиленно развиваться численные методы расчета дифференциальных уравнений и нелинейных зависимостей на ЭВМ. Автоматизация вычислений привела к резкому увеличению производительности труда в расчетном проектировании даже на ЭВМ первого поколения. Но возникло новое противоречие между возможностью ЭВМ просчитать большее число проектных вариантов и физической невозможностью проектировщика задавать (генерировать) эти варианты. Это противоречие было устранено с появлением ЭВМ второго поколения и развитием кибернетических методов принятия решений. Увеличение производительности и объема памяти ЭВМ в сочетании с методами поиска оптимума позволили успешно решать оптимизационные задачи проектирования, сократить время и повысить качество проектов. Тем не менее, круг проектных задач, решаемых с помощью ЭВМ, сохранился, в основном, прежним.

Появление ЭВМ третьего поколения в комплексе со средствами машинной графики и другими инструментальными средствами, дало принципиальную возможность автоматизации не только расчетной, но и конструкторско-технологической стадии проектирования. Бурно стали создаваться программно-технические средства, обеспечивающие возможность коллективной работы проектировщиков различного профиля (расчетчиков, конструкторов, технологов), не обладающих

глубокими знаниями в программировании и вычислительной технике, но способными сформулировать постановку задачи для проектирования и входные данные для расчетов, также проанализировать полученные результаты. В дальнейшем конвейерная автоматизация всех процессов проектирования привела к созданию систем автоматизированного проектирования (САПР).

## **1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О СИСТЕМАХ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ**

### ***1.1. САПР как средство ускорения и оптимизации решений при проектировании***

При проектировании систем электроснабжения (СЭС) промышленных предприятий или других объектов электроэнергетики, относящихся к различным подсистемам (электрические сети, электрическая часть станции и подстанций и др.) требуется обрабатывать большой объем разнообразной информации. Трудоемкость проекта резко возрастает при выявлении оптимальных параметров и режимов работы 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. Традиционные способы решения проектных задач (с использованием калькулятора, справочной литературы, карандаша, линейки и бумаги) приводят к большим затратам труда и времени проектировщиков как на принятие проектных решений, так и на подготовку проектной документации. При этом не всегда принятые в проекте решения будут оптимальными и безошибочными.

Качество инженерных разработок может быть существенно выше при применении систем автоматизированного проектирования (САПР). *САПР представляет собой организационно-техническую систему, осуществляющую проектирование при помощи комплекса средств автоматизированного проектирования на базе ЭВМ, взаимосвязанного с подразделениями проектной организации.*

САПР является человеко-машинной системой, и поэтому успех автоматизации проектирования зависит от реализации эффективного

взаимодействия человека и средств вычислительной техники, что позволяет:

- повысить точность и исключить ошибки в расчетах;
- обеспечить выбор оптимального варианта;
- ускорить подготовку проектной документации [2].

В общем случае, САПР представляет собой программу, которая устанавливается на компьютер, и в соответствии со своим функциональным назначением призвана автоматизировать те или иные процессы разработки проекта. При этом выделяют три класса САПР:

**CAD** (Computer Aided Design) – общепринятое международное обозначение систем для разработки моделей объектов (например, деталей в машиностроении) и подготовки конструкторской документации – чертежей.

**CAE** (Computer Aided Engineering) – общепринятое международное обозначение систем, предназначенных для проведения различных видов инженерных расчетов (на прочность, теплопроводность, гидрогазодинамику и т. п.).

**CAM** (Computer Aided Manufacturing) – общепринятое международное обозначение систем для автоматической или автоматизированной разработки программ обработки деталей или технологической оснастки на станках с ЧПУ.

Построение САПР объектов электроэнергетики представляет собой достаточно сложную проблему, так как СЭС является иерархической и состоит из большого числа взаимосвязанных элементов. При внедрении САПР нужно, прежде всего, решить, для каких задач проектирования наиболее эффективно ее применять. Эти задачи должны иметь математические методы решения, на основе которых разрабатываются алгоритмы и программы для ЭВМ, организованных в виде CAD и CAE систем.

При создании САПР используются следующие общесистемные 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.

## **1.2. 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 оформления проектной документации.

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, начиная от постановки задачи и заканчивая выпуском рабочей проектной документации. Использование САПР позволяет сократить сроки разработки проектов в 3-4 раза и повысить качество принимаемых решений.

Основными задачами при проектировании СЭС являются:

**1. Анализ и выбор приемников электроэнергии (ПЭ).** Исходной информацией для решения этой задачи являются требования технологического процесса и технологического оборудования для обеспечения функционирования, которых предназначена СЭС (электропривод; электротермические 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 элек-

троэнергии и рассчитываются нагрузки отдельных групп электроприемников на различных уровнях системы электроснабжения с учетом всех возможных режимов работы, включая аварийные режимы, выбираются ответвления к электроприемникам, а также пускозащитная аппаратура.

**2. Выбор и размещение узловых точек СЭС.** При этом выполняется построение структурной схемы СЭС, которая показывает направления передачи электроэнергии от первичных источников ко вторичным и ПЭ, и выбор классов напряжений на различных уровнях СЭС. 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 или распределительных пунктов (ГПП или ГРП), распределительных устройств (РУ) и распределительных пунктов (РП), связанных распределительной сетью 6–10 кВ;
- *на уровне внутрицехового электроснабжения* – от цеховых ТП (ЦТП), распределительных и силовых пунктов (СП).

В целом ПС, ГПП, ГРП, РУ, ЦТП, СП так же, 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:

- 1) структурной схемы ЭЭС;
- 2) размещения потребителей электроэнергии по территории района или предприятия;
- 3) типовой конфигурации электрической сети (разомкнутая, замкнутая и т. п.).

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 минимуму 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 за-

дача 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 СЭС – типы и мощность трансформаторов, типы и сечение 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 – рабочим током, коммутационной способностью 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 требуется проверить выполнение требований к качеству напряжения в узлах сети в режиме минимальных и максимальных нагрузок, к провалам напряжения при кратковременных набросах нагрузки при пуске и самозапуске высоковольтных электродвигателей или внезапных токах короткого замыкания в различных режимах и т. д.

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

Последовательное решение указанных выше задач определяет основное содержание этапов проекта. Завершаются эти этапы выпуском проектной документации, в которой должны быть отражены спецификация электрооборудования СЭС на уровне принципиальных однолинейных схем, схемы размещения узловых подстанций в географическом пространстве, принципиальные схемы, расчетные нагрузки, технико-экономическое обоснование проекта.

### **1.3. Функциональная структура САПР**

Функциональную структуру САПР ЭС укрупненно представле-

на на рис. 1.1. Центральное место в структуре занимает система управления процессом проектирования – **монитор**, которая работает на базе штатной операционной системы ЭВМ. Монитор представляет собой программу, организующую взаимодействие между всеми остальными программными компонентами САПР. Монитор вызывает необходимые программы, дает им задания на исполнение, получает результаты исполнения и т. п. Таким образом, монитор обеспечивает передачу данных между программами через оперативную память, т. е. организует конвейерный процесс проектирования.

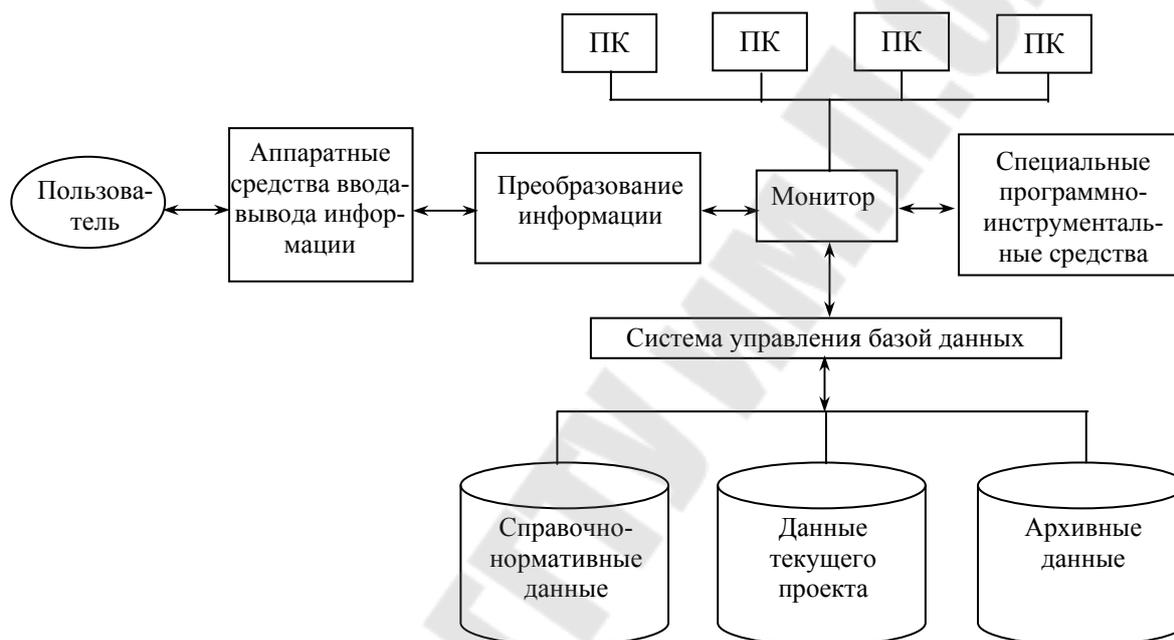


Рис. 1.1. Функциональная схема САПР

Связь конструктора ЭС с монитором осуществляется через систему ввода-вывода данных, которая включает комплекс аппаратных (графические дисплеи, принтеры, графопостроители и т. д.) и программных (трансляторы, редакторы, загрузчики и т. д.) средств.

Вся информация, необходимая для организации и реализации процесса проектирования, хранится в автоматизированной базе данных (АБД). Последняя управляется монитором через специальную систему управления базой данных (СУБД). АБД включает три основных раздела данных:

- 1) справочно-нормативные данные;
- 2) данные текущего проекта СЭС;
- 3) данные архивных проектов.

Архивные данные можно хранить не только в памяти ЭВМ, но и на отдельных внешних носителях и подключать к САПР по мере необ-

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

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, подготовки графической и текстовой частей конструкторской документации. 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 совершенству.

Используя имеющийся арсенал инструментальных средств и АБД, монитор управляет работой прикладных программных комплексов (ПК), предназначенных для решения отдельных задач проектирования как в автономном, так и в конвейерном режимах работы. Прикладные ПК могут строиться по различным сценариям организации процесса проектирования в САПР в зависимости от моделирования задач, алгоритмов их решения и общности отдельных процедур проектирования.

#### **1.4. 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 – это выделенная по определенным признакам часть САПР, обеспечивающая получение законченных решений и соответствующих проектных документов [2].**

Основным структурным элементом САПР любого уровня сложности является функциональная проектирующая подсистема. По отношению к объекту проектирования можно выделить два вида под-

систем: **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, электроремонта, 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 базами данных; 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:

1) минимальное количество исходных данных для получения требуемой выходной документации;

2) возможность общения проектировщика с ЭВМ на различных этапах обработки информации;

3) допустимость корректировки исходной и нормативно-справочной информации, а также программного обеспечения без нарушения функционирования подсистемы в целом;

4) возможность построения новой конфигурационной модели электрической сети на основе ранее введенной информации;

5) получение от ЭВМ документов, пригодных для непосредственной комплектации проекта.

Подсистема проектирования электроснабжения функционально и информационно связана с другими подсистемами САПР электрической части промышленного предприятия: силового электрооборудования, электрического освещения и др. Поэтому эти подсистемы должны иметь общую информационную базу.

### **1.5. Виды обеспечения САПР**

Средства автоматизации проектирования можно сгруппировать по видам обеспечения САПР.

**Техническое обеспечение** представляет собой совокупность взаимосвязанных и взаимодействующих технических средств (ЭВМ различных классов, устройств оперативной связи с ЭВМ, ввода и вывода информации, машинной графики и т. п.), предназначенных для выполнения автоматизированного проектирования.

**Математическое обеспечение** 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 ЭВМ.

**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* 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 СЭС промышленного 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, позволяющий автоматизировать решение частных задач проектирования СЭС:

- расчет электрических нагрузок;
- выбор числа, мощности и места размещения подстанций;
- выбор напряжения питающей и распределительной сети;
- распределение электрических нагрузок по подстанциям;
- компенсация реактивной мощности;
- выбор 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. Непосредственно решение задач проектирования выполняется с помощью ЭВМ по рабочим программам, хранящимся на машинных носителях информации.

**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. САПР AUTOCAD – ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ПРИЕМЫ РАБОТЫ**

Система AutoCAD (Automated Computer Aided Drafting and Design / Автоматизированное компьютерное черчение и проектирование) относится к классу САД-систем и предназначена для подготовки технической документации, позволяет строить чертежи и схемы практически любой сложности, а также выполнять набор действий по трехмерному моделированию.

Разработчик AutoCAD американская компания Autodesk является лидером на мировом рынке в области разработок систем САПР и первый свой программный продукт выпустила на рынок в 1982 году. Первые версии AutoCAD вплоть до 12-й работали под управлением операционной системы MS-DOS. Начиная с 14-й версии система AutoCAD работает под управлением ОС Windows.

В настоящее время широко распространены AutoCAD версий 2017/2018/2019. Все версии AutoCAD-2000i используют одинаковый механизм работы, но более новые версии делают систему AutoCAD все более удобной и понятной в использовании, а также позволяют автоматизировать все новые и новые моменты в работе пользователя. При этом обеспечивается совместимость файлов-чертежей, созданных в более ранних версиях, с более новыми версиями AutoCAD.

Далее будут рассмотрены основные приемы работы в AutoCAD-2019.

### **2.1.Работа в AutoCAD**

#### **1.5.1. Запуск AutoCAD**

Запуск AutoCAD осуществляется с помощью двойного щелчка левой кнопки мыши по ярлыку **AutoCAD**, расположенному на рабочем столе, или из меню **Пуск** рабочего стола Windows (Пуск→Все программы→Autodesk→AutoCAD 2019-Рус→AutoCAD 2019).

После старта AutoCAD появляется экран приветствия (рис. 2.1).

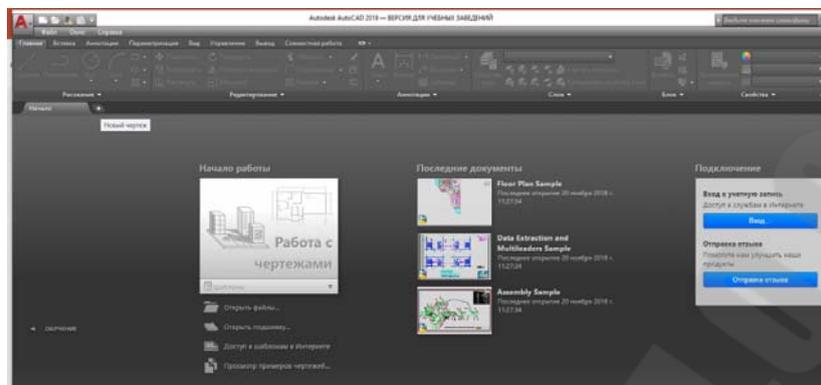


Рис. 2.1. Приветственное окно после запуска AutoCAD

С помощью управляющих кнопок приветственного окна можно запустить интерактивную презентацию о новых возможностях и особенностях AutoCAD 2019, посмотреть видеоуроки или начать работу с новым или ранее созданным чертежом. Для создания пустого чертежа достаточно нажать значёк «+», размещенный правее закладки «Начало».

Появление экрана приветствия после каждого запуска AutoCAD в работу можно исключить, изменив значение *системной переменной* **STARTUP**, которая управляет отображением диалогового окна «Создание нового чертежа» при создании нового чертежа, а также выводом диалогового окна «Начало работы» или вкладки «Начало» приветственного окна при запуске AutoCAD. Управление диалоговыми окнами, появляющимися после запуска AutoCAD, осуществляется установкой значения переменной **STARTUP** в соответствии со следующей таблицей:

Значение STARTUP	Описание
0	Создание нового чертежа без определенных параметров
1	Отображение диалоговых окон «Начало работы» или «Создание нового чертежа»
2	Отображается вкладка «Начало». Отображается пользова-

Значение STARTUP	Описание
	тельное диалоговое окно, если оно доступно в приложении
3	При открытии или создании чертежа отображается вкладка «Начало» и выполняется предварительная загрузка ленты

**ВНИМАНИЕ!** Если для системной переменной **FILEDIA** установлено значение 0, диалоговые окна файлов не отображаются.

Установка значений системных переменных AutoCAD осуществляется с помощью команды **УСТПЕРЕМ** и будет рассмотрено далее.

### 2.1.2. Рабочее окно и его зоны. Интерфейс AutoCAD

Рабочее окно программы, появляющееся после запуска AutoCAD, содержит меню, ленту инструментов, командную строку и строку состояния, а также рабочую область, настроенные по умолчанию (рис. 2.2).

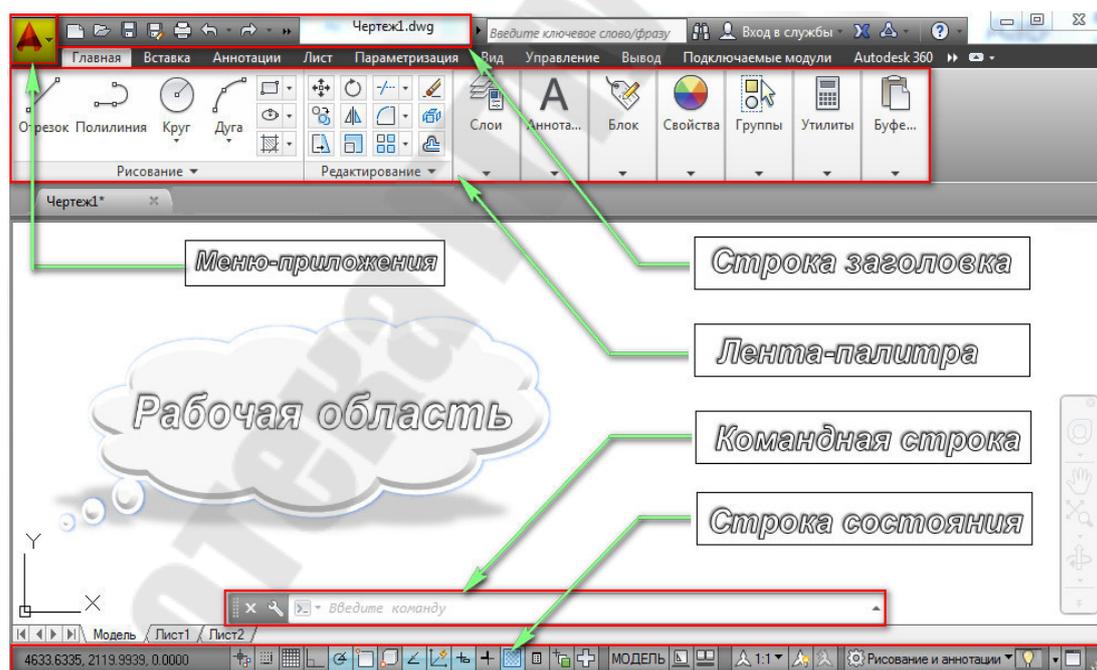


Рис. 2.2. Рабочее окно AutoCAD

Рассмотрим основные компоненты рабочего окна AutoCAD и их назначение.

*Меню-приложения* раскрывается щелчком мыши по кнопке



и содержит общие инструменты для создания, сохранения и публикации файла, а также строку поиска команд (рис. 2.3) с возмож-

ностью их запуска на выполнение. Все пункты меню являются раскрывающимися и содержат подменю, доступные при наведении на них курсора.

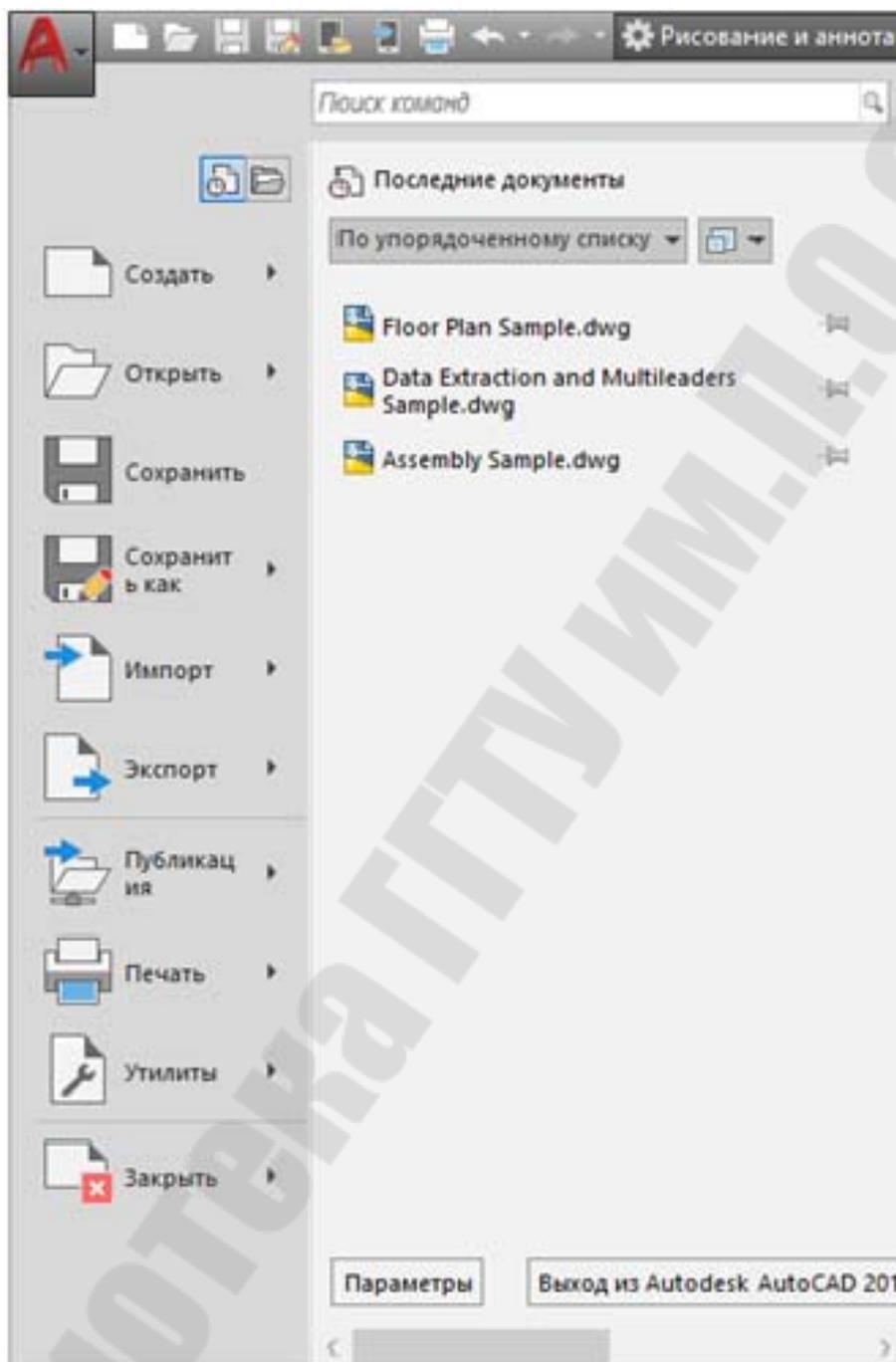


Рис. 2.3. Меню-приложения, вызываемое по нажатию на кнопку «А».

Рядом с кнопкой «А» вызова *меню-приложения* размещена *панель быстрого доступа* (рис. 2.4), на которой размещены кнопки часто используемых инструментов и состав которых можно изменять.

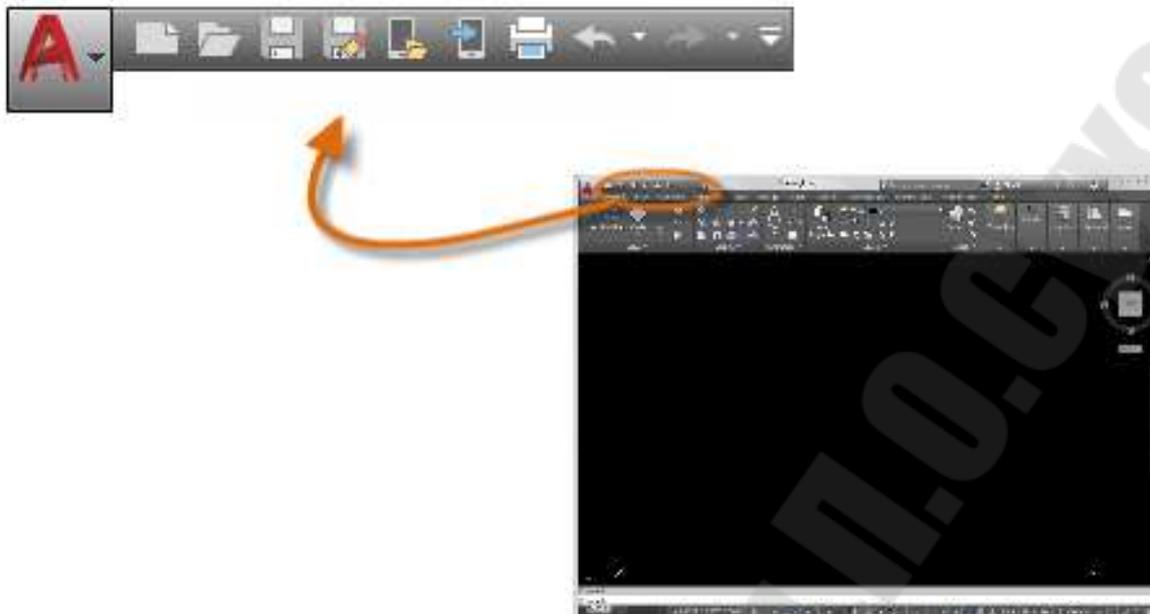


Рис. 2.4. Размещение панели быстрого доступа

По умолчанию *панель быстрого доступа* содержит кнопки, отвечающие за общеупотребительные операции: *Создать*, *Открыть*, *Сохранить*, *Печать*, *Отменить* и т.п. Изменить состав инструментов можно с помощью *меню адаптации панели* (рис. 2.5), кликнув по кнопке . Меню позволяет активировать видимость управляющих кнопок на панели быстрого доступа, а также добавить дополнительные кнопки с помощью пункта меню «Другие команды».

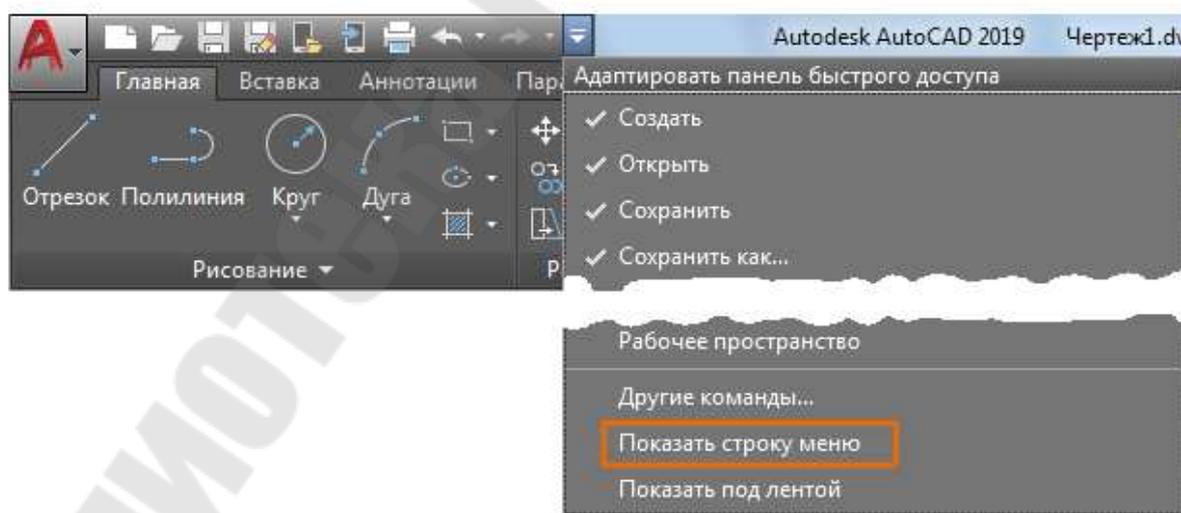


Рис. 2.5. Меню адаптации панели быстрого доступа

Для пользователей, которые привыкли пользоваться стандартным меню, применявшемся в более ранних версиях AutoCAD до появления ленточного интерфейса, предусмотрена возможность актива-

ции классического меню AutoCAD переключателем «Показать строку меню».

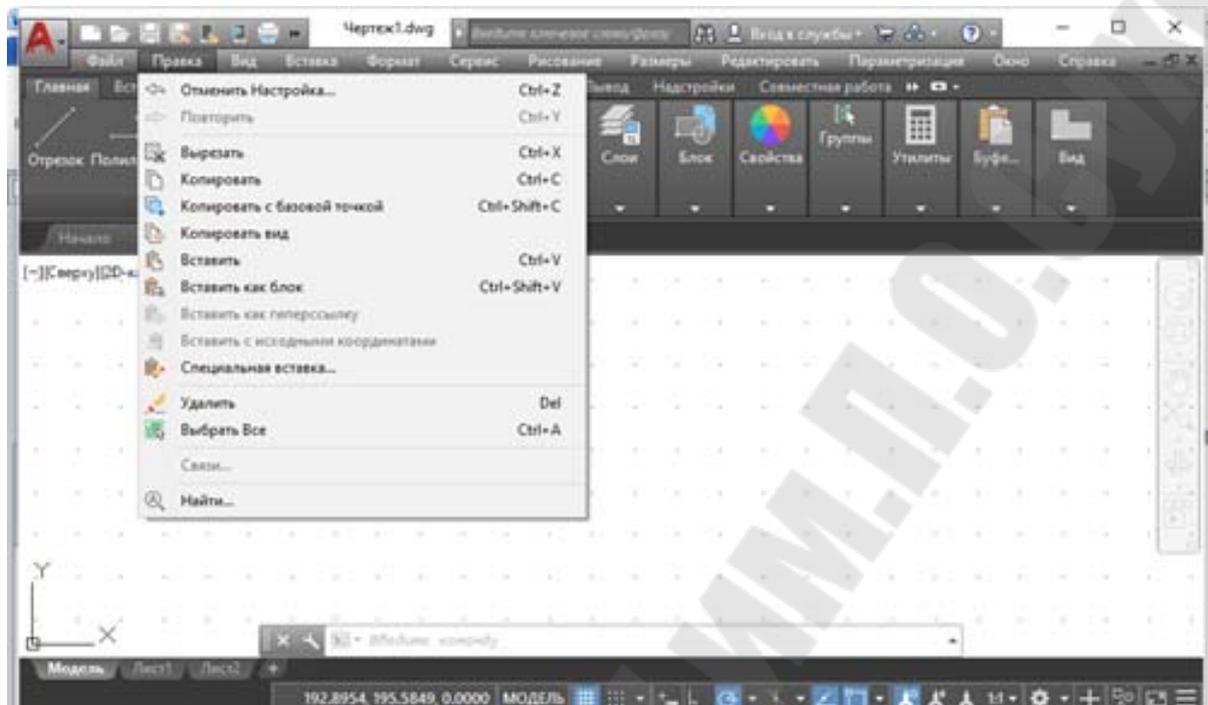


Рис. 2.6. Меню классического AutoCAD после его активации

Строка-меню AutoCAD (классическое) содержит 12 разделов, в которых сгруппированы команды по функциональному признаку:

- **Файл (File)** – команды работы с файлами чертежей (открытия, сохранения, печати, экспорта в файлы другого формата).
- **Правка (Edit)** – команды редактирования (копирование, вырезание, вставка и т. п.).
- **Вид (View)** – команды управления видом чертежа на экране.
- **Вставка (Insert)** – команды для вставки в чертеж различных объектов (блоков, картинок, объектов OLE и др.).
- **Формат (Format)** – команды установки рабочих параметров чертежа (границ, единиц измерений, текстовых стилей, цвета и типов линий и др.).
- **Сервис (Tools)** – команды управления AutoCAD, параметров черчения и т.п.
- **Рисование (Draw)** – команды черчения различных графических примитивов.
- **Размер (Dimension)** – команды нанесения размеров.
- **Редактировать (Modify)** – команды редактирования графических примитивов.

- **Параметризация** – команды наложения геометрических и размерных зависимостей на различные объекты чертежа.
- **Окно (Window)** – команды работы с окнами.
- **Справка (Help)** – команды работы со справочной системой AutoCAD.

Выбор конкретного пункта осуществляется щелчком мыши сначала на заголовке меню, а затем на имени нужного пункта. Другой способ – нажатие клавиши ALT совместно с буквенной клавишей, соответствующей выделенной букве в имени меню, после чего необходимо клавишами-стрелками установить курсор на нужный пункт и нажать ENTER.

На *ленте-палитре* инструментов (рис. 2.7) содержится набор вкладок, которые сгруппированы в контекстные панели, содержащие элементы управления и наборы инструментов.

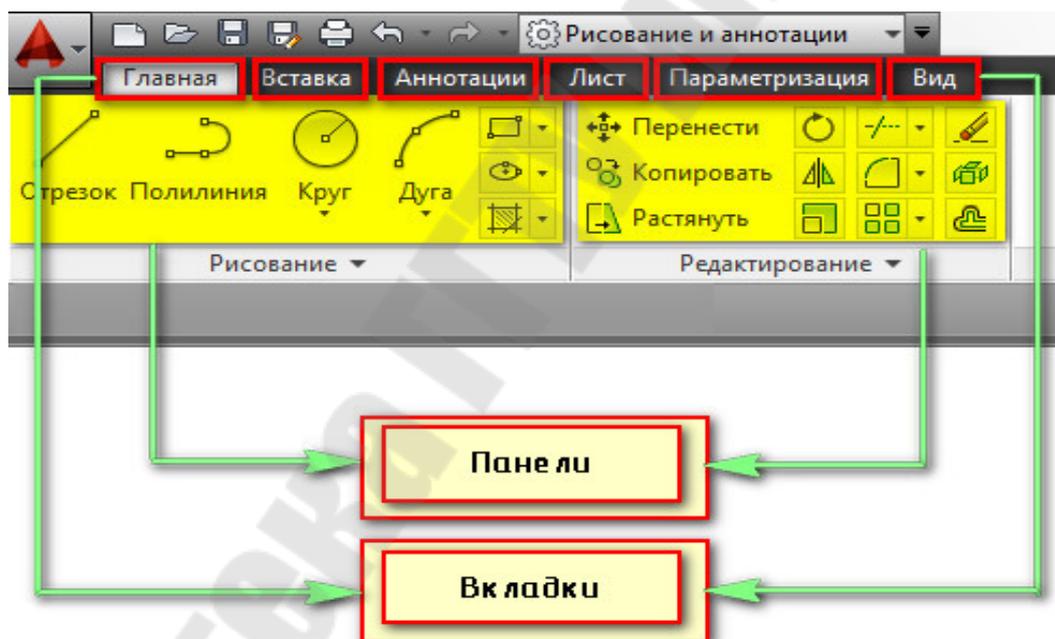


Рис. 2.7. Лента-палитра инструментов.

С помощью некоторых панелей ленты можно получить доступ к диалоговым окнам, относящимся к этой панели. Для отображения соответствующего диалогового окна необходимо щелкнуть кнопку его вызова, обозначенную значком стрелки в правом нижнем углу панели (рис. 2.8).

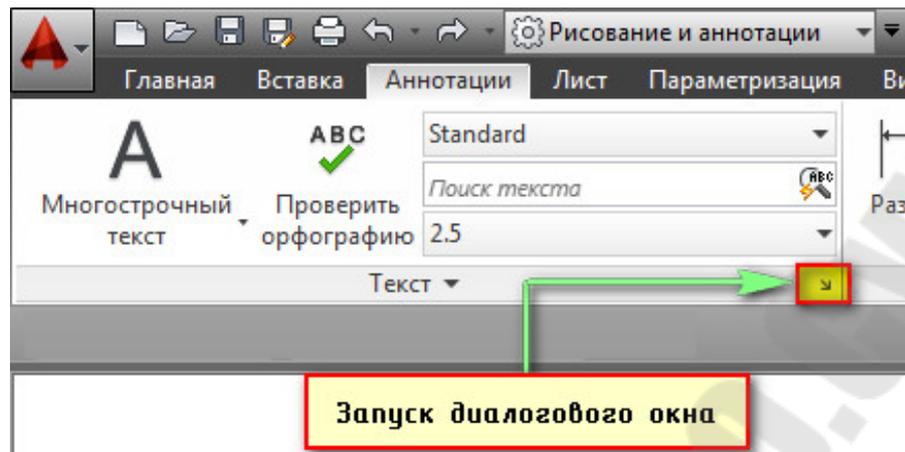


Рис. 2.8. Доступ к диалоговым окнам отдельных панелей ленты

Использование ленточного интерфейса в последних версиях AutoCAD не исключает возможности применения традиционных *панелей инструментов*, которые включают наборы кнопок для запуска команд AutoCAD, объединенных по 52 категориям (рис. 2.9). Как правило, каждая панель содержит полный набор инструментов определенной категории (Рисование, Редактирование и др.).



Рис. 2.9. Панель инструментов «Рисование»

С кнопками панелей инструментов, имеющими в своем правом нижнем углу маленький черный треугольник, связаны подменю, содержащие наборы вариантов выполнения команды.

Панель может быть *плавающей* или *закрепленной*, а также *всплывающей*. Плавающие панели могут располагаться в любом месте рабочей области рисования 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, но можно отбуксировать в другое мест.

Всплывающие панели могут располагаться в любом месте рабочей области рисования, автоматически раскрываться/сворачиваться при наведении/уводе курсора с фиксацией развернутого состояния кликом левой кнопкой мыши, а также могут быть перемещены в другое место рабочей области рисования.

Недостатком использования панелей является их постоянное присутствие в рабочем окне AutoCAD, что может неоправданно загромождать рабочую область, что неудобно. Поэтому на экране должны отображаться несколько панелей, которые действительно

часто нужны, а другими инструментами можно пользоваться с ленты или из меню.

Для отображения панели инструментов необходимо перейти в меню «Сервис→Панели инструментов» и выбрать нужную панель инструментов (рис. 2.10).

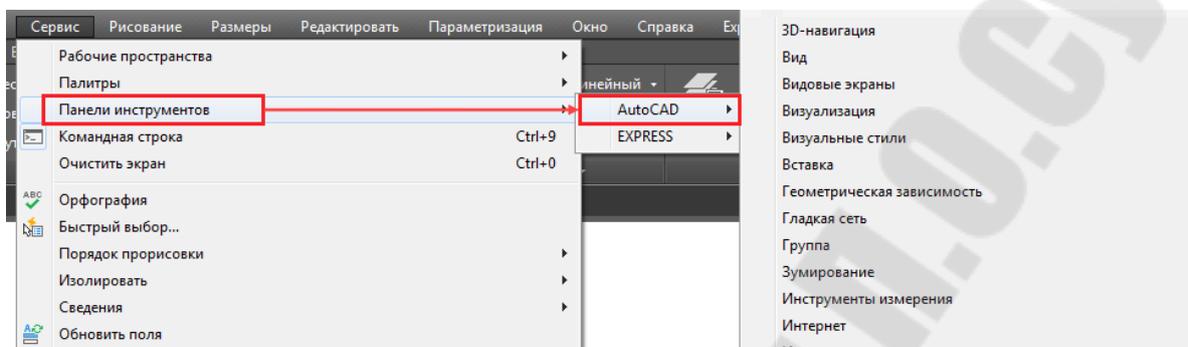


Рис. 2.10. Управление панелями инструментов

После отображения хотя бы одной панели общий список всех панелей инструментов и состояние их видимости можно вызвать как контекстное меню, щелкнув правой кнопкой мыши на любой из видимых панелей.

Кроме того, отображением панелей в рабочем окне AutoCAD управляет команда – **ПАНЕЛЬ** (наличие дефиса перед командой обязательно).

*Строка состояния* отображается в правом нижнем углу окна AutoCAD и обеспечивает быстрый доступ к наиболее часто используемым режимам и инструментам рисования (рис. 2.11).



Рис. 2.11. Строка состояния режимов и инструментов

По умолчанию в строке состояния отображаются не все доступные кнопки. Полный перечень кнопок можно получить, нажав кнопку *Адаптация* (правый нижний угол окна). В полном перечне напротив нужных кнопок можно поставить «галочки», активировав их для отображения в строке состояния (рис. 2.12).

Включение и отключение видимости строки состояния выполняется заданием значения 1 или 0 (вкл/откл) системной переменной **STATUSBAR**.

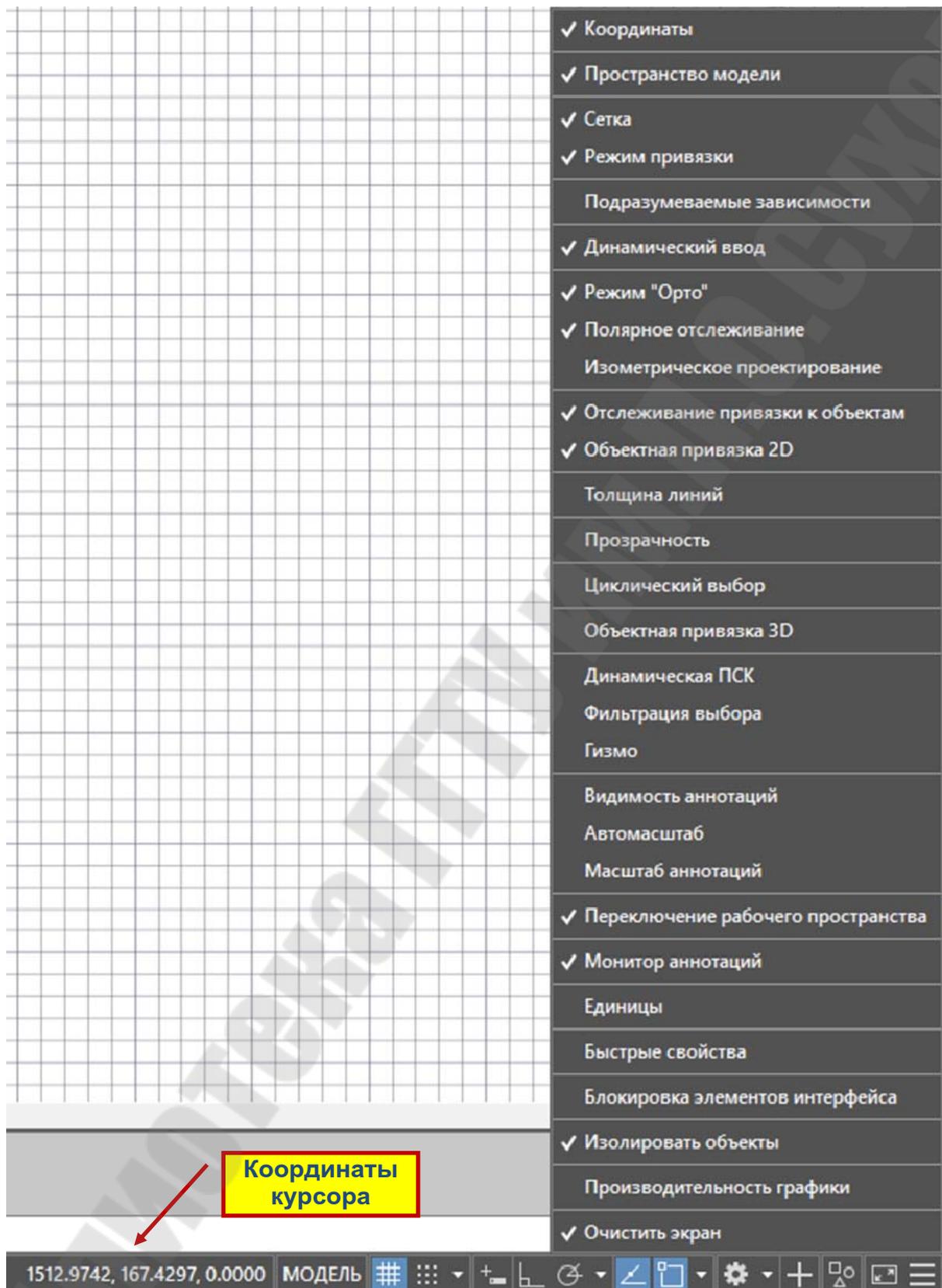


Рис. 2.12. Настройка строки состояния с помощью кнопки «Адаптация».

Управление с помощью кнопок *строки состояния* (рис. 2.13) осуществляется следующим образом: двойной щелчок левой клавишей мыши на кнопке переключает активность режима (синий фон означает, что функция активна), а щелчок по значку  или правой клавишей мыши вызывает контекстное меню этой кнопки для более детальной настройки режима.



Рис. 2.13. Активные кнопки строки состояния

Если строка состояния не отображается, то необходимо в командной строке задать переменной STATUSBAR значение 1.

На *панель быстрого доступа* и в *строку состояния* выведено выпадающее меню рабочих пространств AutoCAD (рис. 2.14). Двумерное проектирование ведется в пространстве «Рисование и аннотация».

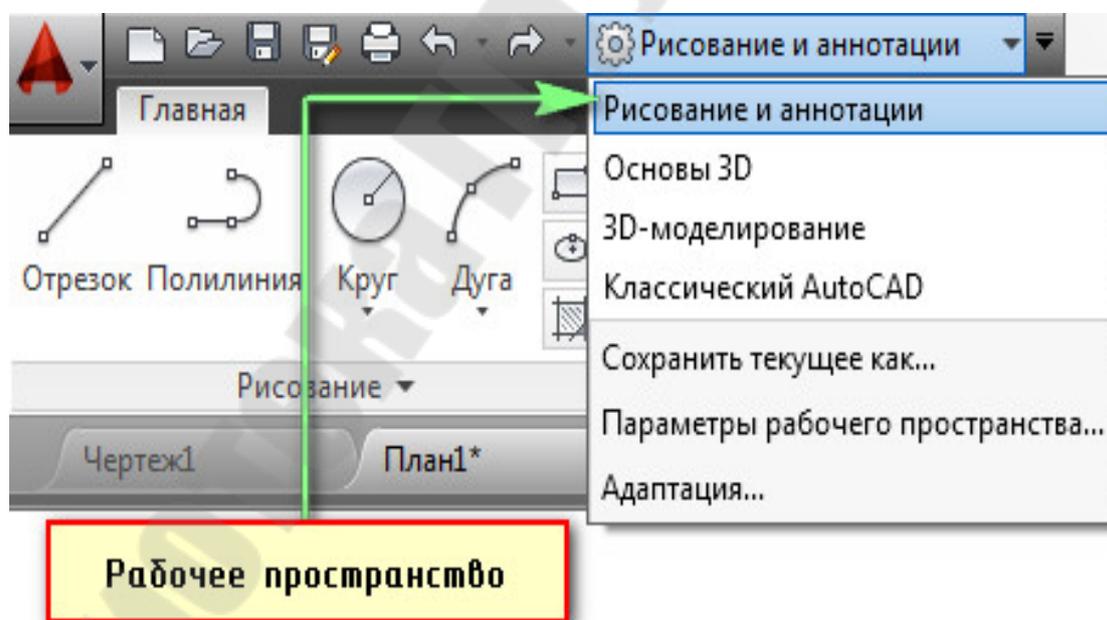


Рис. 2.14. Меню переключения рабочих пространств AutoCAD.

При использовании клавиатуры некоторые *функциональные клавиши* заменяют элементы управления в строке состояния.

Клавиша	Значок	Функция	Описание
F1		Помощь	Вызов справочной системы
F2		Текстовое окно команд	Развернуть или свернуть текстовое окно командной строки
F3		Объектная привязка	Включение и отключение объектной привязки.
F4		3D-объектная привязка	Включение и отключение дополнительных режимов объектной привязки для 3D.
F6		Динамическая ПСК	Включение и отключение динамической пользовательской системы координат (ПСК).
F7		Отображение сетки	Включение и отключение отображения сетки.
F8		Орто	Блокирование перемещения курсора по горизонтали или по вертикали.
F9		Шаговая привязка	Ограничение перемещения курсора определенными интервалами сетки.
F10		Полярное отслеживание	Задание направления перемещения курсора к определенным углам.
F11		Объектное отслеживание	Отслеживание курсора по горизонтали и по вертикали из местоположений объектной привязки.
F12		Динамический ввод	Включение и отключение динамического ввода координат.

В *рабочей области* (графическом окне) отображается рисунок AutoCAD и ведутся все действия по его наполнению графической информацией и редактированию.

*Зона командной строки* представляет собой встроенное окно внизу рабочего окна AutoCAD состоит из двух частей:

- собственно, *командной строки* для ввода команд с клавиатуры;
- *текстового окна* для вывода сообщений AutoCAD о том, какие действия ожидаются от пользователя, а также отображения протокола работы пользователя.

Зону командной строки можно закрепить в нижней части или перетащить в любое место экрана, также сделать полупрозрачной для обеспечения видимости чертежа.

Для просмотра протокола работы команд можно раскрыть текстовое окно (рис. 2.15) нажатием клавиши F2. При наличии в окне команд более одной строки перемещение по строкам осуществляется с помощью полосы прокрутки.

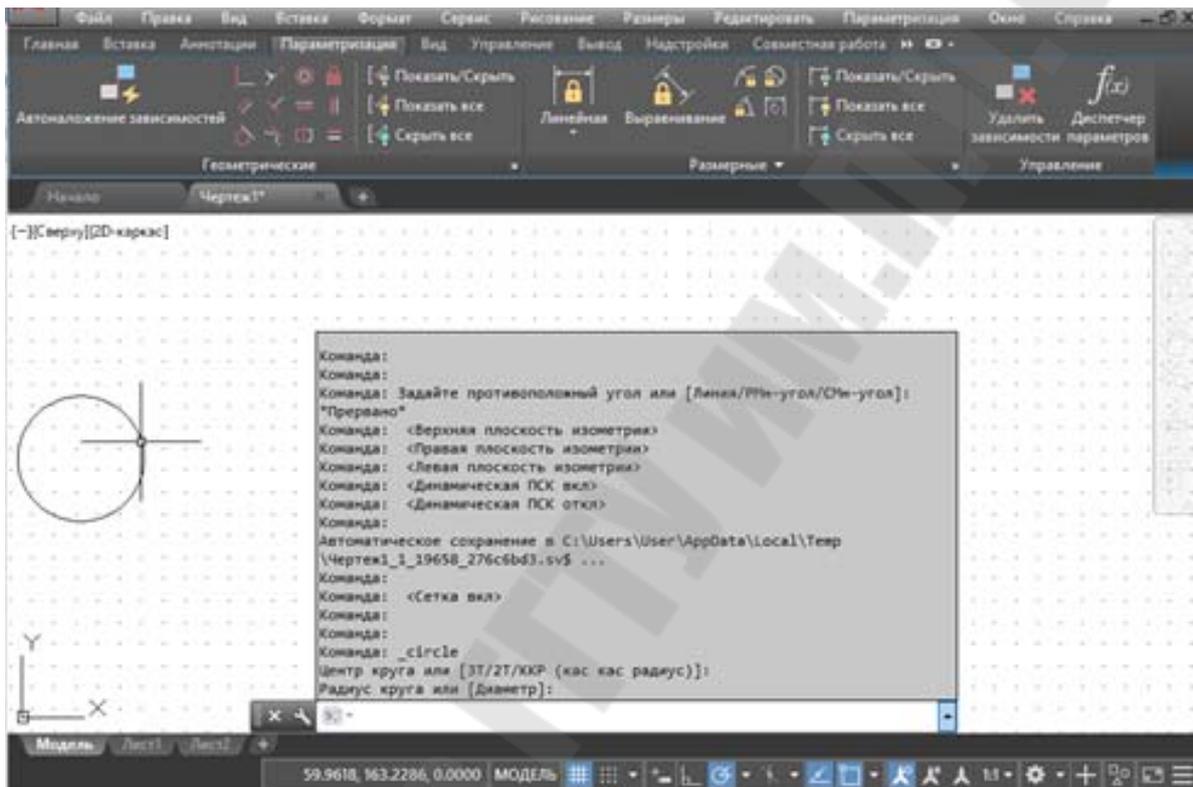


Рис. 2.15. Текстовое окно

Через командную строку AutoCAD общается с пользователем в текстовом режиме. При этом в ходе выполнения какой-либо команды в командной строке появляются запросы, отвечая на которые пользователь задает необходимые параметры для выполнения команды. Если пользователем допускается какая-либо ошибка, то AutoCAD сообщает об этом в текстовом окне.

Управление видимостью зоны командной строки осуществляется одним из следующих способов:

- На ленте выберите вкладку **Вид** → панель **«Палитры»** → **Командная строка**.
- Нажатием комбинации клавиш **CTRL + 9**.
- В командной строке ввести **«КОМСТР»** или **«СКРЫТЬКОМАНДНУЮСТРОКУ»**.

## 2.1.3. Отдельные элементы интерфейса AutoCAD

### 2.1.3.1. Графический курсор

Все действия управлению AutoCAD выполняются с помощью манипулятора «мышь», перемещение которого отслеживается *графическим курсором* на экране, а сам манипулятор может использоваться в качестве:

- указывающего устройства при выборе объектов;
- указателя координат точки на чертеже;
- управляемой лупы для масштабирования чертежа в видовом окне;
- активатора контекстного меню.

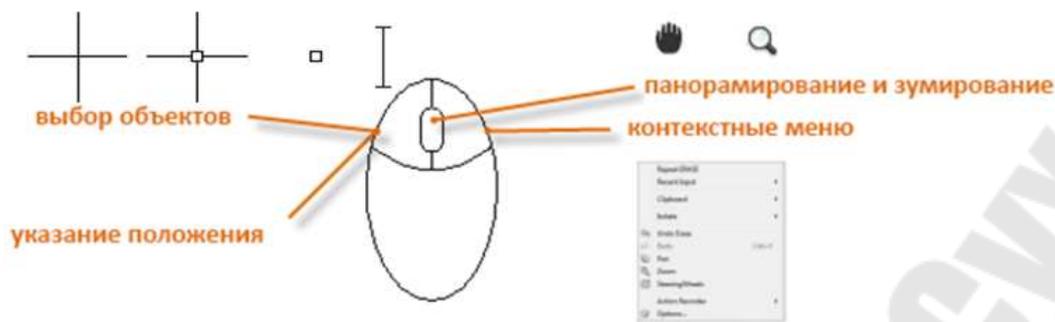
Внешний вид *графического курсора* (указателя) изменяется в зависимости от того, в каком месте окна AutoCAD он находится, и какая команда выполняется в данный момент. В области строки меню курсор принимает вид обычной наклонной стрелки, а при выполнении операции панорамирования – вид открытой ладони. В рабочей зоне указатель мыши становится графическим курсором и состоит из двух элементов:

*прицела* в виде небольшого квадрата в центре (для выбора объектов при редактировании);

ортогонального *перекрестия* для указания точек (и их координат) на чертеже (рис. 2.16, а).

В процессе работы с графическими объектами внешний вид курсора изменяется следующим образом:

- при появлении запроса на указание местоположения точки отображается курсор в форме *перекрестья*.
- при появлении запроса на выбор объекта курсор принимает вид небольшого квадрата-*прицела*.
- если нет активных команд, отображается курсор в форме *перекрестья* и *прицела*.
- Если предлагается ввести текст, курсор принимает форму *вертикальной полосы* для ввода текста.



а)



б)

Рис. 2.16. Графический курсор: а) внешний вид и назначение кнопок мыши; б) значки курсора

При выполнении нескольких стандартных команд рядом с перекрестием или прицелом в области чертежа отображается *значок курсора*, мнемонически поясняющий выполняемое действие. На рисунке 2.16,б слева направо представлены значки курсора для команд ПЕРЕНЕСТИ, МАСШТАБ, ПОВЕРНУТЬ, КОПИРОВАТЬ, КООРД и СТЕРЕТЬ.

Отображение значков курсора управляется с помощью системной переменной **CURSORBADGE** заданием значений 1 (отключение) или 2 (включение).

### 2.1.3.2. Диалоговые окна и их элементы

В AutoCAD при задании каких-либо настроек или параметров широко используются так называемые *диалоговые окна*, (рис. 2.17).

В диалоговых окнах параметры настроек задаются с использованием следующих элементов управления:

- **Переключатели** – позволяют выбрать (включить) одно из нескольких состояний параметра. Активное состояние помечается черной точкой, при этом другие возможные состояния неактивны.
- **Флажки** – используются для включения/отключения отдельных параметров и являются независимыми от состояния других параметров. Активный флажок помечается «галочкой».

- **Счетчики параметров** – позволяют менять числовые значения щелкая мышкой по кнопкам со стрелочками в большую или меньшую сторону.
- **Ползунки** – используются для регулирования размеров некоторого объекта перетаскиванием ползунка с возможностью демо просмотра результата.
- **Поля ввода** – служат для задания параметров путем непосредственного ввода нужного значения с клавиатуры прямо в это поле.
- **Раскрывающиеся списки** – внешне напоминают поля ввода, только с расположенной рядом стрелочкой. В поле отображается одно из значений списка, который раскрывается при щелчке мыши по этой стрелочке.

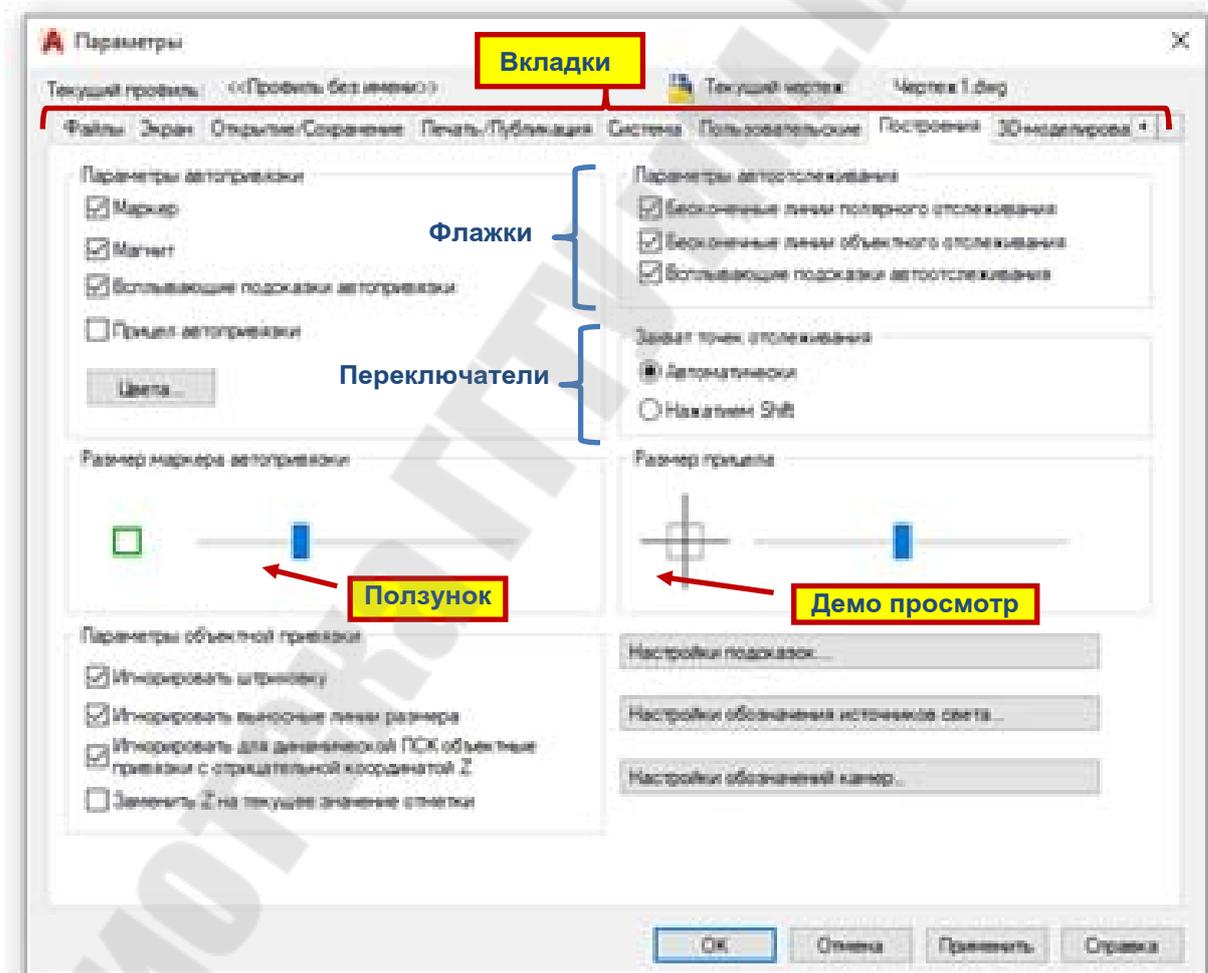


Рис. 2.17. Диалоговое окно и его элементы управления

### 2.1.3.3. Контекстные меню

Некоторые действия и команды доступны через **контекстные меню**, которые вызываются нажатием правой кнопки мыши в различных зонах экрана (рис. 2.18). Как правило, контекстные меню предлагают следующие действия:

- повтор последней команды;
- прерывание текущей команды;
- отображение списка последних команд, введенных пользователем;
- 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.

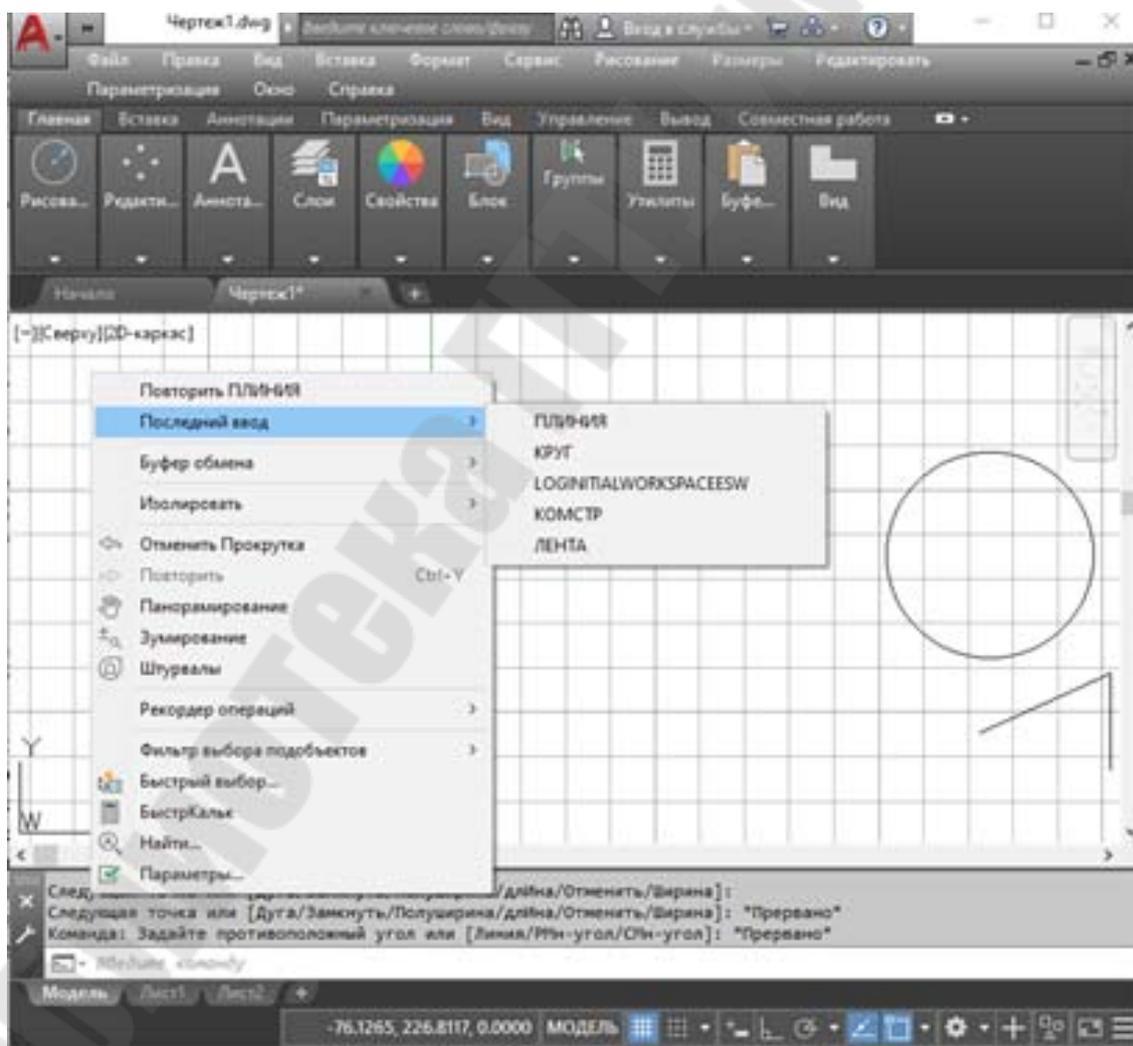


Рис. 2.18. Контекстное меню в рабочей области AutoCAD

Список возможных действий, предлагаемых контекстным меню, зависит от выделенного для редактирования графического объекта чертежа либо объекта рабочего окна AutoCAD (рабочая область, лента или панель инструментов и др.), на который в данный момент указывает курсор.

## 2.1.4. Использование команд AutoCAD

### 2.1.4.1. Команды и их ввод

**Команды** – это инструкции, указывающие AutoCAD, какие операции требуется выполнить.

Общая методика работы с AutoCAD включает несколько принципов и правил, которыми нужно руководствоваться:

1. Все действия в AutoCAD выполняются с помощью команд.
2. Каждая команда может быть вызвана с помощью элементов пользовательского интерфейса тремя способами:
  - **щелчком левой кнопки мыши** на соответствующей пиктограмме панели/ленты инструментов;
  - **выбором пункта меню** или выбором из браузера меню-приложения, вызываемого нажатием кнопки «А» в левом верхнем углу окна;
  - **вводом имени команды с клавиатуры** в командную строку AutoCAD и нажатием клавиши «Enter».
3. Выполнение каждой последующей команды возможно только после завершения предыдущей (кроме нескольких команд, которые могут выполняться «прозрачно»).

Например, для вычерчивания окружности предназначена команда **Круг(Circle)**. Для вызова этой команды (рис. 2.19) можно:

- использовать панель или ленту инструментов «Рисование» и нажать кнопку ;
- в разделе классического меню AutoCAD «Рисование» выбрать пункт **Круг**, а из предложенных вариантов построения выбрать один из подходящих (**Рисование**→ **Круг**→ **Центр радиус**)
- в командной строке набрать имя команды «**Круг**».

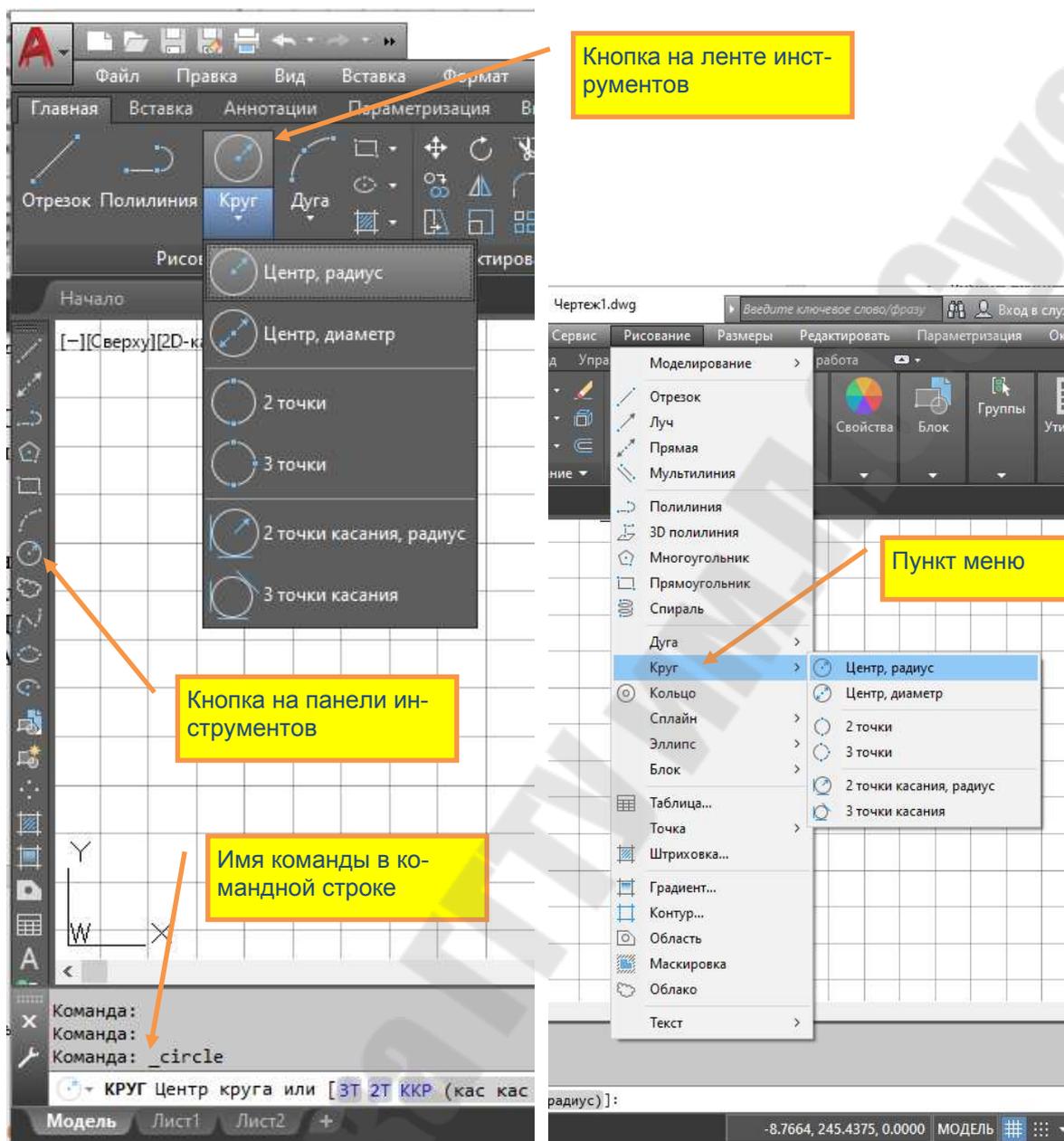


Рис. 2.19. Способы вызова команд

Самым универсальным и эффективным способом работы является непосредственный ввод команды с клавиатуры, что более продуктивно, чем поиск команд на ленте или панели инструментов. Кроме того, есть несколько команд AutoCAD, для которых не предусмотрены ни какие кнопки и которые отсутствуют в меню.

Некоторые команды имеют сокращенные имена, называемые **псевдонимами команд**, которые можно вводить в командной строке.

Например, вместо того, чтобы вводить слово круг для выполнения команды КРУГ, можно ввести букву **К** и нажать клавишу ENTER. В списке вариантов команд (если он отображается) псевдоним пока-

зывается перед именем команды К(КРУГ) Далее при изучении команд будут указываться и их псевдонимы

В окне команд можно выполнять перечисленные ниже действия:

- запускать команды и системные переменные, используя их полное название или псевдоним;
- искать команды или системные переменные;
- получать доступ к онлайн-справке и другим материалам в интернете, относящимся к командам и системным переменным;
- просматривать подсказки для активной команды;
- выбирать параметры и вводить значения для активной команды;
- вставлять блоки, задавать слои или именованные стили для текущего чертежа;

Если к командной строке начать вводить первые символы имени команды, например, **О**[тресок], то в окне отображается список доступных команд и системных переменных, начинающихся с этих символов (рис. 2.20). Эта функция называется *автозавершением*. Затем из этого списка можно выбрать нужную команду или системную переменную.

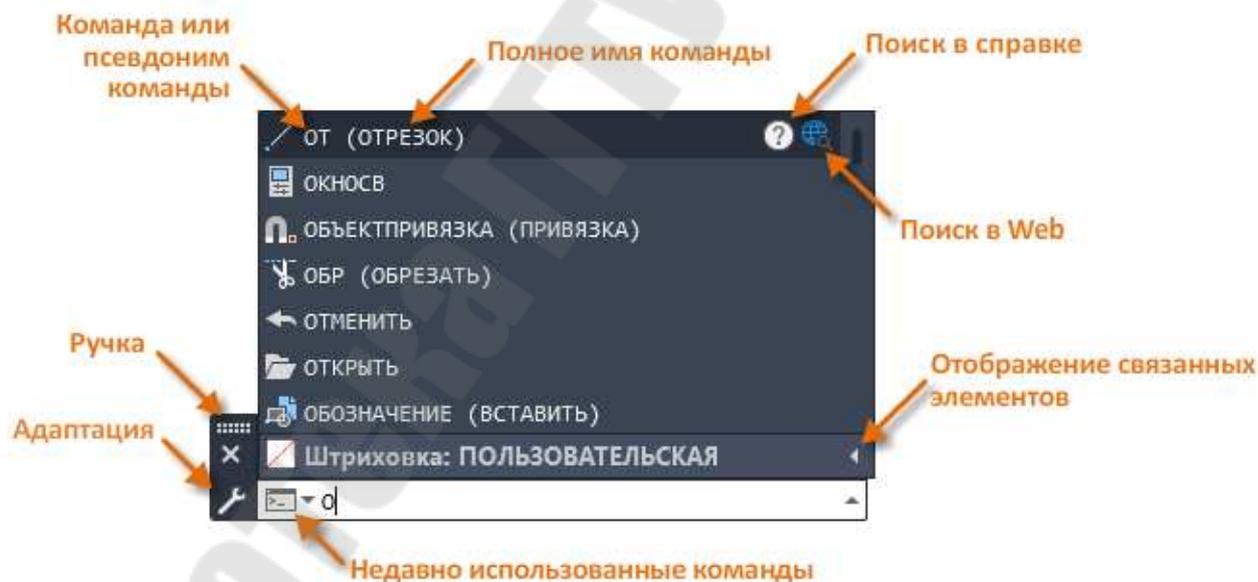


Рис. 2.20. Ввод команды ОТРЕЗОК в командной строке

Программа AutoCAD сохраняет в журнале недавно использованные команды и введенные значения.

Для повторного **использования последней команды** необходимо нажимать клавиши стрелок вверх или вниз, чтобы перемещаться по списку недавно использованных команд и остановиться на требуе-

мой. Кроме того, можно щелкнуть правой кнопкой мыши в окне команд и в контекстном меню (рис. 2.21) выбрать из списка «Последние команды» нужную команду.

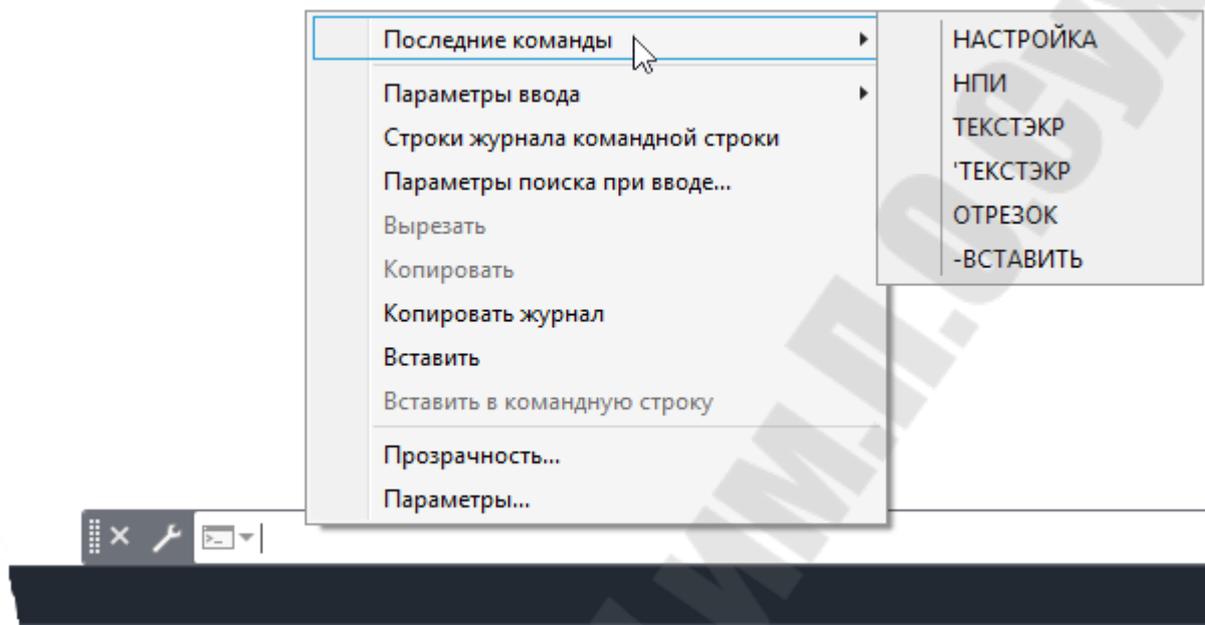


Рис. 2.21. Последние команды в контекстном меню.

Для завершения ввода команды нужно нажать клавишу ENTER или ПРОБЕЛ, либо щелкнуть правой кнопкой устройства указания и в контекстном меню выбрать ВВОД.

Ввод команды может осуществляться либо заглавными, либо строчными (маленькими) буквами. В англоязычных версиях AutoCAD команды вводятся только на английском языке. В русскоязычных версиях команды можно вводить как на русском, так и на английском языке. При этом перед англоязычным именем команды необходимо указать символ «\_» – нижнее подчеркивание. Например, вызов команды КРУГ(Circle) будет выглядеть как circle.

*Для повторного вызова* последней команды следует нажать ENTER или ПРОБЕЛ, либо кнопку ввода устройства указания (правая клавиша мыши).

*Для прерывания* команд используется клавиша ESC.

В AutoCAD имеется возможность отмены действия последней или нескольких последних команд. Отмена одной команды производится командой O, отмена одной и более команд – ОТМЕНИТЬ.

Некоторые команды могут вызываться «прозрачно», то есть в процессе выполнения других команд. К их числу относятся, напри-

мер, 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.

### 1.5.1.1. Опции команды и их выбор

Каждая команда включает в себя набор параметров - **опций**, при выборе одного из которых запросы команды меняются. Перечень опций, доступных в данный момент выполнения команды, приводится в квадратных скобках в конце текущего запроса

Так, например, команда **ПРЯМОУГОЛЬНИК**, после указания координат первого угла (рис. 2.22), просит ввести координаты второго угла (по умолчанию).

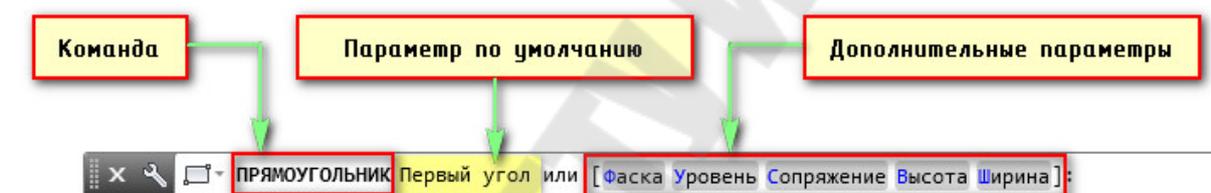


Рис. 2.22. Команда ПРЯМОУГОЛЬНИК и ее параметры

Однако, указав ключевую букву опции (прописную, выделенную синим цветом) или просто щелкнув мышкой по названию параметра (в нашем случае «Сопряжение») запрос изменится (рис. 2.23). Так же изменится и перечень параметров.

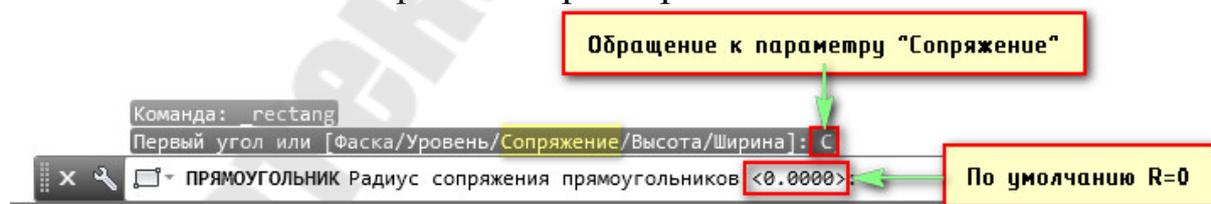


Рис. 2.23. Команда ПРЯМОУГОЛЬНИК и параметр СОПРЯЖЕНИЕ

В угловых скобках отображается текущее значение параметра СОПРЯЖЕНИЕ команды **ПРЯМОУГОЛЬНИК** и изменение которого ожидает AutoCAD. Если пользователь не введет новое значение и нажмет ENTER, то в дальнейшем по умолчанию будет использовано это текущее значение.

Другим способом выбора опций является вызов правой кнопкой мыши контекстного меню (рис. 2.24), в котором будут перечислены все опции.

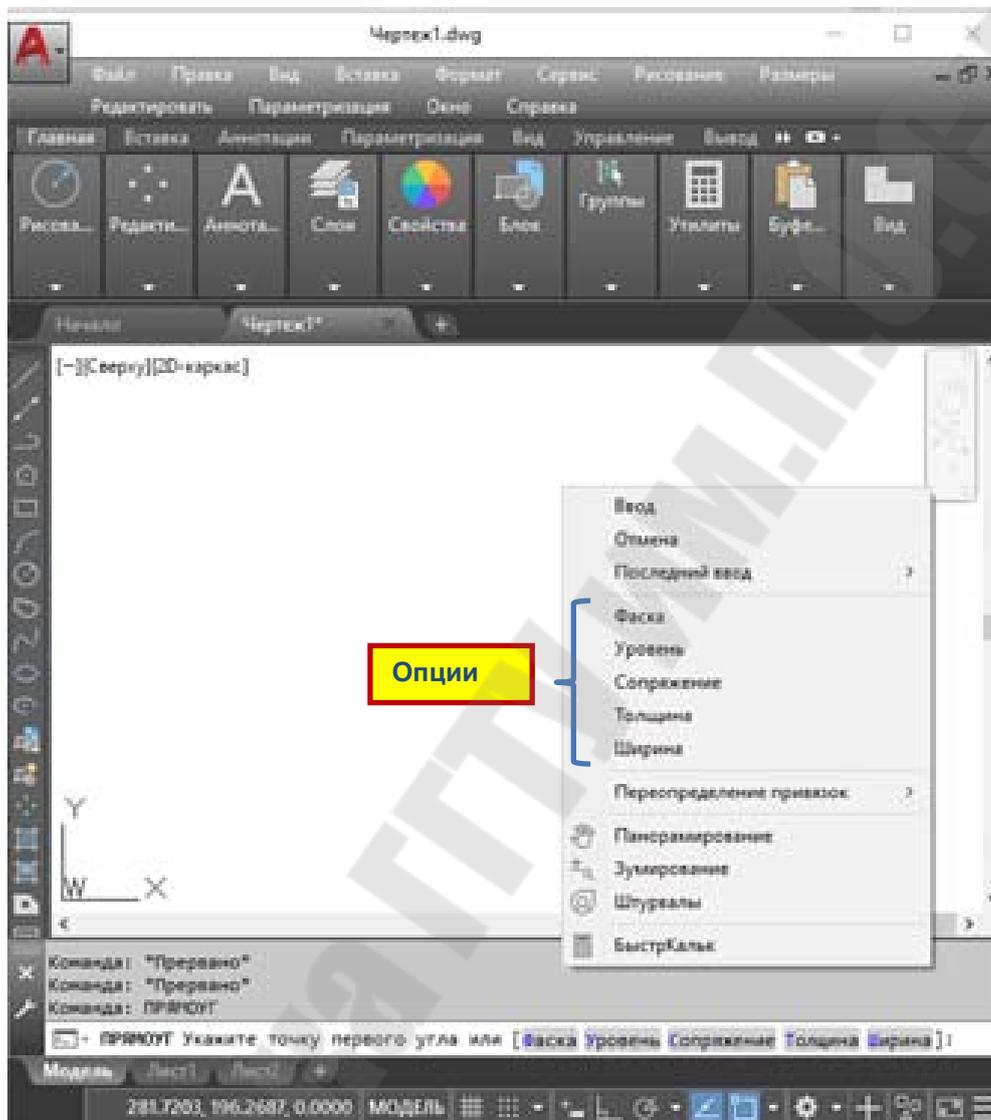


Рис. 2.24. Опции команды ПРЯМОУГОЛЬНИК в контекстном меню

## 1.6. Создание нового чертежа и работа с файлами

### 1.6.1. Общие правила и способы создания нового чертежа

Система AutoCAD автоматически приступает к созданию нового чертежа после ее запуска. При этом возможны три варианта его создания:

- Сразу создается новый пустой чертеж с параметрами по умолчанию: размер области черчения – формат А3 (420x210), единицы измерения – метрические (мм). На этом чертеже сразу можно на-

чинать чертить, а установленные параметры изменить по ходу черчения с помощью команд настройки рабочей среды AutoCAD.

- Запускается специальное диалоговое окно **Создание нового чертежа (Create New Drawing)**, позволяющее удобно для пользователя задать параметры чертежа или выбрать шаблон, на основе которого он должен быть создан.
- Открывается диалоговое окно выбора шаблона, на основе которого должен быть создан новый чертеж. В окне браузера пользователь должен выбрать один из предложенных шаблонов.

По какому варианту AutoCAD начнет работу зависит от установленного значения системной переменной **STARTUP**, о чем говорилось в п. 2.1.1. Для того, чтобы при каждом запуске AutoCAD появлялось диалоговое окно **Создание нового чертежа (Create New Drawing)** необходимо в командной строке ввести название системной переменной **STARTUP** и нажать ENTER, а затем в ответ на сообщение *Новое значение STARTUP ввести 1* (рис. 2.26).



Рис. 2.26. Установка значения переменной STARTUP

Если пользователь уже работает в AutoCAD, то для создания нового чертежа необходимо щелкнуть мышкой по кнопке «Создать» на панели быстрого запуска. После этого AutoCAD предложит создать новый чертеж одним из указанных выше способов. К аналогичному результату приведет выбор в строке меню пункта **Файл (File)→Создать (Create)**.

Рассмотрим диалоговое окно **Создание нового чертежа (Create New Drawing)** (рис. 2.27). В окне имеются следующие кнопки, позволяющие выбрать нужное действие:



**Открытие чертежа** – с помощью браузера пользователь мо-

жет загрузить ранее созданный чертеж для дальнейшей работы;



**Простейший шаблон** - создается новый пустой чертеж с использованием *британской* или *метрической* системы единиц (указываются пользователем).



**По шаблону** – создается новый чертеж с набором настроек, заданных в выбранном пользователем шаблоне чертежа и который уже может содержать некоторое наполнение (рамки, штампы и какие-то другие линии или установки).



**Вызов мастера** – создается новый пустой чертеж с использованием настроек, заданных с помощью Мастера быстрой или детальной подготовки настроек.

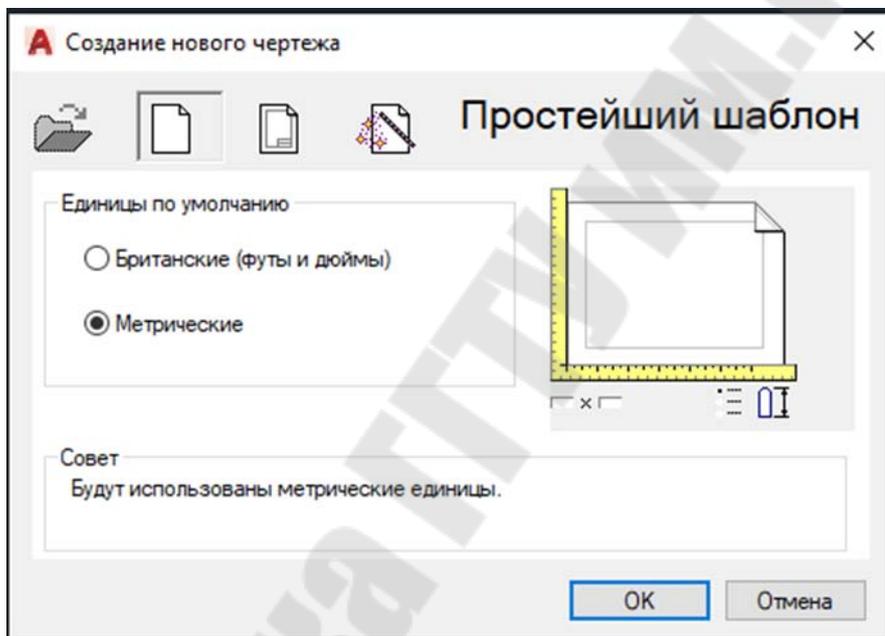


Рис. 2.27. Диалоговое окно «Создание нового чертежа»

Для завершения работы с диалоговым окном щелкнуть левой кнопкой мыши по кнопке ОК.

При создании нового чертежа по *простейшему шаблону* AutoCAD предлагает выбрать систему мер длины *Британскую* или *Метрическую* и выполняет настройку рабочей среды принятую по умолчанию, которая хранится в файле *acad.dwg*, входящий в пакет AutoCAD.

При создании нового чертежа по *шаблону* AutoCAD предлагает выбрать один из множества файлов-шаблонов, который будет загружен для дальнейшей работы (рис. 2.28). **Шаблон** чертежа – это файл, в котором сохраняются настройки для текста, размерных стилей, ти-

пов линий и графическая информация для продолжения работы на их основе.

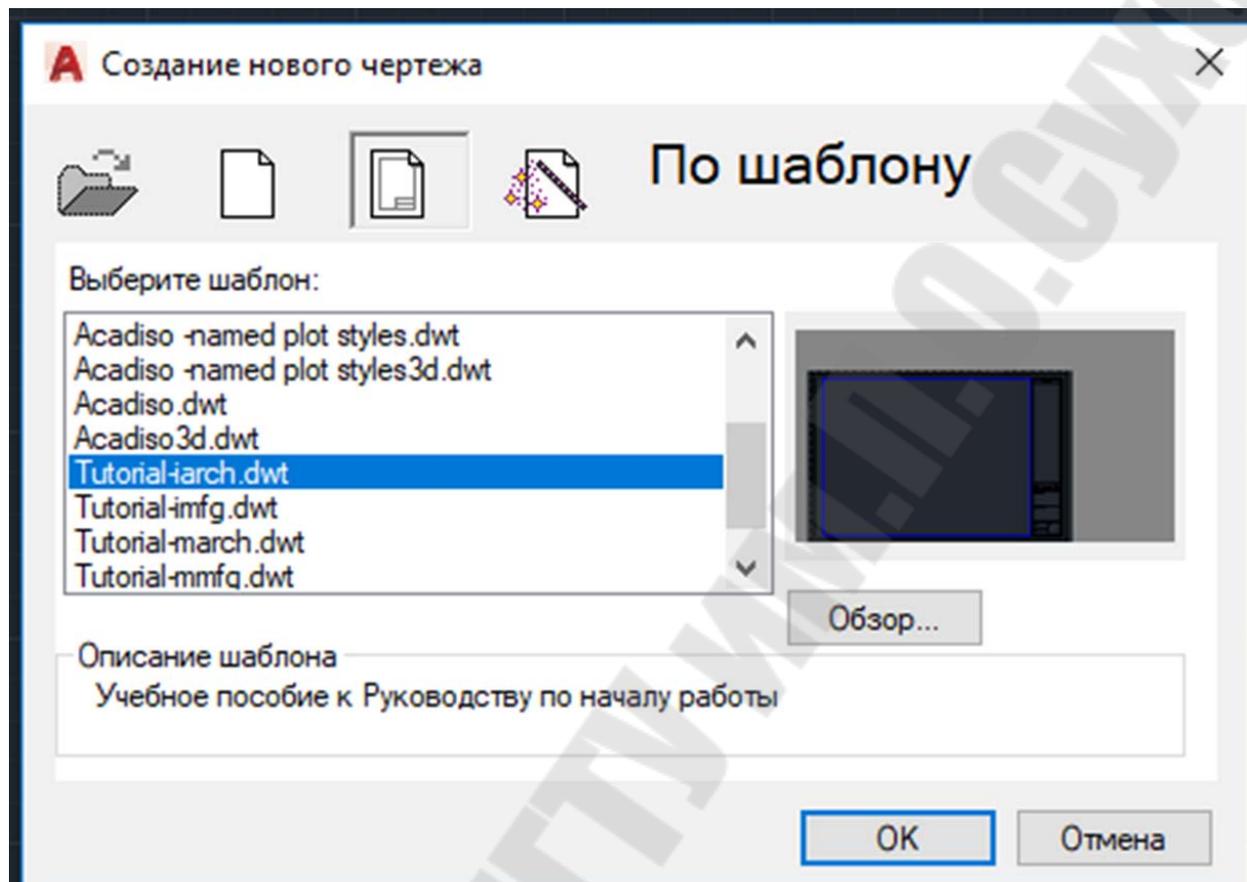


Рис. 2.28. Диалоговое окно «Создание нового чертежа» при выборе шаблона

В AutoCAD имеются так называемые *Мастера* – служебные средства для создания нового рисунка. С их помощью можно, используя за основу текущий шаблон, модифицировать некоторые из базовых установок.

*Мастер* позволяет выполнить *быструю* или *детальную* подготовку начальных настроек (рабочей среды) чертежа (рис. 2.29).

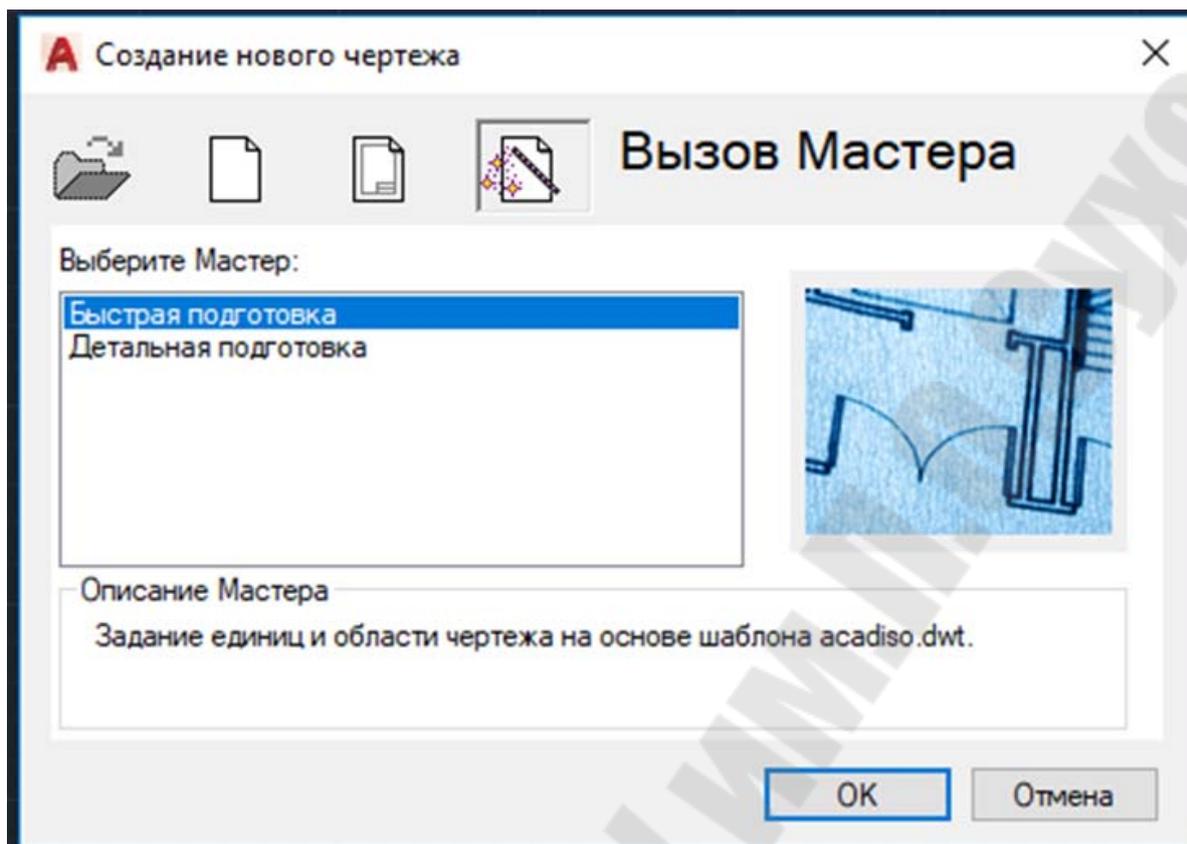


Рис. 2.29. Диалоговое окно «Создание нового чертежа» при выборе Мастера

*Мастер быстрой подготовки* позволяет задать для нового чертежа в соответствующих диалоговых окнах тип единиц измерения и область рисования (рис. 2.30). Поддерживаются следующие типы единиц для рисования и вычерчивания: *десятичные, технические, архитектурные, с дробной частью, научные*. Указывая длину и ширину области рисования, пользователь тем самым задает граничные пределы рисунка, так называемые *лимиты*.

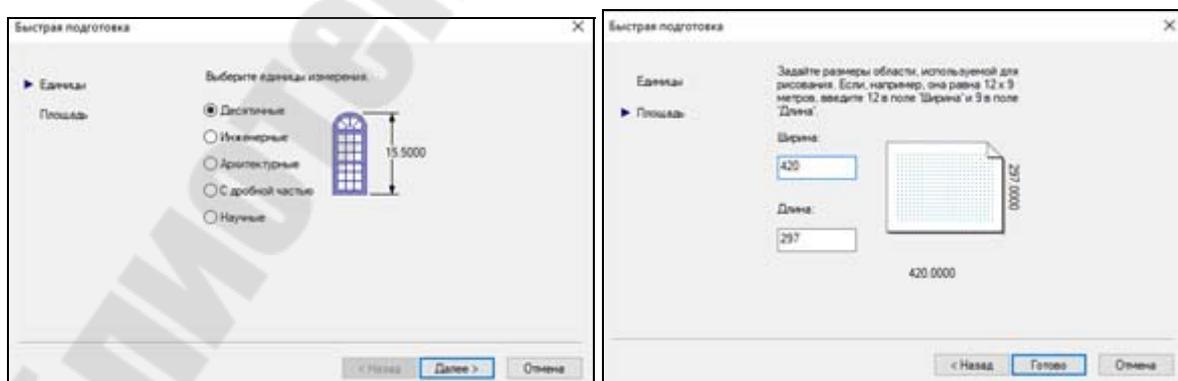


Рис. 2.30. Диалоговые окна *Быстрой подготовки*

Мастер детальной подготовки позволяет выполнить расширенные настройки и задать для нового чертежа в соответствующих диалоговых окнах тип линейных и угловых единиц измерения, точность из измерения, способ измерения углов (направление нулевого угла и направление отсчета), размеры области черчения (рис. 2.31).

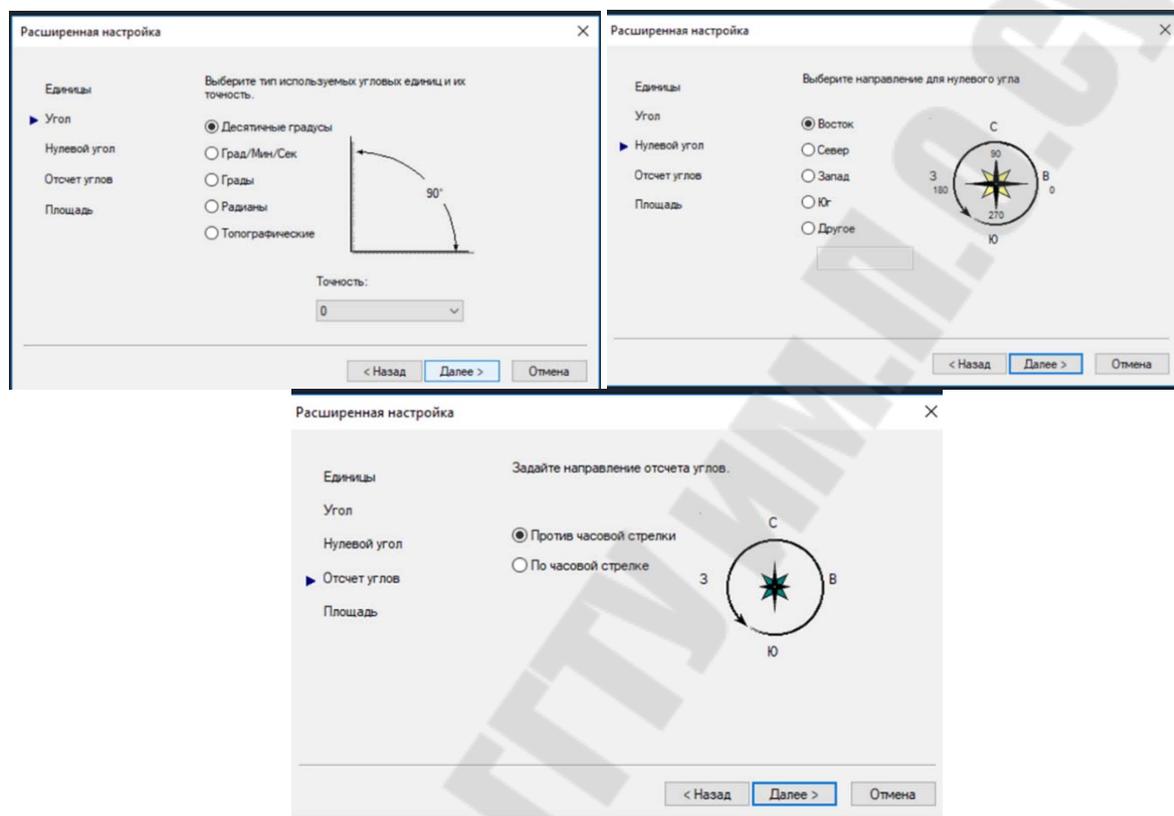


Рис. 2.31. Диалоговые окна *Детальной настройки*

### 1.6.2. Управление параметрами чертежа с помощью команд

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

Изменить параметры чертежа после его создания можно с помощью специальных команд.

Команда **ЕДИНИЦЫ** - управляет системой мер при построении и редактировании объектов: футы и дюймы, миллиметры, мили и т.п. Команда вызывается как из командной строки, так и из строки системного меню **Формат** → **Единицы**.

Для управления используется диалоговое окно «Единицы чертежа» (рис. 2.32), в котором и производится настройка единиц измерения.

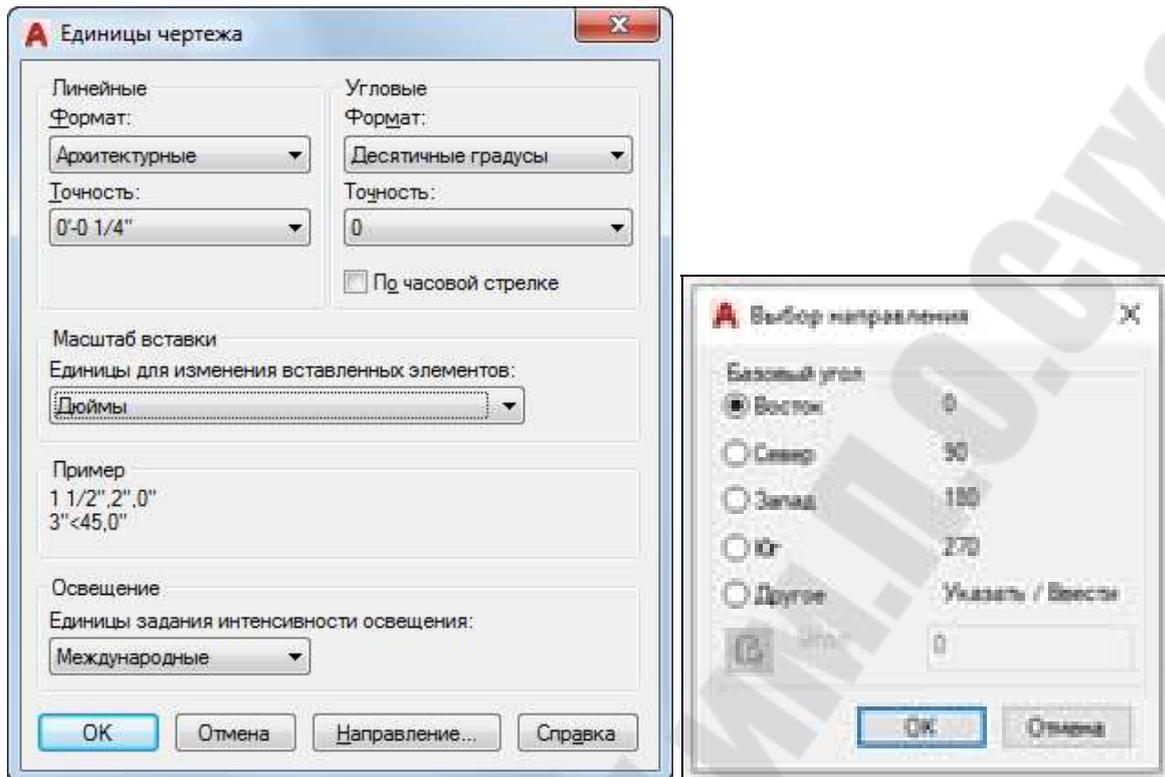


Рис. 2.32. Диалоговые окна *Единицы чертежа* и *Выбор направления*

Диалоговое окно «Единицы чертежа» предлагает пользователю определить следующие параметры:

**Линейные** – группа элементов управления линейными единицами измерения содержит следующие настройки:

**Формат** – установка текущего формата отображения единиц измерения: «Архитектурные», «Десятичные», «Инженерные», «Дробные» и «Научные». Для форматов «Инженерные» и «Архитектурные» линейные величины выражаются в футах и дюймах; при этом единица чертежа соответствует одному дюйму. Остальные форматы могут представлять любые существующие единицы.

**Точность** – установка числа десятичных знаков для отображения линейных величин.

**Угловые** – группа элементов управления угловыми единицами измерения содержит следующие настройки:

**Формат** - установка текущего формата отображения углов: «десятичные градусы», «градусы», «радианы», «градусы/минуты/секунды», «топографические единицы».

**Точность** – установка точности отображения углов.

**По часовой стрелке** – переключатель для определения положительного направления отсчета углов – «по» или «против» часовой стрелки (рис.2.33).

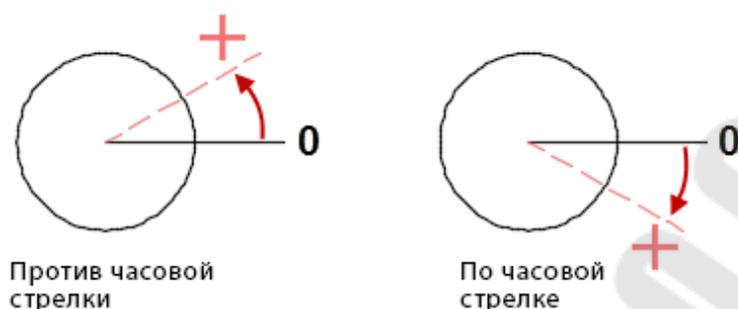


Рис. 2.33. Направления отсчета углов

**Масштаб вставки** – задает масштаб для блоков и чертежей, вставляемых в текущий чертеж. Если вставить блок или чертеж, в котором используются единицы, не совпадающие с единицами текущего чертежа, то значение масштаба вставки исправляет несоответствия. Если блок или чертеж не нужно масштабировать, необходимо установить значение «Безразмерный».

**Освещение** – задает единицы измерения интенсивности фотометрических источников света в текущем чертеже.

**Направление** – кнопка вызова диалогового окна «Выбор направления», в котором можно указать направление *нулевого угла* (Восток, Север, Запад, Юг или др.), от которого отсчитываются углы (рис. 2.32).

В демонстрационном окне **Пример** отображаются демонстрационные линейные и угловые величины в соответствии с заданными настройками.

Команда **ЛИМИТЫ** – создает невидимую прямоугольную границу в области рисования, с помощью которой можно ограничить отображаемую сетку (рис. 2.34), а также ограничить нажатие или ввод местоположений точек. Команда вызывается как из командной строки, так и из строки системного меню **Формат** → **Лимиты чертежа**.

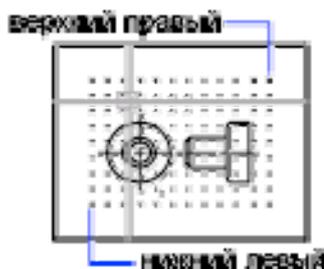


Рис. 2.34. Лимиты чертежа

Рассмотрим пример выполнения команды **ЛИМИТЫ** для установки границы области черчения форматом А4 (297x210).

Команда: **ЛИМИТЫ**

Левый нижний угол или [Вкл/оТкл] <0.0000,0.0000>: **0,0**

Правый верхний угол <420.0000,297.0000>: **297,210**

После запуска команды **ЛИМИТЫ** отображаются следующие запросы:

**Левый нижний угол** - задание координат (декартовых) левого нижнего угла ограничивающего контура;

**Верхний правый угол** - задание в области чертежа координат точки противоположного угла прямоугольного ограничивающего контура.

**Вкл/о Ткл** – переключение состояния контроля лимитов. Если контроль лимитов включен, то пользователь не может вводить точки, координаты которых выходят за лимиты сетки. Поскольку контроль относится только к указываемым точкам, фрагменты объектов (например, кругов), могут оказаться за пределами лимитной области. При отключении режима контроля лимитов текущие значения лимитов сохраняются и могут быть использованы при последующем включении режима контроля лимитов.

### 2.2.3. Управление файлами чертежей

Упрощенно работа в AutoCAD сводится к созданию нового чертежа, либо к редактированию уже существующего.

При создании нового чертежа пользователь должен в начале создать новый чистый чертеж, выполнить на нем определенные построения, а затем сохранить его в виде файла на каком-либо дисковом накопителе.

Во время создания чертежа вся графическая и другая информация (база данных чертежа) размещается в памяти компьютера, и, если ее не сохранить на диске, по после закрытия AutoCAD этот чертеж исчезнет и восстановить его будет невозможно.

Выполнить сохранение чертежа можно тремя способами:

- Выбрав в строке меню **Файл** → **Сохранить**;
- Щелкнуть мышкой по кнопке «**Сохранить**» на панели инструментов или панели быстрого доступа.
- Введя в командную строку команду **СОХРАНИТЬ**.

Если чертеж сохраняется впервые, то при его сохранении AutoCAD предложит в диалоговом окне браузера **Сохранение чертежа** указать имя файла и место на диске для сохранения (рис. 2.35). По умолчанию при создании чертежа ему автоматически присваивается имя **Чертеж1.dwg**, которое будет использовано и при сохранении по умолчанию. Пользователь может его заменить на более осмысленное и удобное по длине.

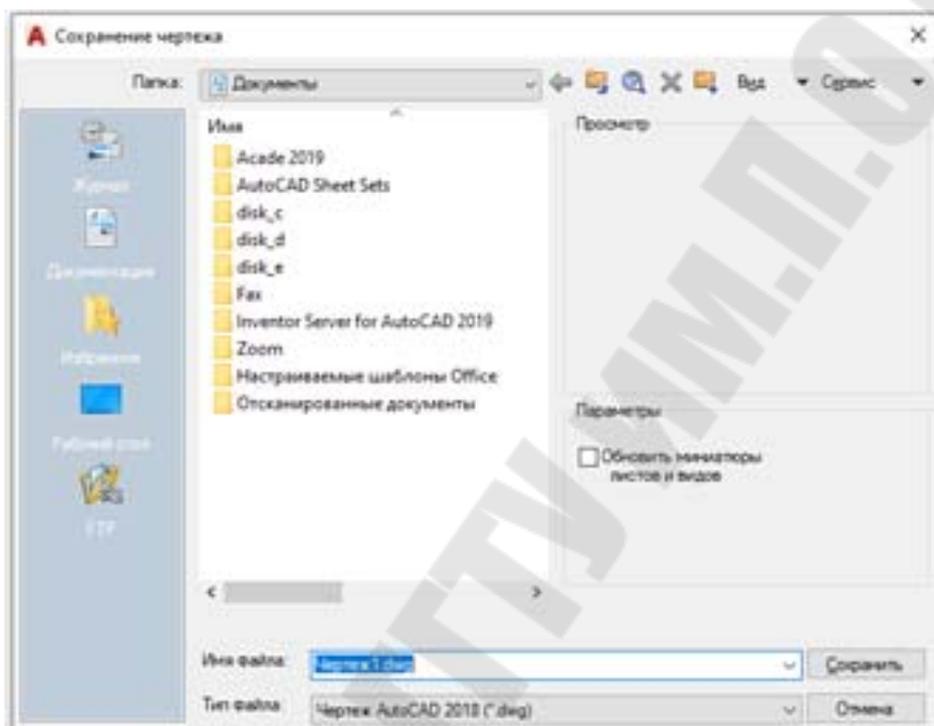


Рис. 2.35. Сохранение чертежа на диске

В дальнейшем при работе с чертежом необходимо периодически, с интервалом 15-20 минут, его сохранять в целях безопасности, чтобы избежать потерю чертежа из-за сбоев в компьютере. Окно **Сохранение чертежа** появляться уже не будет, файл будет сохраняться под текущим именем и в ранее указанном месте (или в месте, откуда его загрузили).

При редактировании уже существующего чертежа пользователь должен найти и открыть файл этого чертежа, внести необходимые изменения, а затем сохранить отредактированный чертеж.

Чертежи, создаваемые в AutoCAD, хранятся в специальных файлах, имеющих расширение **\*.dwg**. Помимо файлов с чертежами, AutoCAD может оперировать и другими специальными файлами (рис. 2.36), имеющими следующие расширения:

**\*.dws** – файлы стандартов чертежа;

\***.dxf** – файлы рисунков в текстовом или двоичном формате, которые используются для обмена графической информацией с другими программами;

\***.dwt** – файлы-шаблоны, на базе которых могут выполняться новые чертежи.

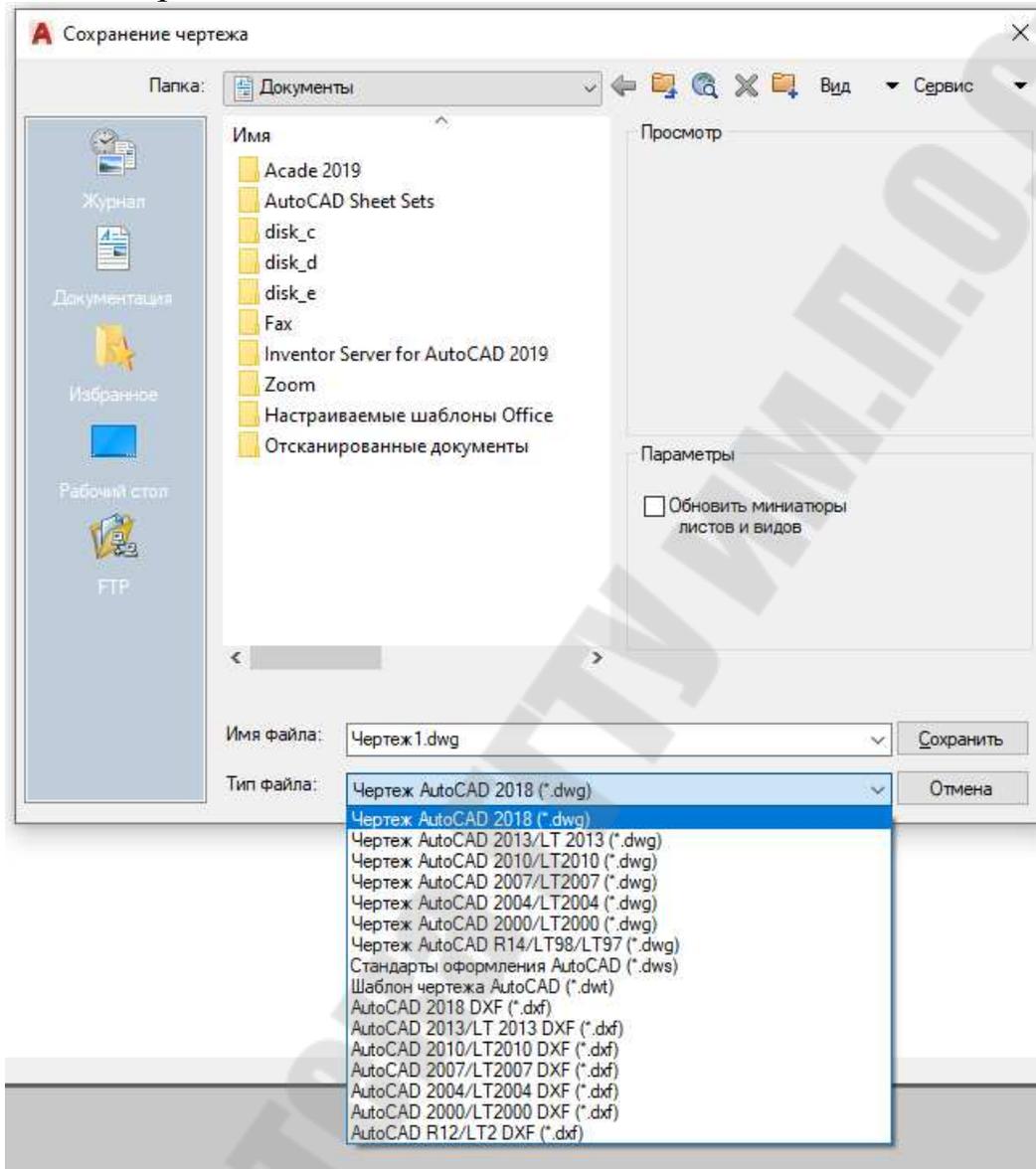


Рис. 2.36. Сохранение чертежа в различных форматах

Чтобы сохранить чертеж под другим именем или в другом формате, следует использовать меню **Файл** → **Сохранить как** или кнопку  на панели инструментов, которые соответствует команде **СОХРАНИТЬКАК**.

Кроме того, возможен экспорт чертежа в форматы других программ. Для этого можно использовать меню **Файл** → **Экспорт**, кото-

рое откроет диалоговое окно **Экспорт данных**, которое отличается от окна **Сохранение чертежа** только списком форматов для экспорта.

Еще более удобным способом выполнения функций сохранения в другие форматы и экспорта чертежей является использование меню-приложения при нажатии кнопки «А» (рис. 2.37).

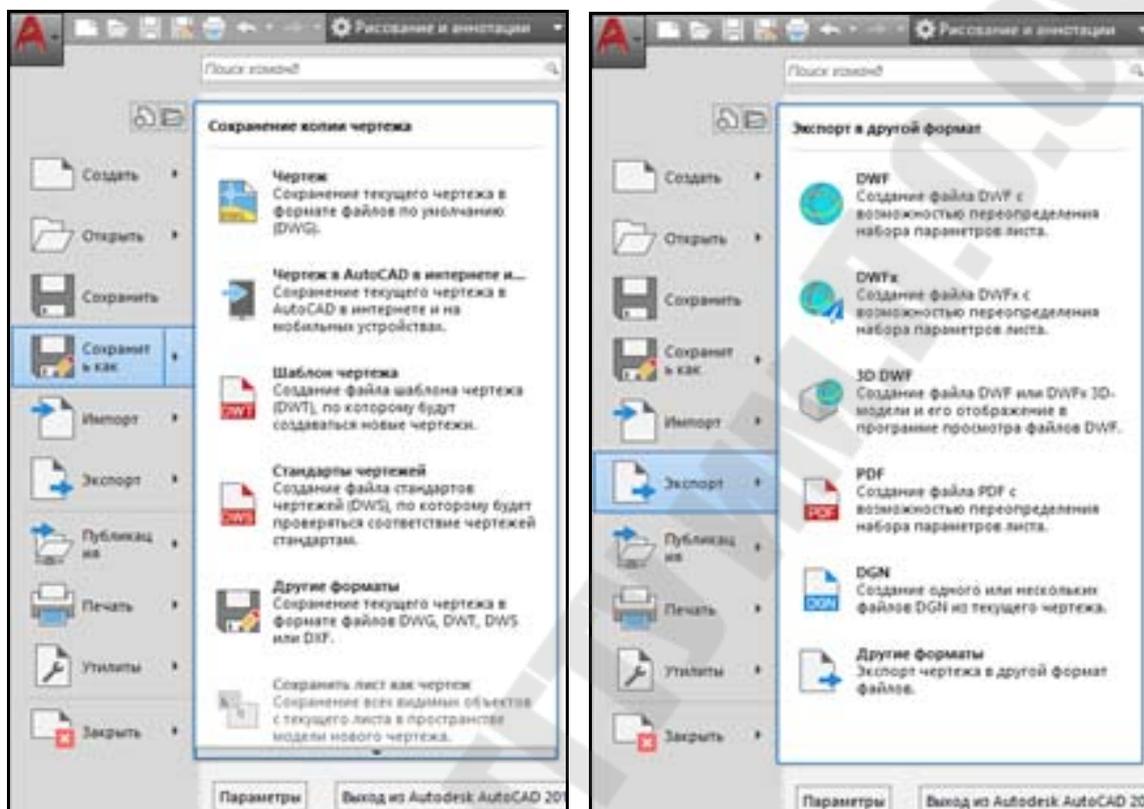


Рис. 2.37. Сохранение и экспорт чертежа из меню-приложения

Загрузка в AutoCAD с диска имеющегося чертежа напоминает его сохранение и может быть выполнено тремя способами:

- Выбором в строке меню **Файл** → **Открыть**;
- Щелкнуть мышкой по кнопке «**Открыть**» на панели инструментов или панели быстрого доступа.
- Вводом в командную строку команды **ОТКРЫТЬ**;

В результате появиться диалоговое окно **Выбор файла**, в котором и осуществляется выбор открываемого файла (рис. 2.38). При этом в области Просмотр схематично отображается содержимого текущего файла, на который указывает курсор. Для загрузки чертежа в AutoCAD необходимо нажать кнопку **Открыть**.

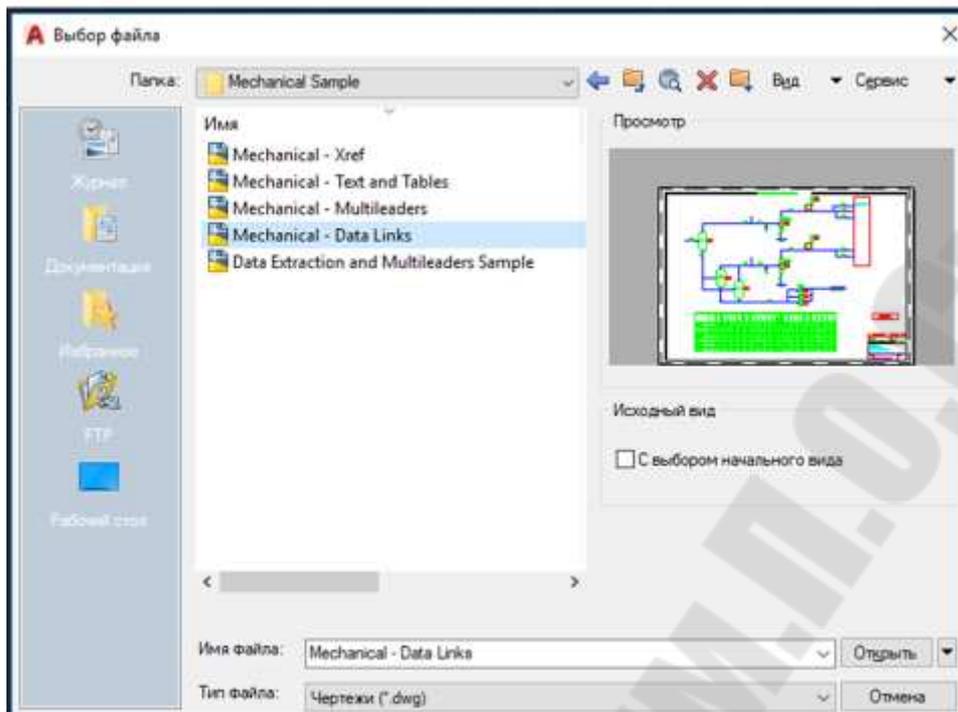


Рис. 2.38. Диалоговое окно выбора файла

## 1.7. Координаты – виды, способы задания и контроля

В AutoCAD местоположение объектов и их основные параметры задаются путем указания *координат* их *опорных точек* построения, по которым можно однозначно построить объект на чертеже. Для отрезка такими точками являются его начало и конец, поэтому для построения отрезка пользователь должен указать координаты его начальной и конечной точек.

### 1.7.1. Декартовы и полярные координаты

Положение любой точки в рабочей области AutoCAD может быть описано двумерными координатами как в *декартовой* (прямоугольной), так и в *полярной* системе координат.

*Декартова система координат* представляет собой две перпендикулярные оси  $X$  (ось абсцисс) и  $Y$  (ось ординат) на плоскости с общим началом и одинаковой масштабной единицей (рис. 2.39, а). Эти оси называются также координатными осями. Декартовы прямоугольные координаты  $x$  и  $y$  точки  $M$  характеризуют расстояния от начала координат до проекций точки  $M$  на координатные оси  $Mx$  и  $My$  и обозначаются как  $M(x,y)$ .

*Полярная система координат* представляет собой некоторую полярную ось  $Ox$ , исходящую из точки  $O$ , называемой полюсом (рис. 2.39, б). Полярные координаты  $\rho$  и  $\varphi$  точки  $M$  это два числа, пер-

вое из которых (полярный радиус  $\rho$ ) равно расстоянию точки  $M$  от полюса  $O$ , а второе (полярный угол  $\varphi$ ) – угол между лучом  $OM$  и полярной осью  $Ox$ .

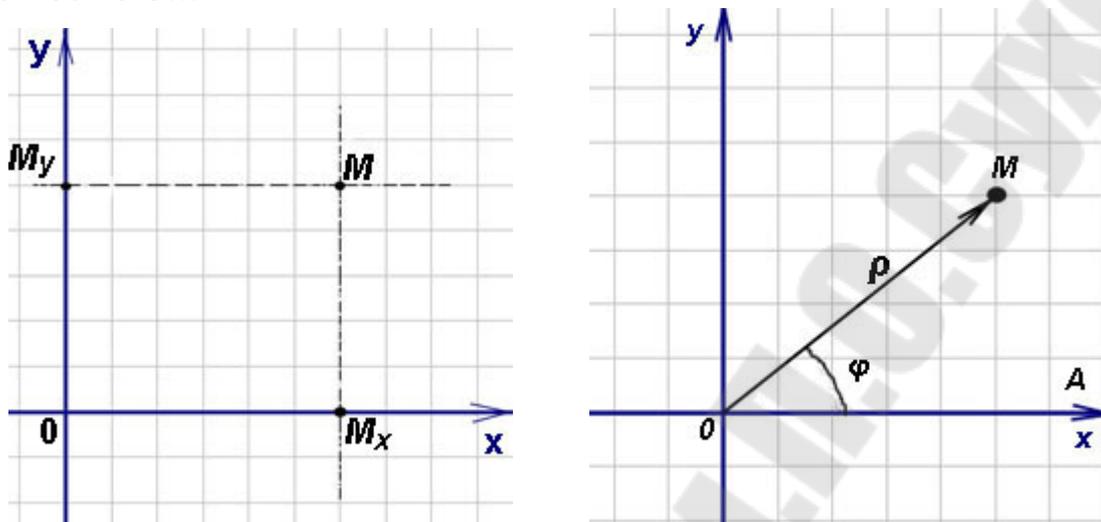


Рис. 2.39. Декартова (а) и полярная (б) системы координат

Таким образом, рабочая плоскость подобна листу бумаги, на который нанесена координатная сетка:

в виде прямоугольных ячеек, образованных равноотстоящими линиями (с шагом, соответствующим шкалам осей), параллельными двум ортогональным координатным осям – в декартовой системе координат;

в виде секторов, образованных окружностями с общим центром-полюсом (рис. 2.40), радиусы которых соответствуют шкале полярной оси, и лучами, выходящими из полюса равномерно по всем направлениям – в полярной системе координат.

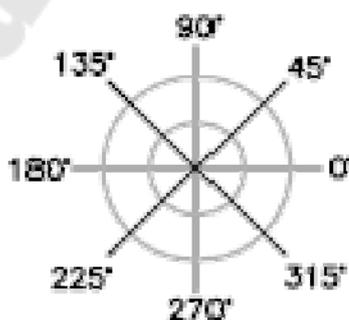


Рис. 2.40. Полярная плоскость

В AutoCAD установлены следующей нотации (правила записи) координат:

**в декартовой системе** значения координат  $x$  и  $y$  разделяются запятой –  $X, Y$ . Например, для указания точки, находящейся от начала

отсчета на расстоянии 4 единицы по оси  $X$  и на расстоянии 5 единиц по оси  $Y$ , нужно ввести **4,5**.

**в полярной системе** значения координат  $\rho$  и  $\varphi$  разделяются символом открывающей угловой скобки –  $\rho<\varphi$ . Например, для указания точки, находящейся от полюса на расстоянии 1 единица и под углом 45 градусов, нужно ввести **1<45**.

На рис. 2.41, *а* показаны примеры координат точек в плоскости  $XU$ . Координаты (8, 5) говорят о том, что точка смещена от начала координат на 8 единиц в направлении оси  $X$  и на 5 единиц в направлении оси  $Y$ . Координаты (-4, 2) указывают на точку, находящуюся на расстоянии 4 единицы в противоположном направлении оси  $X$  и в 2 единицы в направлении оси  $Y$  от начала координат. На рис. 2.41, *б* показаны координаты точки (5<30), которые говорят о том, что точка смещена от начала координат на 5 единиц в направлении 30 градусов против часовой стрелки (если направление «против часовой стрелки» является положительным).

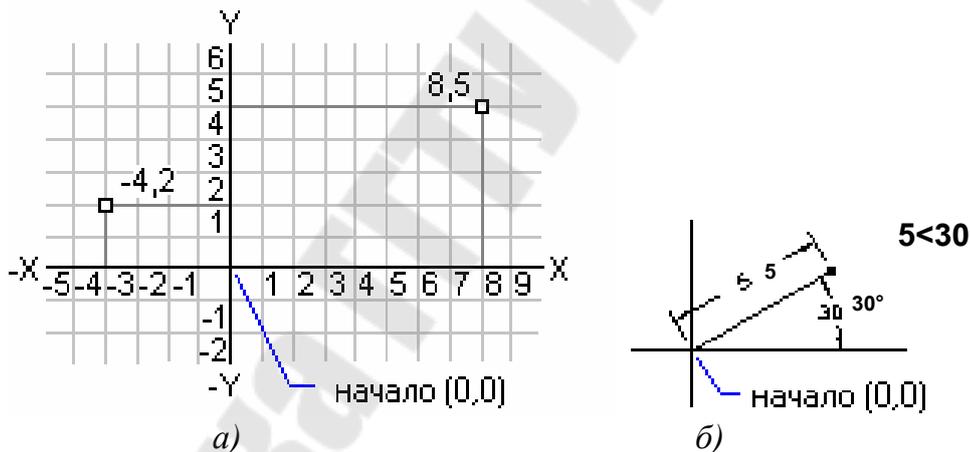


Рис. 2.41. Координаты точек в декартовой (*а*) и полярной (*б*) системах

В AutoCAD предусмотрена возможность задавать декартовы и полярные координаты в *абсолютной* или в *относительной* форме:

**абсолютные координаты** - отсчитываются от начала координат (0,0);

**относительные координаты** отсчитываются от последней указанной точки, (т.е. за начало координат принимается последняя указанная точка).

Для указания координат в относительной форме перед числовым значением указывается символ @. Например, @-4,2 для декартовой системы и @1<45 для полярной.

### 2.3.2. Способы задания координат

Задание координат может осуществляться следующими способами, использование каждого из которых обусловлено удобством в каждом конкретном случае:

- Интерактивный метод;
- Ввод координат с клавиатуры;
- Метод «направление-расстояние».

**Интерактивный метод** – задание координат осуществляется щелчком мыши в пространстве чертежа в ответ на запрос положения точки при выполнении какой-либо команды. Недостатком такого способа является недостаточная точность указания положения точки «на глаз» с помощью мыши на экране монитора. Устранить этот недостаток позволяет использование различных режимов *привязки курсора*, о чем будет говориться позже.

**Ввод координат с клавиатуры** – задание координат осуществляется в командной строке с клавиатуры. Он используется в случаях, когда необходимо точно указать координаты точки. При этом ввод координат должен выполняться с соблюдением правил нотации для декартовой и полярной систем с абсолютным или относительным отсчетом.

**Метод «направление-расстояние»** – задание координат осуществляется указанием с помощью курсора направления, в котором должна располагаться точка и ввода числового значения расстояния до нее от текущей точки.

### 2.3.3. Индикация координат

AutoCAD отображает текущие значения координат курсора в строке состояния (рис. 2.42). При этом координаты могут отображаться в четырех режимах:

- **Абсолютные прямоугольные статические координаты (Off)** – отображаются координаты последней введенной точки. При этом такая точка должна быть на чертеже, иначе данный формат недоступен, COORDS=0.
- **Абсолютные прямоугольные координаты (Absolute)** – отображается текущее положение курсора в настоящий момент времени, COORDS=1.
- **Относительные полярные координаты (Relative)** – отображаются текущие полярные координаты курсора относительно последней точки. При этом такая точка должна быть на чертеже, COORDS=2.

- **Географические координаты (Geographic)** – отображаются географические координаты, COORDS=3 (доступны для использования достаточно редко).



Рис. 2.42. Координаты курсора в строке состояния

Переключение режима отображения координат производится системной переменной **COORDS** (ее значения указаны в списке режимов), а также щелчком левой кнопки мыши по координатам в строке состояния, что приводит к переключению режима циклически в порядке очередности (то же выполняет комбинация клавиш Ctrl+I) или в контекстном меню, активированном щелчком правой кнопки мыши (рис. 2.43).

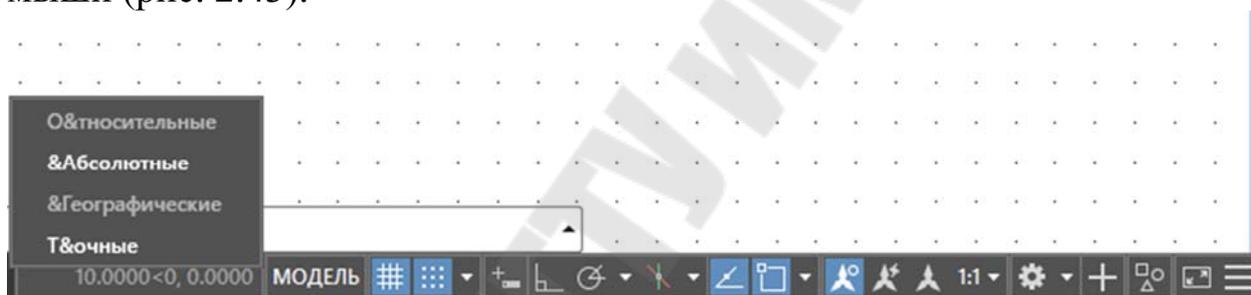


Рис. 2.43. Контекстное меню отображения координат

Еще один способ отслеживания координат для их ввода при выполнении команды – **динамическое отображение ввода**. При включении этого режим пользователь может видеть текущие координаты не только в строке состояния, но и в небольшом окошке, прикрепленном к курсору и перемещающемся вслед за ним (рис. 2.44).

Кроме того, по ходу построения отображается множество полезной вспомогательной информации (текущая длина отрезка или дуги, угол текущего направления относительно предыдущей заданной точки и др.).

Переключение активности режима **динамического отображения ввода** выполняется кнопкой  в строке состояния или нажатием клавиши «F12».

Еще один важный момент использования динамического отображения ввода, это возможность **ввода координат с помощью мыши** непосредственно в окне подсказки, а не в командной строке.

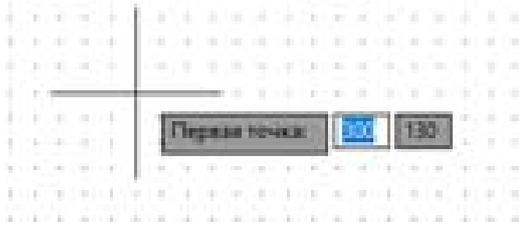


Рис. 2.44. Ввод координат с помощью мыши

Ввод значений координат или выбор параметров можно выполнить одним из следующих способов:

- введите значение координаты по оси  $X$ , запятую (,), а затем введите значение координаты по оси  $Y$  и нажмите клавишу ENTER;
- чтобы ввести полярные координаты, введите расстояние от первой точки и нажмите клавишу Tab, затем введите значение угла и нажмите клавишу ENTER;
- если после запроса следует значок стрелки вниз, нажимайте клавишу «СТРЕЛКА ВНИЗ», пока рядом с параметром не отобразится точка, после чего нажмите клавишу ENTER;
- чтобы использовать последние координаты, нажимайте клавишу «СТРЕЛКА ВВЕРХ» или щелкните правой кнопкой мыши и выберите пункт "Последний ввод" для выбора координат в контекстном меню.

Значением по умолчанию для второй и последующих точек являются относительные полярные координаты (относительная декартова координата для ПРЯМОУГОЛЬНИК). Знак @ не требуется вводить. Если требуется использовать абсолютные координаты, используйте префикс «решетка» (#).

Можно управлять форматом координат по умолчанию, а также настроить, когда отображается подсказка динамического ввода.

Настройка параметров динамического ввода выполняется в диалоговом окне «Режимы рисования» во вкладке «Динамический ввод», которое можно вызвать как контекстное меню, указав на кнопку динамического ввода в строке состояния или через главное меню **Сервис** → Режимы **рисования**. Работа с настройками будет рассмотрена далее.

## 2.4. Управление режимами рисования

Для удобства организации работы с чертежом, позиционирования курсора при вводе координат и их отслеживания в AutoCAD имеется множество команд, доступ к которым организован через диало-

говое окно «Режимы рисования», о котором говорилось при рассмотрении динамического ввода координат. Рассмотрим другие возможности этого диалогового окна более подробно.

Диалоговое окно «Режимы рисования» (рис. 2.45) доступно через главное меню **Сервис** → **Режимы рисования**, а также вызывается командой **РЕЖИМРИС**. Окно содержит 7 вкладок, регулирующих отдельные группы настроек режима рисования. Далее рассмотрим работу с некоторыми из вкладок.

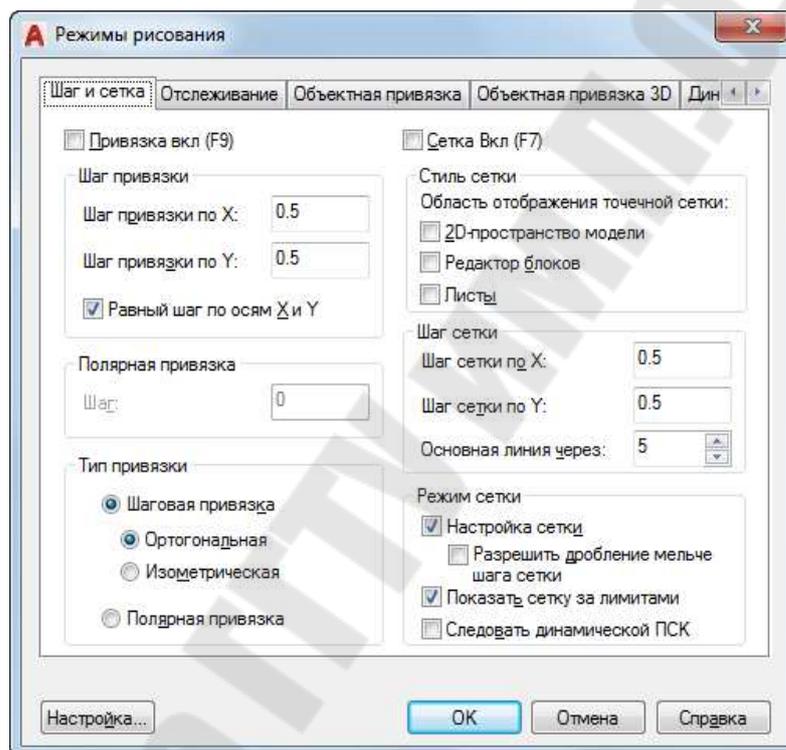


Рис. 2.45. Управляющее окно РЕЖИМЫ РИСОВАНИЯ

### 2.4.1. Шаг и сетка

Вкладка «Шаг и сетка» – вызывает группу управляющих элементов, отвечающих за шаговую привязку курсора и координатную сетку на чертеже.

*Шаговая привязка* обеспечивает дискретное (не плавное) перемещение курсора в рабочей области чертежа, что позволяет точно позиционировать курсор и отслеживать его координаты.

Координатная *Сетка* используется для удобства ориентации пользователя и наносится на рабочую область чертежа в виде ортогональных линий или точек пересечения этих линий на заданном расстоянии друг от друга в текущих единицах.

Рассмотрим элементы управления закладки «Шаг и сетка»:

**Привязка вкл.** – переключатель включает и отключает режим «Шаг». Режим шаговой привязки также можно включать и отключать с помощью кнопки «Режим привязки» в строке состояния, клавиши F9 или системной переменной SNAPMODE.

**Шаг привязки** – группа элементов управления невидимой сеткой, состоящей из прямоугольных ячеек шаговой привязки и по узлам которой возможно дискретное перемещение курсора заданным интервалом по оси X и Y. Пользователь должен указать величину *шага привязки по X* и величину *шага привязки по Y*. Переключатель **Равный интервал по X и Y** приводит величины интервалов шаговой привязки и шага сетки по осям X и Y к одному и тому же значению. Интервалы шаговой привязки могут отличаться от интервалов шага сетки.

**Полярная привязка** – управляет шаговым расстоянием полярной привязки, которое пользователь должен указать в поле **Шаг**. Эта регулировка доступна в случае, когда установлен полярный тип привязки (системная переменная POLARDIST). Нулевое значение указывает, что шаг полярной привязки равен интервалу шаговой привязки по X. Значение шага полярной привязки работает совместно с функциями полярного и/или объектного отслеживания. Если ни то, ни другое не включено, полярная привязка не действует.

**Тип привязки** – группа элементов управления стилем и типом привязки:

**Шаговая привязка** – установка шагового типа привязки. При задании точек перемещение курсора привязывается к горизонтальным и вертикальным точкам сетки двумя возможными стилями – ортогональным или изометрическим.

**Ортогональная** – задает стандартный режим ортогональной привязки. При шаговом типе и ортогональном стиле привязки курсор перемещается по узлам прямоугольной структуры.

**Изометрическая** – задает режим изометрической привязки. При шаговом типе и изометрическом стиле привязки курсор перемещается по узлам изометрической структуры.

**Полярная привязка** – установка полярного типа привязки. При полярном типе привязки и включенном полярном отслеживании движение курсора может происходить по воображаемым линиям, проведенным от базовой точки отслеживания под углами, заданными на вкладке «Отслеживание».

**Сетка вкл.** – переключатель включает и отключает режим «Сетка».

Режим сетки также можно включать и отключать с помощью кнопки «Сетка» в строке состояния, клавиши F7 или системной переменной GRIDMODE.

**Стиль сетки** – группа элементов управления стилем сетки, в двумерном контексте. Пользователь должен выставить состояние следующих переключателей:

- **2D-пространство модели** – задание точечной сетки в качестве стиля сетки для двумерного пространства модели.
- **Редактор блоков** – задание точечной сетки в качестве стиля сетки для редактора блоков.
- **Листы** – задание точечной сетки в качестве стиля сетки для листа.

**Шаг сетки** – группа элементов управления отображением сетки, облегчающей визуальное восприятие расстояний. Пользователь должен указать:

- **Интервал сетки по X** – задает величину шага сетки в направлении оси X. Нулевое значение указывает, что шаг сетки равен шагу привязки.
- **Интервал сетки по Y** – задает величину шага сетки в направлении оси Y. Нулевое значение указывает, что шаг сетки равен шагу привязки.
- **Осевая линия через** – задает частоту показа главных линий сетки по сравнению с второстепенными.

**Режим сетки** – группа элементов управления стилем отображения сетки в двумерной плоскости рабочего пространства чертежа и содержит следующие переключатели:

- **Настройка сетки** – ограничивает предельную плотность ячеек сетки при уменьшении масштаба.
- **Разрешить дробление мельче шага сетки** – при укрупнении масштаба формирует дополнительные линии сетки с уменьшенным интервалом расположения. Частоту отображения этих дополнительных линий определяет опция частоты показа главных линий сетки. (Системные переменные GRIDDISPLAY и GRIDMAJOR).
- **Показать сетку за лимитами** – отображает сетку за лимитной областью чертежа, заданной командой ЛИМИТЫ. (Системная переменная GRIDDISPLAY)

- **Следовать динамической ПСК** – приводит плоскость сетки в соответствие с плоскостью XY динамической ПСК. (Системная переменная GRIDDISPLAY)

Аналогичные настройки шаговой привязки курсора и координатной сетки можно выполнить с помощью команд **ШАГ** (рис. 2.46) и **СЕТКА** в командной строке (рис. 2.47).



Рис. 2.46. Команда ШАГ

Команда **ШАГ** просит указать числовое значение шага дискретизации перемещения курсора или выбрать одну из следующих опций:

**Вкл/Откл** – включение/отключение шага;

**Аспект** – позволяет задать шаг перемещения курсора различным по осям X, Y;

**Legacy** – устанавливает поведение курсора как в ранних версиях AutoCAD:

**Да** – курсор всегда привязывается к сетке шаговой привязки независимо от того, выполняется какая-либо команда или нет;

**Нет** – курсор привязывается к сетке шаговой привязки, только когда выполняется команда;

**Стил** – задает стандартный или изометрический шаг, при котором положения привязки изначально располагаются под углами 30 и 150 градусов.

**Тип** – задает тип привязки – *полярная* (задается шаг для полярных углов) или *прямоугольная* сетка (курсор привязывается к горизонтальным и вертикальным точкам сетки).

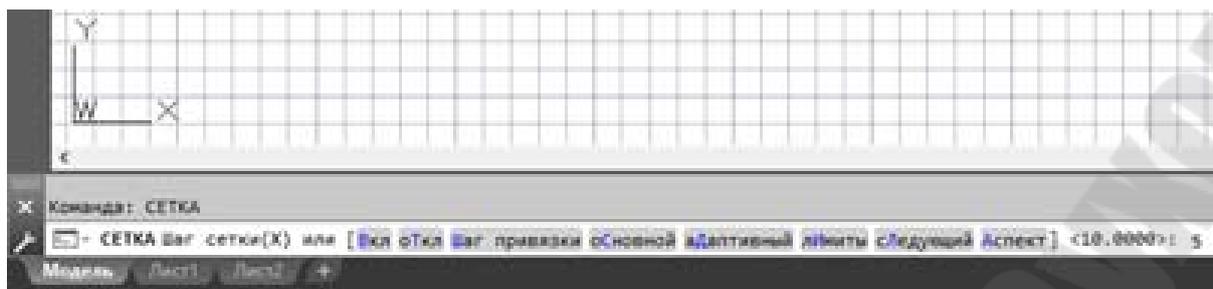


Рис. 2.47. Команда СЕТКА

Команда **СЕТКА** просит указать числовое значение шага сети или выбрать одну из следующих опций:

**Вкл/откл** – включение/отключение сетки на экране;

**Шаг привязки** – задает шаг сетки равным шагу перемещения курсора;

**Основной** – задает количество делений основной сетки

**Адаптивный** – включение/отключение адаптивного поведения

**Лимиты** – заполнение сеткой рабочего пространства в пределах лимитов чертежа [Да/Нет]

**Следующий** – придерживаться динамической ПСК [Да/Нет]

**Аспект** – установка шага сетки с различным значением по осям X, Y.

### 1.7.2. Слежение

Вкладка «Отслеживание» – вызывает группу управляющих элементов, обеспечивающих отслеживание опорных полярных углов, что позволяет перемещать курсор в различных направлениях и фиксировать его при приближении к опорному углу в точке, точно расположенной в опорном направлении. При этом обнаруженная точка для фиксации курсора в опорном направлении помечается маркером (рис. 2.48).

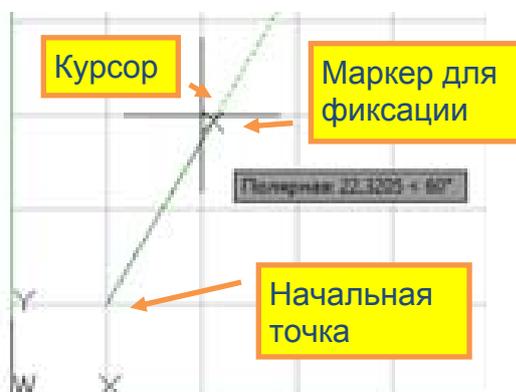


Рис. 2.48. Отслеживание полярных углов

Диалоговое окно вкладки «Отслеживание» (рис. 2.49) открывается при переключении на соответствующую вкладку.

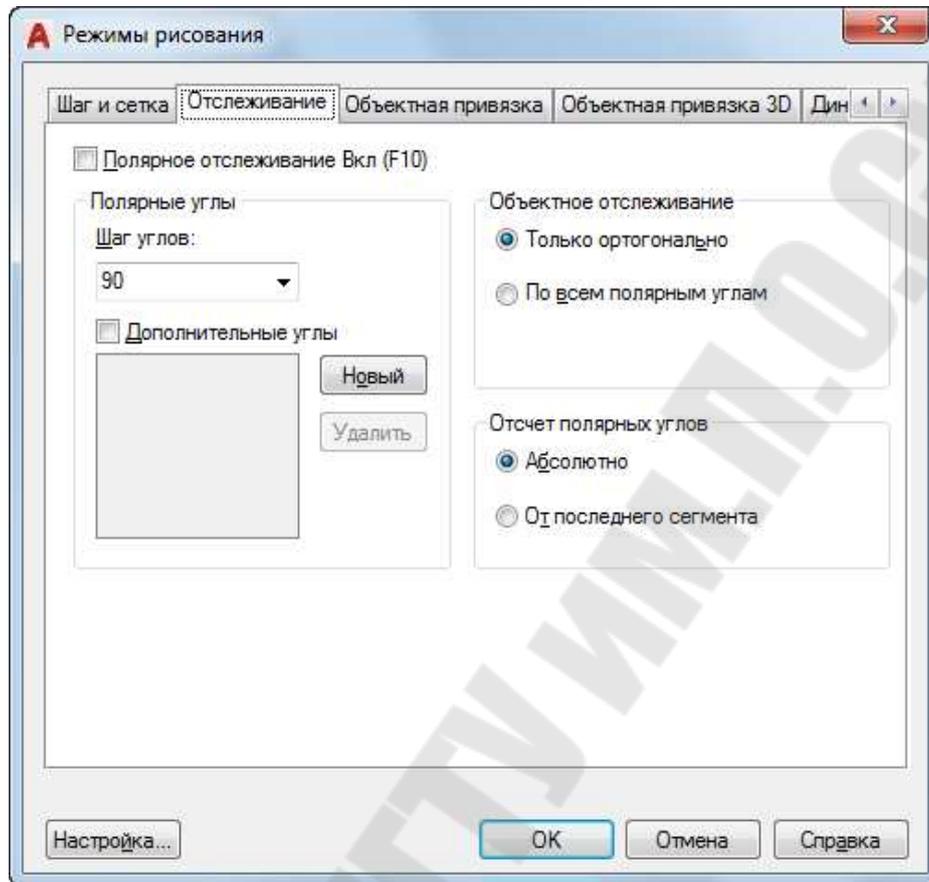


Рис. 2.49. Диалоговое окно вкладки «Отслеживание»

Диалоговое окно содержит следующие управляющие элементы:

**Полярное отслеживание** – включает или выключает режим ограничения перемещения курсора указанными полярными углами. (системная переменная AUTOSNAP)

**Полярные углы** – задание углов выравнивания линий полярного отслеживания. (системная переменная POLARANG). В выпадающем списке **Шаг углов** задается шаг приращения (дискретизации) углов, используемых для генерации линий полярного отслеживания. Можно ввести любое значение угла или выбрать из списка значение угла 90, 45, 30, 22.5, 18, 15, 10 или 5 градусов.

**Дополнительные углы** – здесь можно задать дополнительные значения углов полярного отслеживания нажатием кнопки «Новый» (до 10 значений). Дополнительные углы задаются абсолютным значением, а не как приращение. При необходимости их можно удалить одноименной кнопкой

**Объектное отслеживание** – управление объектным отслеживанием:

- **Только ортогонально** – в процессе объектной привязки линии отслеживания рисуются только в ортогональных направлениях (т. е. горизонтально и вертикально).
- **По всем полярным углам** – применение параметров полярного отслеживания к объектному отслеживанию. При использовании полярного отслеживания перемещение курсора происходит от точки объектной привязки под углами выравнивания.

**Отсчет полярных углов** – задание исходного направления, от которого отсчитываются углы линий отслеживания:

- **Абсолютно** – от нулевого направления текущей ПСК.
- **От последнего сегмента** – от направления, определяемого последним построенным сегментом.

### 2.4.3. Объектная привязка

**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 некоторых характерных точек приведены на рис. 2.50.



Рис. 2.50. Характерные точки объектной привязки

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

Настройка режима привязки осуществляется в диалоговом окне вкладки «**Объектная привязка**» (рис. 2.51) с помощью следующих переключателей:

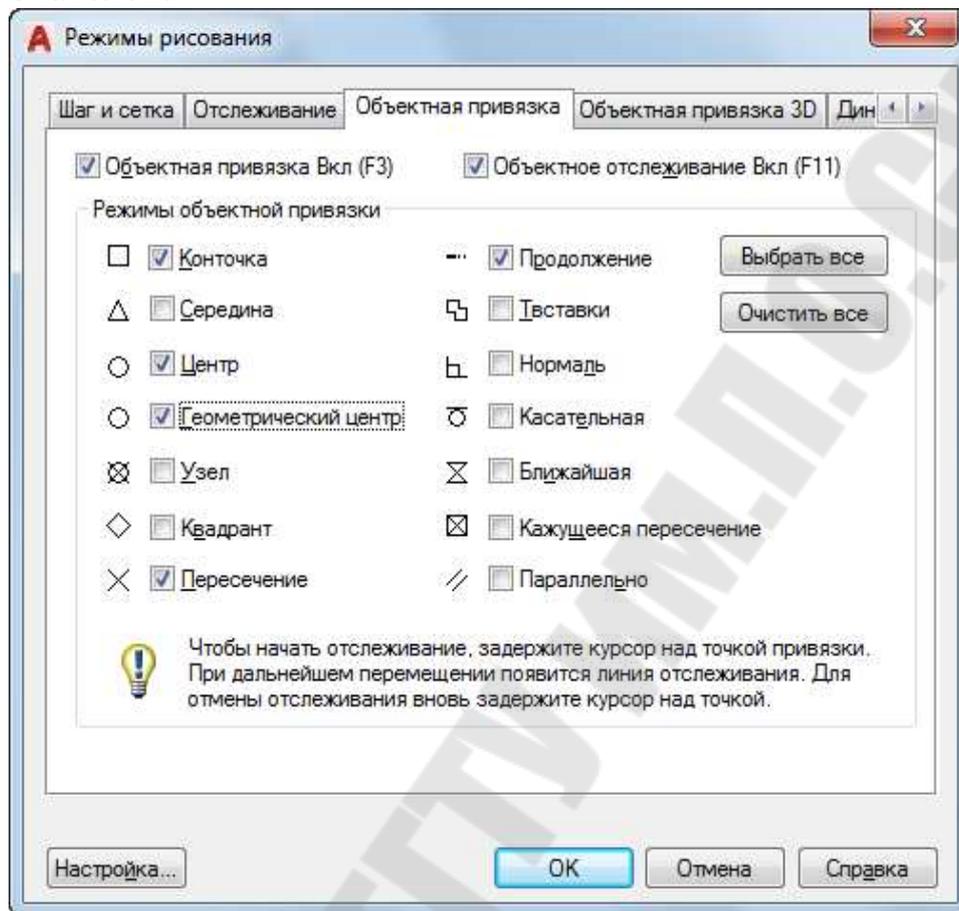
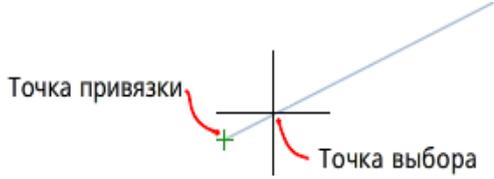
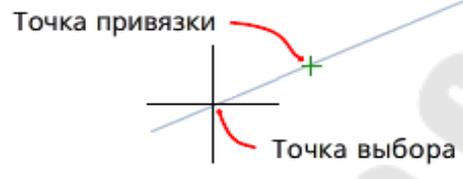
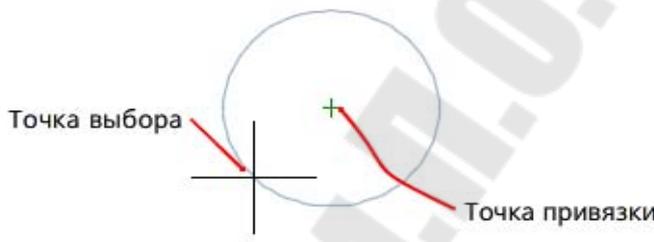
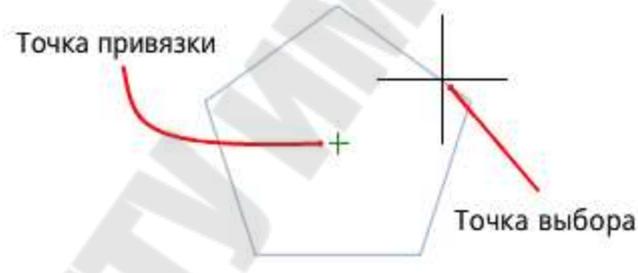
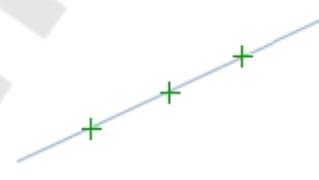
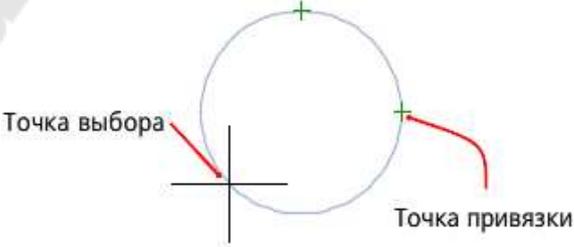
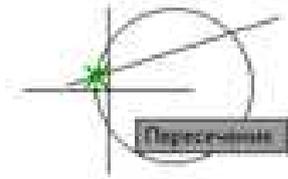


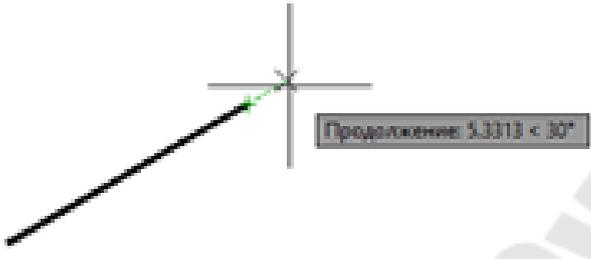
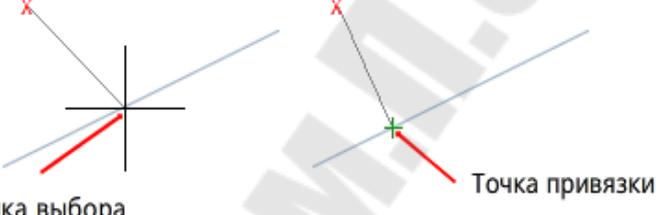
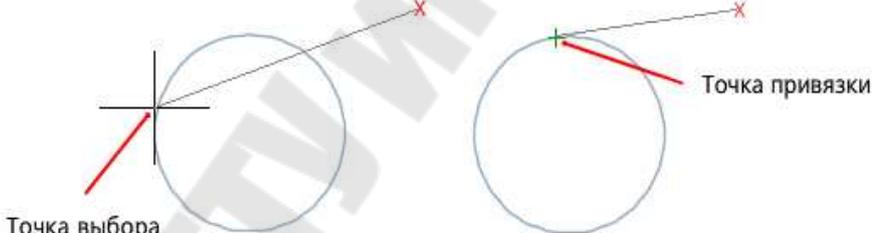
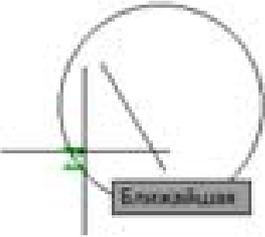
Рис. 2.51. Настройка режимов объектной привязки

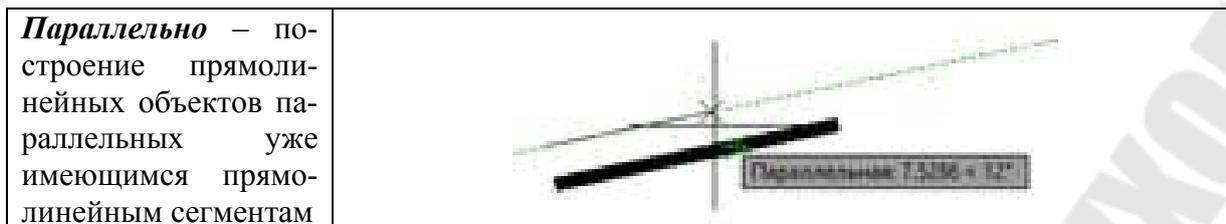
**Объектная привязка Вкл** – включение/отключение всех указанных режимов объектной привязки (системная переменная OSMODE).

**Объектное отслеживание вкл** - в режиме отслеживания объектных привязок при задании точек в командной строке курсор будет перемещаться вдоль путей выравнивания в соответствии с текущими режимами объектной привязки. (системная переменная AUTOSNAP)

Группа переключателей *Режимы объектной привязки* позволяет выбрать опорные точки, которые должны отслеживаться для привязки:

<p><b>Конточка</b> - привязка к ближайшей конечной точке или углу геометрического объекта</p>	
<p><b>Середина</b> - привязка к средней точке геометрического объекта</p>	
<p><b>Центр</b> - привязка к центру дуги, эллиптической дуги, эллипса или круга</p>	
<p><b>Геометрический центр</b> - привязка к центру масс замкнутых полилиний и сплайнов</p>	
<p><b>Узел</b> - привязка к объекту-точке, определяющей точку размера или начальной точке размерного текста</p>	
<p><b>Квadrant</b> - привязка к точке квадранта дуги, эллиптической дуги, эллипса или круга</p>	
<p><b>Пересечение</b> - привязка к пересечению геометрических объектов</p>	

<p><b>Продолжение</b> - создание временной вспомогательной линии, являющейся продолжением объекта, над конечной точкой которого проходит курсор</p>	
<p><b>Вставка</b> - привязка к точке вставки объекта, такого как текст, блок или атрибут</p>	
<p><b>Нормаль</b> - привязка к точке перпендикулярно выбранному геометрическому объекту</p>	
<p><b>Касательная</b> - привязка к месту пересечения касательной с дугой, окружностью, эллипсом, эллиптической дугой, дугой полилинии или сплайном</p>	
<p><b>Ближайшая</b> - привязка к ближайшей точке объекта, например дуги, окружности, эллипса, эллиптической дуги, отрезка, объекта-точки, полилинии, луча, сплайна или прямой</p>	
<p><b>Кажущееся пересечение</b> - привязка осуществляется к точке воображаемого пересечения объектов при продолжении их исходных траекторий</p>	



Кнопки **Выбрать все** и **Очистить все** позволяют включить или отключить все режимы объектной привязки.

Любой из методов объектной привязки может быть вызван отдельно (без учета настроек в диалоговом окне «Режимы рисования»), но только в процессе построения объекта и только один раз до первого щелчка мыши. Установка отдельного метода привязки в процессе выполнения построения объекта может быть выполнена из контекстного меню в пункте «Переопределение привязок» (вызывается щелчком правой кнопкой мыши) либо вызовом меню объектной привязки щелчком правой кнопкой мыши с нажатой клавишей «Shift» (рис.2.52).

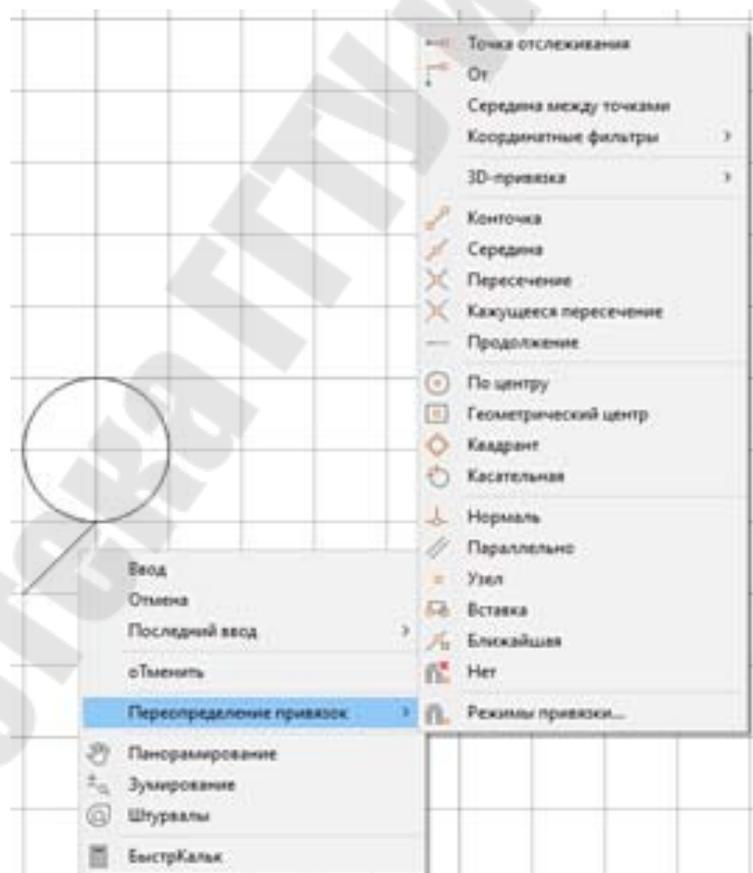


Рис. 2.52. Вызов меню выбора метода привязки из контекстного меню

#### 2.4.4. Объектная привязка 3D

Вкладка «3D объектная привязка» (диалоговое окно «Режимы рисования») осуществляет управление параметрами текущей объектной привязки для 3D-объектов и элементов облака точек (рис. 2.53). Организация управляющих переключателей аналогично настройкам вкладки «Объектная привязка», но с учетом специфики 3D-графики.

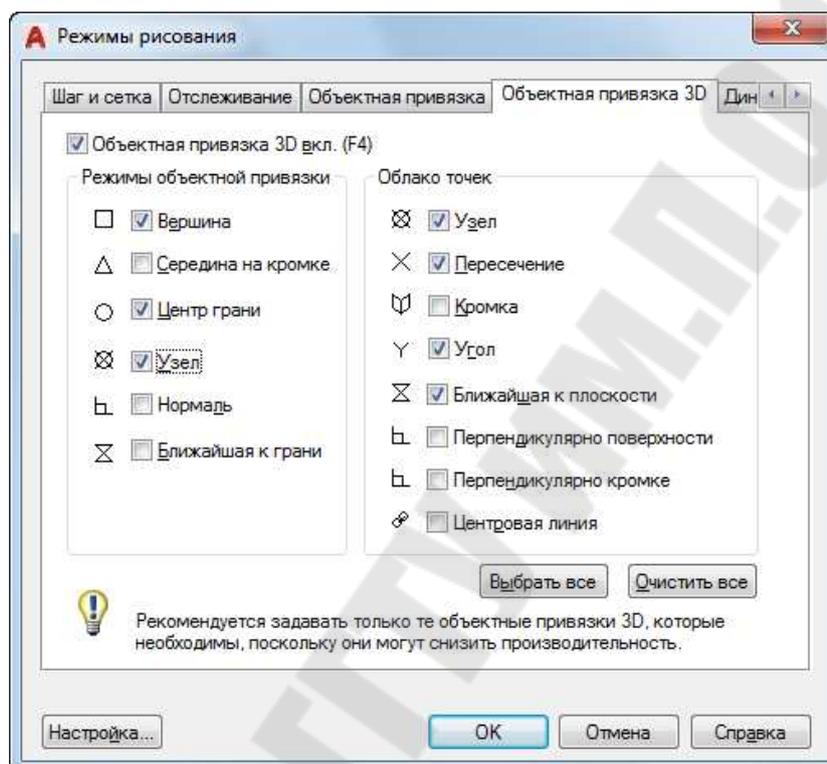


Рис. 2.53. Настройка режимов объектной привязки 3D

#### 2.4.5. Динамический ввод

Как указывалось выше, **динамическое отображение ввода координат** позволяет отслеживать положение курсора и вводить координаты непосредственно в подсказке ввода рядом с курсором.

Диалоговое окно вкладки «Динамический ввод» (рис. 2.54) управляет следующими параметрами динамического ввода:

**Включить ввод с помощью мыши** – если одновременно включены ввод с помощью мыши и динамический ввода, динамический ввод имеет более высокий приоритет. (системная переменная DYNMODE).

**Ввод с помощью мыши** – положение курсоров в форме перекрестия отображается в виде значений координат в подсказке возле курсора. В ответ на запросы ввода координат их значения можно вводить в окне подсказки, а не в командной строке. Кнопка **Настройка** в

диалоговом окне «Параметры ввода с помощью мыши» переключает формат координат *полярный/декартовый* и *абсолютный/относительный*, а также управляет видимостью подсказок.

Область предварительного просмотра – отображает пример ввода с помощью мыши.

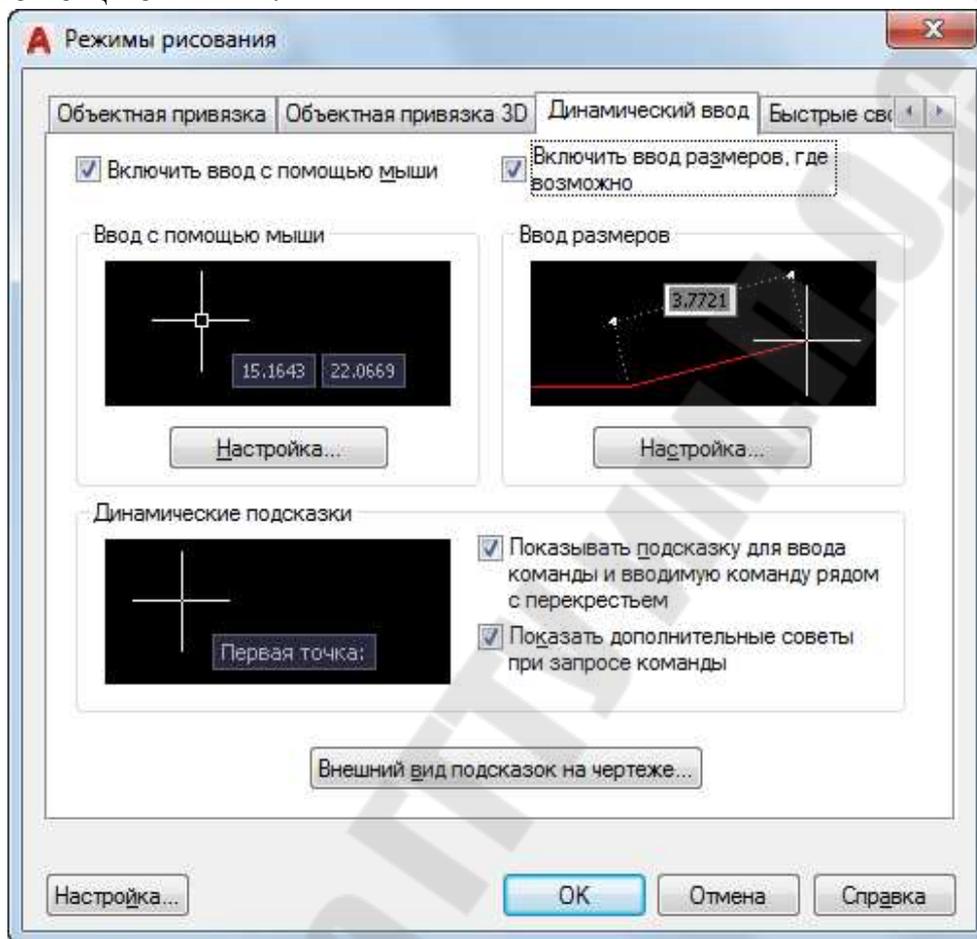


Рис. 2.54. Диалоговое окно управления динамическим вводом координат

**Включить ввод размеров** – включает динамический ввод подсказок, отображаемых при растягивании ручек (маркеров опорных точек). В ответ на запрос второй точки или расстояния в подсказке выводятся линейные и угловые значения, которые изменяются по мере перемещения курсора. Значения можно вводить в окне подсказки, а не в командной строке. Кнопка **Настройка** в диалоговом окне «Параметры ввода размеров» активизирует диалоговое окно управления видимостью и количеством полей для ввода размеров, а также видами этих размеров.

**Динамические подсказки** – управляет видимостью подсказок в контекстном окне около курсора, необходимых для завершения выполнения команды. Значения можно вводить в окне подсказки, а не в командной строке.

**Внешний вид подсказок на чертеже** – вызывает диалоговое окно «Внешний вид подсказок», в котором можно регулировать размеры подсказок, их цветовую подсветку и уровень прозрачности.

#### 2.4.6. Быстрые свойства

Палитра «Быстрые свойства» позволяет пользователю оперативно управлять свойствами выбранного для редактирования объекта (рис.2.55).

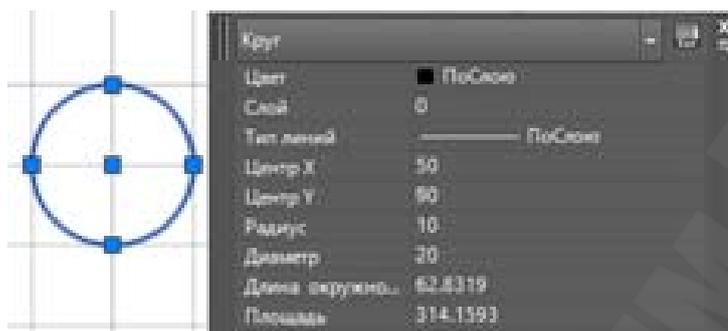


Рис. 2.55. Палитра «Быстрые свойства»

Настройка работы самой палитры выполняется с помощью диалогового окна вкладки «Быстрые свойства» (рис. 2.56).

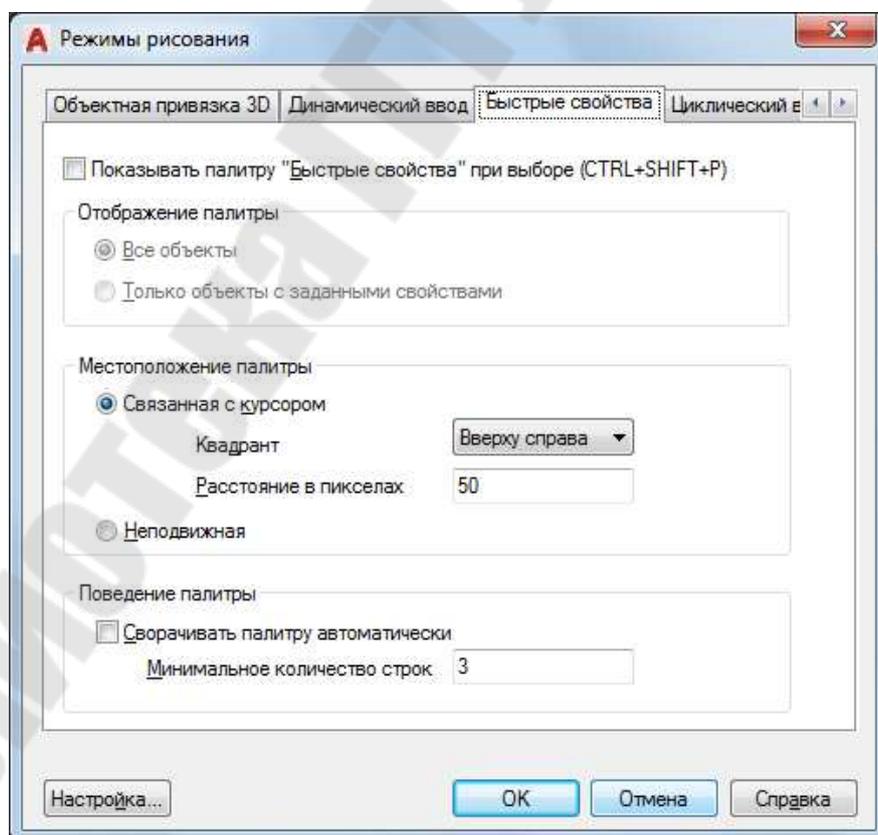


Рис. 2.56. Диалоговое окно управления палитрой «Быстрые свойства»

Диалоговое окно вкладки «Быстрые свойства» управляет следующими параметрами:

**Показывать палитру «Быстрые свойства»** – включает отображение палитры «Быстрые свойства» при выборе объектов в зависимости от типа объекта.

**Отображение палитры** – задание параметров отображения палитры быстрых свойств:

***Все объекты*** – для любых выбранных объектов, а не только для типов объектов, указанных в редакторе адаптации интерфейса пользователя для отображения свойств.

***Только объекты с указанными свойствами*** – только для типов объектов, определенных в редакторе адаптации пользовательского интерфейса для отображения свойств.

**Местоположение палитры** – группа настроек места отображения палитры «Быстрые свойства»:

***Связанная с курсором*** - палитра отображается относительно курсора:

- ***Квадрант*** – указывает, какой из четырех квадрантов находится относительно курсора для отображения палитры относительно положения курсора. По умолчанию задается положение над курсором и справа от него.
- ***Расстояние в пикселах*** – задание расстояния в пикселах от курсора до места отображения палитры «Быстрые свойства». Можно указать целочисленные значения от 0 до 400.

***Неподвижная*** – отображение палитры «Быстрые свойства» в определенном местоположении.

**Поведение палитры** – задание поведения палитры «Быстрые свойства»:

***Сворачивать палитру автоматически*** – включение режима разворота/свертки палитры при наведении/уводе курсора на/с нее.

***Минимальное количество строк*** – задание количества свойств (от 1 до 30), отображающихся в палитре «Быстрые свойства», когда она свернута.

## **2.5. Управление изображением на экране**

При выполнении чертежей, рисунков или схем из-за ограниченного пространства экрана монитора возникает необходимость управления изображением на экране: **масштабирования** или **панаромирования** (смещения фрагмента на экране без изменения масштаба).

### 2.5.1. Масштабирование чертежа на экране

**Масштабирование** чертежа подразумевает увеличение или уменьшение вида чертежа на экране. Еще эта операция называется **зумированием**.

Выполнить масштабирование чертежа можно одним из четырех способов:

- Выбрав в строке меню **Вид (View) → Зумирование (Zoom)** и далее выбрав один из возможных способов зумирования;
- Щелкнуть мышкой по кнопке  «Показать» на панели инструментов «Стандартная» или на панели навигации.
- Выбрав в контекстном меню пункт **Зумирование**;
- Введя в командную строку команду **ПОКАЗАТЬ**;

Первые три способа предлагают альтернативные способы запуска команды **ПОКАЗАТЬ** не из командной строки.

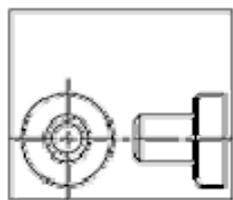
Команда **ПОКАЗАТЬ** управляет масштабом чертежа в видовом экране путем изменения коэффициента экранного увеличения. Она не изменяет абсолютные размеры объектов на чертеже, а изменяет только вид этих объектов.



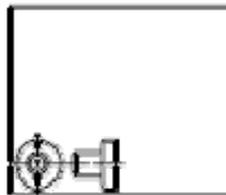
Рис. 2.57. Команда ПОКАЗАТЬ

Команда **ПОКАЗАТЬ** предлагает (рис. 2.57) различные способы управления зумированием чертежа, которые доступны через следующие опции:

**Все** – изменение масштаба изображения для отображения всех видимых объектов и области рабочего пространства, ограниченной командой **ЛИМИТЫ**. Если объекты размещены в пределах лимитов, то на экране отображается вся лимитированная область чертежа, а если объекты выходят за лимитную область, то отображается рабочая область и за пределами лимитов для отображения этих объектов.



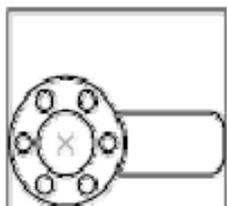
до ПОКАЗАТЬ Все



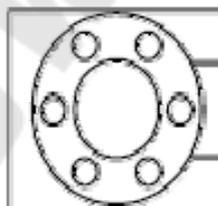
после ПОКАЗАТЬ Все

## Центр

– зумирование путем указания точки на чертеже, которая должна быть размещена в центре экрана и коэффициента увеличения или высоты. Задание небольшого значения высоты приводит к увеличению изображения. Задание большего значения приводит к уменьшению изображения. При запросе коэффициента увеличения AutoCAD по умолчанию предлагает некоторое число, соотношение с которым и будет определять коэффициент масштабирования. Если это значение не изменять, то масштаб будет 1:1, если указать значение в два раза меньше, то масштаб будет 2:1, если значение в два раза больше, то масштаб будет 1:2.



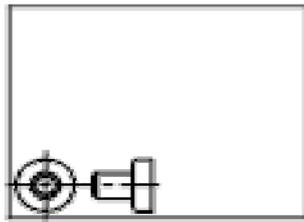
до ПОКАЗАТЬ Центр



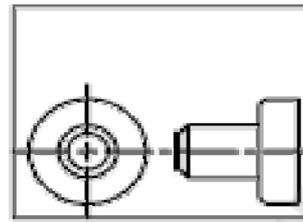
после ПОКАЗАТЬ  
Центр, с увеличением

## 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. Для изменения размера рамки необходимо щелкнуть на ней мышью, изменить размер и снова щелкнуть для принятия нового размера. Перемещение рамки в требуемое местоположение выполняется мышью и фиксируется нажатием клавишей Enter.



до ПОКАЗАТЬ Границы



после ПОКАЗАТЬ  
Границы

**Границы** – автоматическое масштабирование изображения для отображения всех объектов в рабочей области экрана независимо от лимитов чертежа.

**Предыдущий** – возврат к предыдущему виду зумирования. Можно восстановить до 10 предыдущих видов.

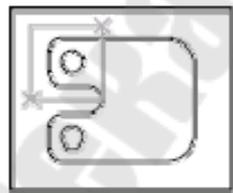
**Масштаб (nх/nхЛ)** – масштабирование отображения чертежа с коэффициентом  $n$  абсолютно (X) или относительно текущего (ХЛ) отображения, например:

**2х** - каждый объект будет выведен на экран с размером вдвое больше, чем его текущий размер;

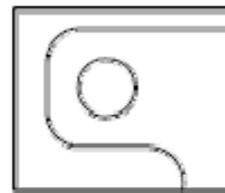
**2хл** - каждый объект будет выведен на экран с размером вдвое больше, чем его размер в единицах чертежа;

**2** - каждый объект будет выведен на экран с размером вдвое больше, чем его размер выглядел бы в лимитах чертежа;

**Рамка** – вывод части рисунка, ограниченной прямоугольной рамкой, во весь экран. Пользователь должен указать первый и противоположный угол рамки.



до ПОКАЗАТЬ Рамка



после ПОКАЗАТЬ  
Рамка

**Реальное время** – интерактивное зумирование чертежа на видовом экране пропорционально перемещению мыши вверх (увеличение) или вниз (уменьшение) при нажатой левой кнопке или прокруткой колесика мыши.

**Объект** – максимальное увеличение одного или нескольких выбранных объектов с размещением в центре области рисования.

### 2.5.2. Панорамирование чертежа на экране

**Панорамирование** чертежа подразумевает его смещение в любом направлении на экране без изменения масштаба для доступа к области чертежа, выходящей за пределы рабочего пространства модели и не поместившейся в данный момент на экране.

Выполнить панорамирование чертежа можно одним из четырех способов:

- Выбрав в строке меню **Вид** → **Панорамировать** и далее выбрав один из возможных способов панорамирования;
- Щелкнуть мышкой по кнопке  «Пан» на панели инструментов «Стандартная» или на панели навигации.
- Выбрав в контекстном меню пункт **Панорамирование**;
- Введя в командную строку команду **ПАН**.

После активизации команды **Пан (Pan)** курсор примет вид «ладони», с помощью которой можно передвигать чертеж, удерживая нажатой левую кнопку мыши при буксировке, и отпустить ее для фиксации чертежа на экране. Для окончания работы с командой **Пан** нужно нажать клавишу **Enter** или **Esc**.

### 2.5.3. Использование полос прокрутки

Прокрутку содержимого чертежа в рабочем пространстве AutoCAD можно выполнять широко используемым способом для оконного интерфейса с помощью полос прокрутки. Наличие полос прокрутки в рабочем окне управляется параметрами настройки в диалоговом окне «Параметры» вкладки «Экран», которое доступно из меню **Сервис** → **Настройки**. Для отображения полос прокрутки нужно выставить флажок «Показывать полосы прокрутки в окне чертежа» в активное состояние (рис. 2.58).

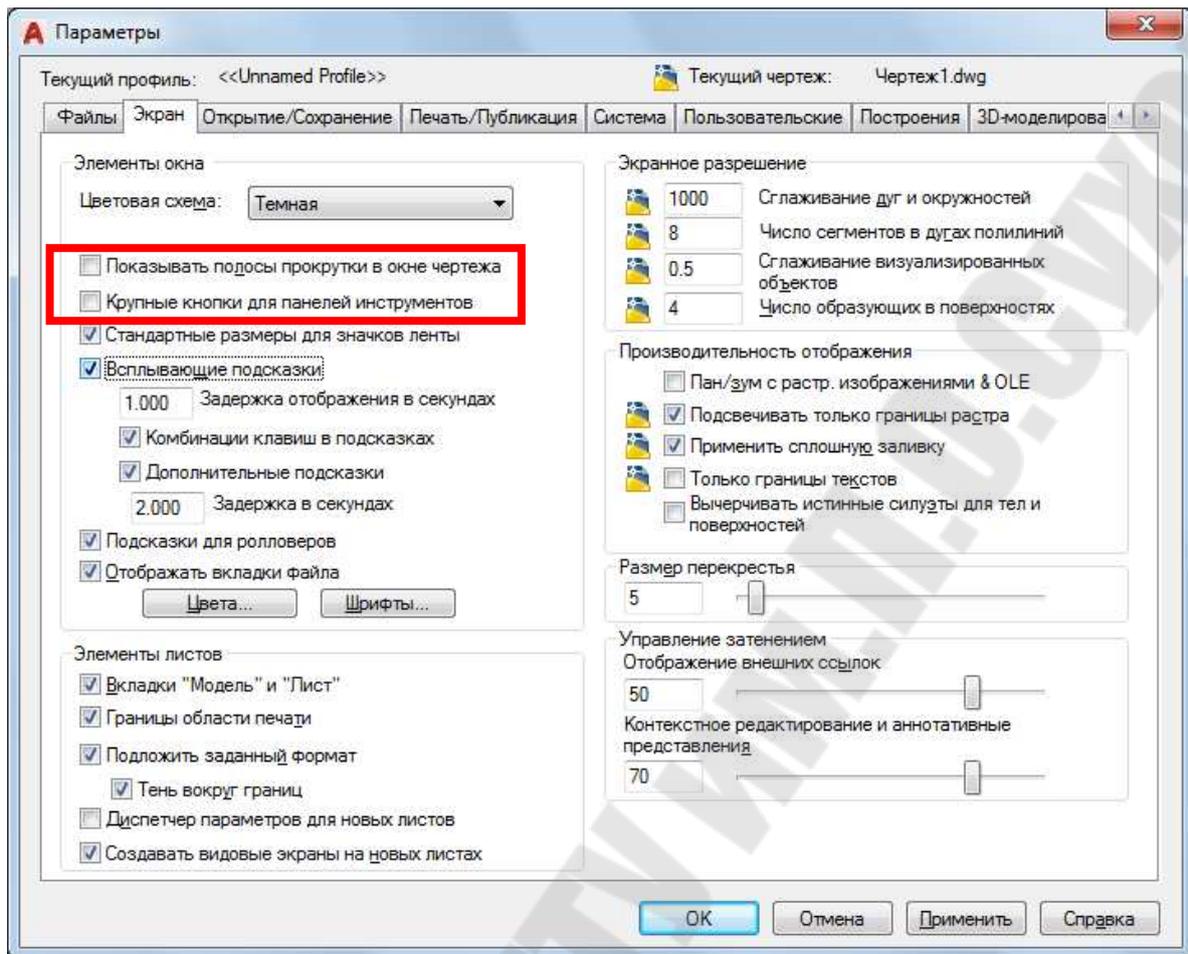


Рис. 2.58. Управление видимостью полос прокрутки окна рабочего пространства

#### 2.5.4. Использование видовых экранов

Графическую зону рабочей области AutoCAD (пространства модели) можно разделить на несколько независимых областей – **видовых экранов**. В каждой из этих областей можно управлять видом чертежа, выполнять построения и их редактирование, отображать чертеж или его фрагменты в различных масштабах.

Изначально AutoCAD использует один видовой экран, который занимает все рабочее пространство. Чтобы его разделить на несколько видовых экранов, нужно из меню **Вид** → **Видовые экраны** вызвать диалоговое окно «**Видовые экраны**» (рис. 2.59). То же самое можно

сделать кнопкой  с вкладки «Вид» ленты инструментов или командой **ВЭКРАН**.

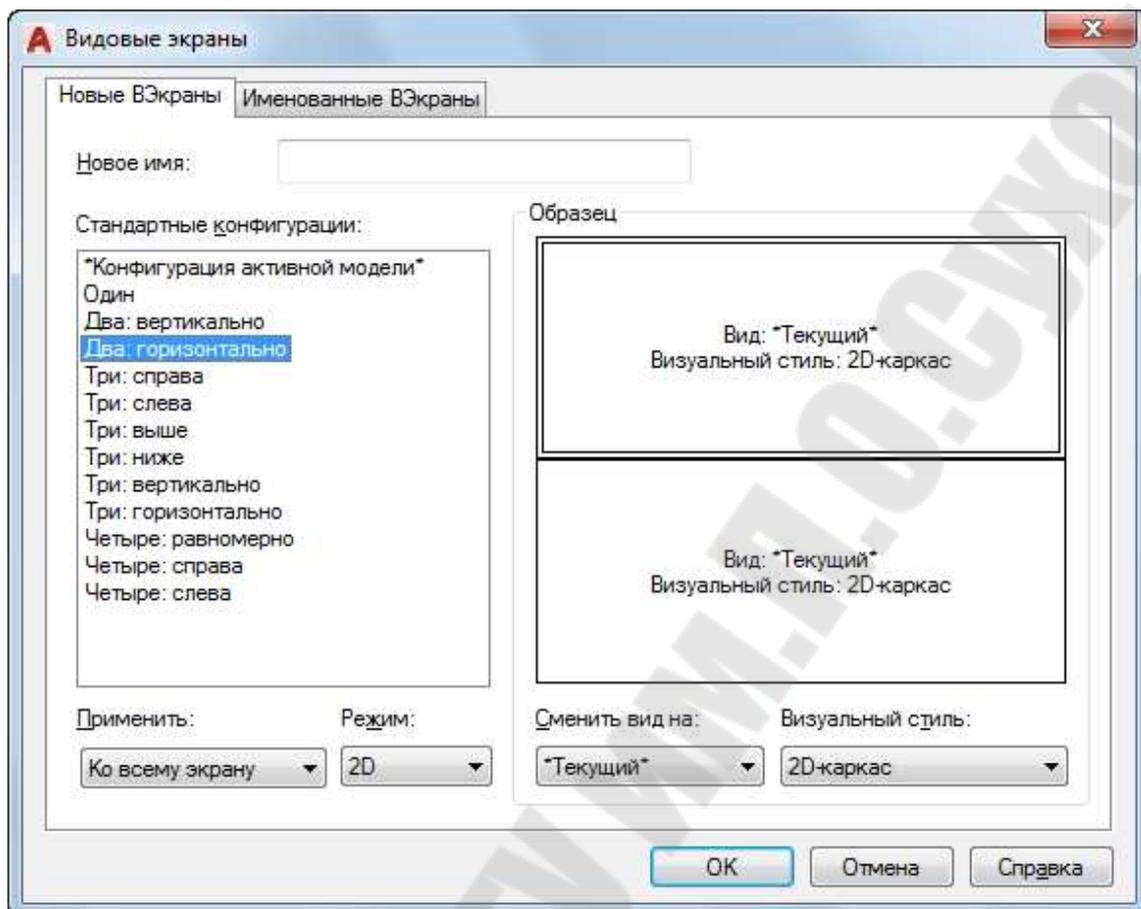


Рис. 2.59. Диалоговое окно управления видовыми экранами

Диалоговое окно «Видовые экраны» содержит вкладки для видовых экранов в пространстве модели: «Новые ВЭкраны» и «Именованные ВЭкраны».

Диалоговое окно вкладки «Новые ВЭкраны» управляет следующими параметрами:

**Новое имя** – имя новой конфигурации видовых экранов в пространстве модели. Если имя не вводится, конфигурация видовых экранов применяется, но не сохраняется, и ее нельзя использовать в пространстве листа.

**Стандартные конфигурации** – список стандартных конфигураций видовых экранов, включая конфигурацию «ТЕКУЩАЯ», компоновку каждой из которых можно предварительно просмотреть в окне «Образец».

**Применить** – применение конфигурации видовых экранов ко всей области рисования («Экран») или только к текущему видовому экрану («Текущий ВЭкран»).

**Режим** – выбор 2D- или 3D-режима.

**Сменить вид на** – список возможных видов для создаваемых видовых экранов. В списке выводятся имеющиеся в чертеже **именованные виды**, а если установлен 3D-режим, то еще и стандартные виды модели. Для смены вида на каком-либо видовом экране нужно выделить его в группе «Образец» и выбрать нужный вид из списка.

**Визуальный стиль** – визуальный стиль, применяемый к видовому экрану, выбирается из списка доступных визуальных стилей.

Вкладка «Именованные ВЭкраны» содержит список имен и отображает текущую выделенную конфигурацию видовых экранов.

При работе с видовыми экранами пространства модели нужно учитывать следующее:

- Чертить и редактировать можно только в одном активном видовом экране, при этом все вносимые изменения автоматически отображаются во всех других.
- Активным может быть только один видовой экран.
- Сделать активным любой видовой экран можно, щелкнув в его области кнопкой мыши.
- При выполнении команд можно переходить из одного видового экрана в другой без прерывания ее работы.

### **1.8. Управление выводом на печать**

После завершения компоновки (полной или частичной) чертеж из электронного формата переносится на бумажный носитель. В AutoCAD предусмотрены два рабочих пространства: **Модель** и **Лист**, переход между которыми осуществляется с помощью корешков-закладок, расположенных под графической зоной чертежа (рис. 2.2).

Процесс черчения осуществляется в пространстве **Модели**, а пространство **Листа** используется лишь для компоновки чертежа перед выводом на печать. Компоновочных листов по умолчанию предлагается два, но может быть и больше.

На различных компоновочных листах можно выполнить различные компоновки чертежа и его фрагментов. Печать обычных двухмерных чертежей обычно осуществляется из пространства **Модели**. Печать из пространства **Листа** применяется в том случае, если нужно скомпоновать или перекомпоновать чертеж при распечатке.

Выполнить вывод чертежа на печать можно одним из следующих способов:

- Выбрав в строке меню **Файл** → **Печать** или после нажатия на кнопку «А»;

- Щелкнуть мышкой по кнопке  «Печать» на панели быстрого доступа или панели инструментов «Стандартная».
- Введя в командную строку команду ПЕЧАТЬ (\_PLOT).

В результате появляется диалоговое окно «Печать» (рис. 2.60) для управления и настройкой режимов печати.

С помощью этого диалогового окна можно вывести рисунок на плоттер предварительно задав *область черчения, масштаб, поворот чертежа и положение бумаги.*

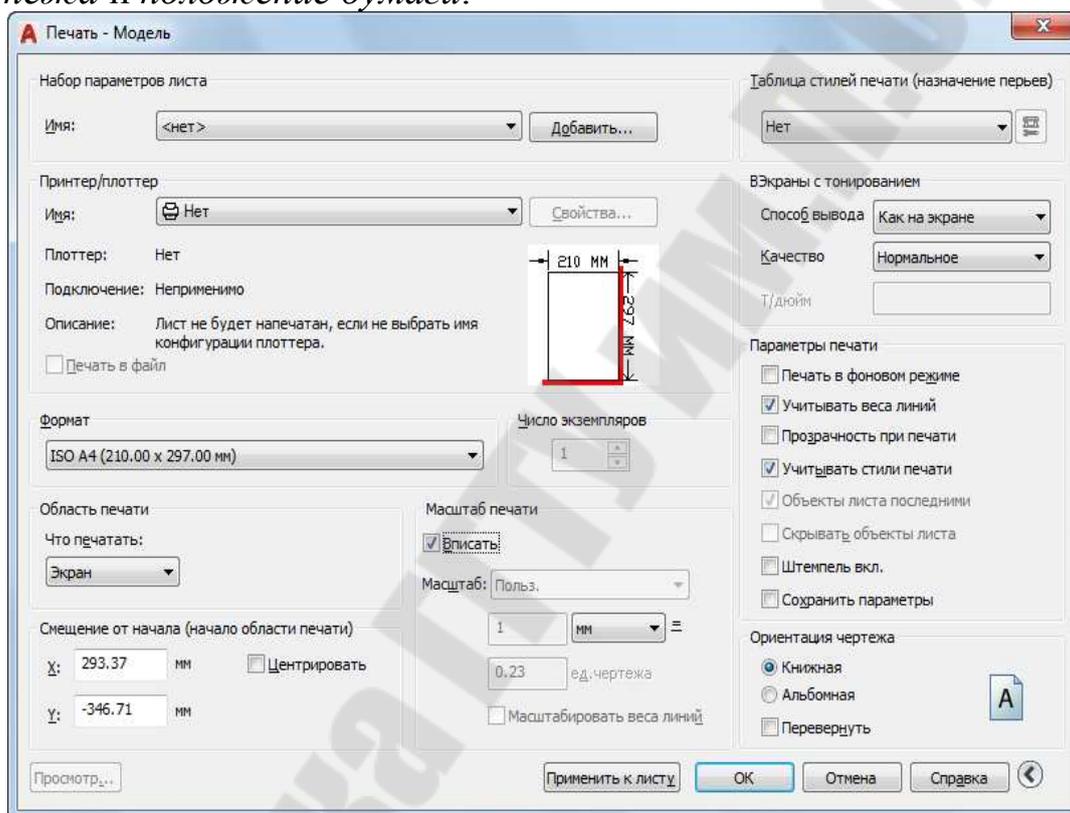


Рис. 2.60. Диалоговое окно управления выводом на печать

Диалоговое окно «Печать» управляет следующими параметрами:

**Имя** - имя текущего набора параметров страницы.

**Добавить** - сохранение выбранных параметров текущего листа в диалоговом окне «Печать» для именованного набора параметров.

**Принтер/плоттер** - сведения о сконфигурированном устройстве печати для листов.

**Имя** - список доступных системных принтеров для вывода на печать текущего листа.

**Свойства** – редактор параметров плоттера, в котором можно просмотреть или изменить текущую конфигурацию плоттера, задать параметры портов, устройства и носителя.

**Плоттер** – устройство печати для текущего набора параметров листа.

**Подключение** - физическое размещение выбранного устройства печати для текущего набора параметров листа.

**Описание** - текстовое описание к устройству печати для текущего набора параметров листа.

**Печать в файл** – Вывод кодов управления печатающим устройством в файл, а не на плоттер или принтер.

**Формат листа** – список стандартных форматов, разрешенных для применения на выбранном устройстве.

**Количество экземпляров** – определяет количество выводимых на печать экземпляров.

**Область печати** – задание выводимой на печать части чертежа. Опция «Что печатать» определяет, какая часть чертежа будет напечатана:

- *Лимиты* - распечатывается вся область рисования, определяемая лимитами чертежа.
- *Границы* - печать той части чертежа, которая в данный момент содержит объекты. Печатаются все объекты текущего пространства.
- *Рамка* - печать фрагмента чертежа ограниченного прямоугольной рамкой, заданной пользователем.
- *Экран* - печать фрагмента чертежа, отображаемого в настоящий момент в рабочей области.

**Смещение от начала** – определяет смещение области печати относительно левого нижнего угла печатаемой страницы или края бумаги путем ввода положительного или отрицательного значения в соответствующие поля ввода значений смещения по осям  $X$  и  $Y$ .

**Центрировать** – автоматическое определение смещений по  $X$  и  $Y$  так, чтобы чертеж оказался в центре листа.

**Масштаб печати** – управление масштабом, в котором чертеж должен быть распечатан, с помощью следующих настроек:

- *Вписать* – печатаемая область масштабируется для вписывания в указанный формат листа; пользовательский масштабный коэффициент отображается в полях «Масштаб», «дюйм =>» и «единицы».

- *Масштаб* – точное значение масштаба печати, которое пользователь может выбрать из выпадающего списка стандартных значений (1:1, 1:2 и т. д.) или задать произвольно путем указания соответствия между дюймами (миллиметрами) на чертеже и единицами чертежа.
- *Дюйм= /мм=* – определяет соответствие установленного числа единиц чертежа в дюймах или миллиметрах единицам чертежа.
- *Масштабировать веса линий* - масштабирование весов линий пропорционально масштабу печати. Веса линий, как правило, обозначают ширину линий объектов чертежа, и печать для них выполняется с шириной линий, не зависящей от масштаба печати.

**Просмотр** – кнопка для включения режима предварительного просмотра чертежа на виртуальном листе бумаги с учетом установленных пользователем настроек для печати. Выход из режима предварительного просмотра и возврат в диалоговое окно «Печать» производится нажатием ESC или ENTER либо и выбором «Выход» в контекстном меню (вызывается щелчком правой кнопкой мыши).

**Применить к листу** – сохранение параметров печати для текущего листа.

Кнопка  раскрывает дополнительные параметры настроек в диалоговом окне «Печать»:

- *Таблица стилей печати (назначение перьев)* – установка текущей таблицы стилей печати, редактирование имеющихся и создание новых таблиц.
- *ВЭкраны с тонированием* – задается способ вывода на печать тонированных и визуализированных видовых экранов и определяются их уровни разрешения и количество точек на дюйм (т/дюйм).
- *Параметры печати* – группа переключателей параметров, относящихся к весам линий, прозрачности, стилям печати, способу и порядку вывода объектов на печать
- *Ориентация чертежа* – переключатель ориентации чертежа для плоттеров, поддерживающих ее книжный и альбомный варианты.
- *Перевернуть* – поворот чертежа на 180 градусов.

После завершения всех настроек вывода чертежа или его фрагмента на печать для создания его твердой копии на бумаге необходимо нажать кнопку ОК.

## 2.7. 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 устройства указания, либо вводом значений координат или размеров в командной строке. Команды построения объектов доступны из меню *Рисование*.

### 2.7.1. Построение линейных объектов

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

Команда **ОТРЕЗОК** создает последовательность непрерывных линейных сегментов, внешне образующих ломаную линию, при этом каждый сегмент-отрезок является самостоятельным объектом, который можно редактировать отдельно (рис. 2.61). Команда может быть активирована из командной строки, из меню **Рисование**→**Отрезок**, а также нажатием кнопки  на панели или палитре инструментов.

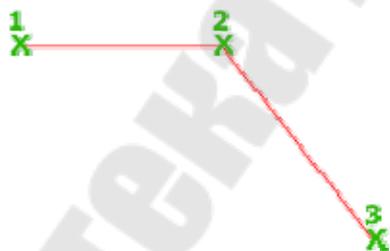


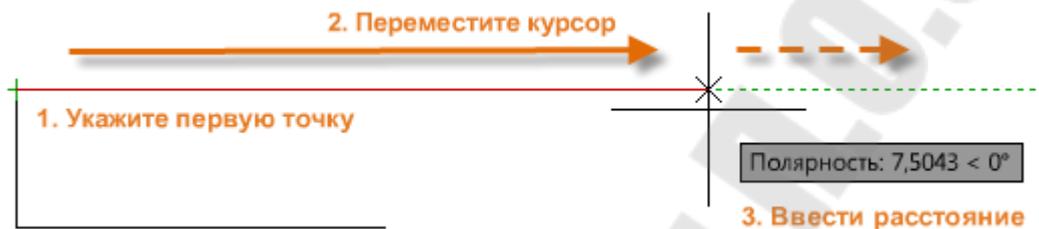
Рис. 2.61. Ломаная линия, выполненная командой ОТРЕЗОК

Команда **ОТРЕЗОК** отображает следующие запросы и управляется несколькими опциями:

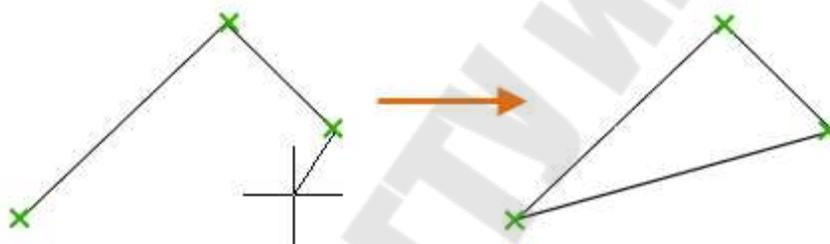
**От точки** – пользователь должен указать координаты начальной точки отрезка (вручную в командной строке, курсором в рабочей области используя шаговую или объектную привязку). Если вместо этого при появлении запроса нажать клавишу ENTER, построение нового

отрезка начнется с конечной точки последнего созданного отрезка, полилинии или дуги. Если последним созданным объектом является дуга, ее конечная точка соответствует начальной точке отрезка, а сам отрезок строится по касательной к этой дуге.

**К точке** – пользователь должен указать координаты конечной точки линейного сегмента одним из указанных выше способов, а также используя полярное и объектное отслеживание совместно с методом «направление-расстояние».



**Замкнуть** – соединяет начало первого построенного отрезка с концом последнего.

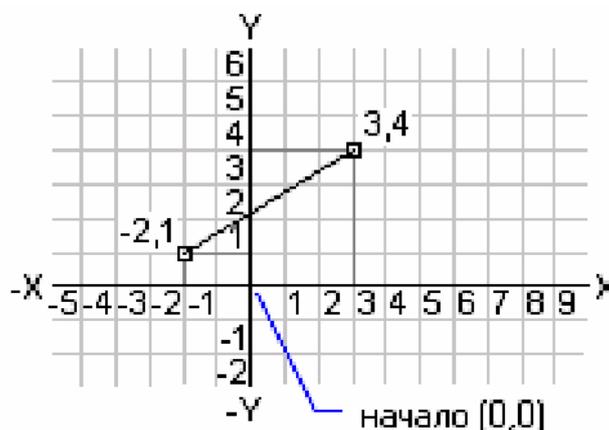


**Отменить** – отменяет построение последнего сегмента;

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

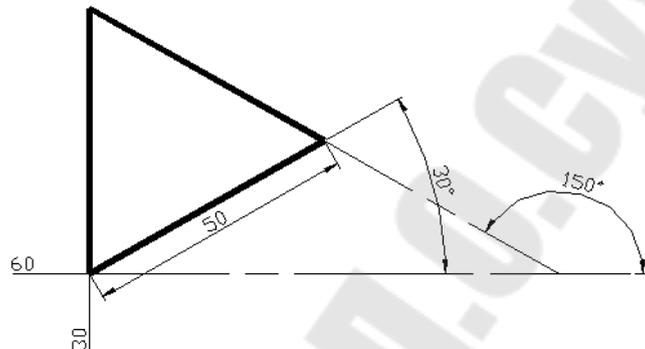
**Пример 2.1.** Построить отрезок с началом в точке  $(-2, 1)$  и концом в точке  $(3, 4)$ .

Команда: **ОТРЕЗОК**  
 От точки: **-2,1**  
 К точке: **3,4**



**Пример 2.2.** Построить равносторонний треугольник, одна из вершин которого имеет координаты (30, 60), а основание длиной 50 мм наклонено к горизонтали на угол 30°.

Команда: **ОТРЕЗОК**  
 От точки: **30,60**  
 К точке: **@50,0**  
 К точке: **@50<-30**  
 К точке: **Замкни**



Команда **ПЛИНИЯ** создает линию, состоящую из прямолинейных и дуговых сегментов, образующих единый объект (рис. 2.62). Причем различные сегменты могут иметь различную ширину (как по всей длине, так и в начале и конце каждого участка) и кривизну. Команда может быть активирована из командной строки, из меню **Рисование**→**Полилиния**, а также нажатием кнопки  на панели или палитре инструментов.

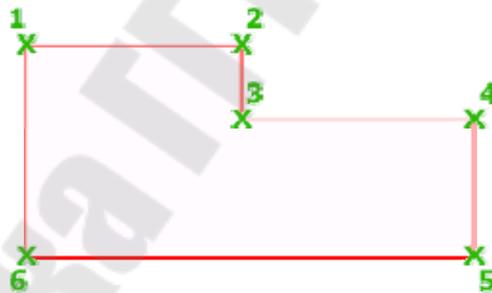


Рис. 2.62. Ломаная линия, выполненная командой ПЛИНИЯ

Команда **ПЛИНИЯ** отображает следующие запросы и управляется несколькими опциями:

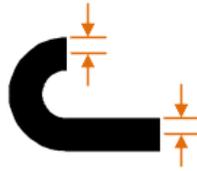
**От точки** – пользователь должен указать координаты начальной точки одним из способов, которые указывались для команды **ОТРЕЗОК**. После указания точки в ней появится временный маркер в виде знака «+»

**Следующая точка** – пользователь должен указать координаты конечной точки для линейного сегмента полилинии или переключить режим выполнения полилинии с помощью следующих опций:

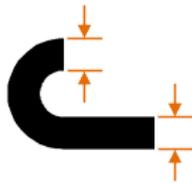
*Дуга* – переключение в режим создания дуговых сегментов.

*Замкнуть* – соединяет текущую точку с начальной.

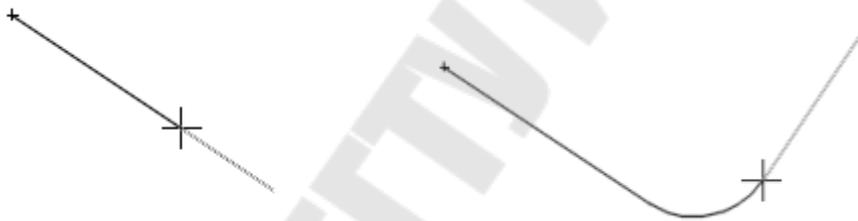
*Полуширина* – задание расстояния от центра до кромки широкого сегмента. Сегменты могут сужаться или расширяться, если значения ширины в начальной и конечной точках различны



*Ширина* – задание ширины в начале и в конце сегмента.



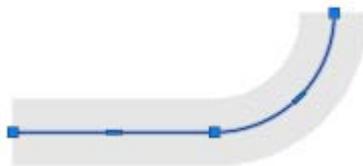
*длина* – построение сегмента заданной длины под тем же углом, что и у предыдущего сегмента. Если предыдущим сегментом была дуга, то новый линейный сегмент строится по касательной к предыдущему



*Отменить* – отменяет ввод последнего сегмента

При указании ширины и полуширины полилинии необходимо помнить следующее:

- начальная ширина становится конечной шириной по умолчанию;
- значение конечной ширины становится стандартным для всех последующих сегментов до нового изменения ширины;
- начальная и конечная точки широких линейных сегментов находятся на центральной оси сегмента.



- Обычно места пересечений смежных широких сегментов полилинии подрезаются. Этого не происходит для некасательных ду-

говых сегментов, очень острых углов пересечения или при использовании прерывистого типа линий.



**Пример 2.3.** Построить указатель направления в виде стрелки, выходящий из точки с координатами (20,50). Размеры указателя приведены на рис. 2.63.

Команда: **ПЛИНИЯ**

От точки: **20,50**

Текущая ширина полилинии равна 0.0000

Следующая точка или [Дуга/Полуширина/длИна/Отменить/Ширина]: **Ш**

Начальная ширина <0.0000>: **5**

Конечная ширина <5.0000>: **ENTER**

Следующая точка или [Дуга/Полуширина/длИна/Отменить/Ширина]: **@40,0**

Следующая точка или [Дуга/Полуширина/длИна/Отменить/Ширина]: **Ш**

Начальная ширина <5.0000>: **20**

Конечная ширина <20.0000>: **0**

Следующая точка или [Дуга/Полуширина/длИна/Отменить/Ширина]: **ENTER**

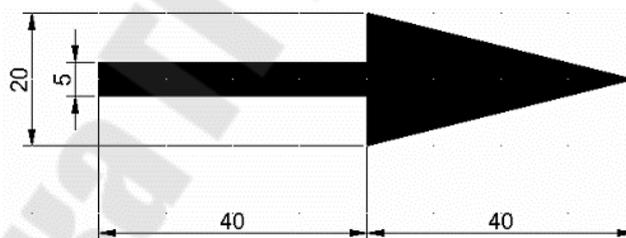
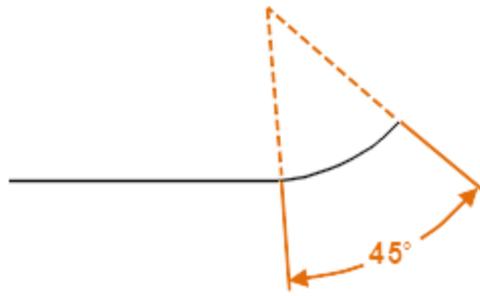


Рис. 2.63. Указатель направления

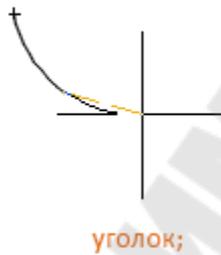
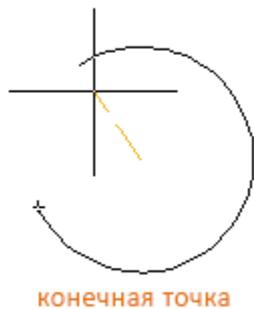
При переходе от построения линейных сегментов к дугообразным с помощью опции *Дуга* будут выдаваться следующие запросы:

**конечная точка дуги** – пользователь должен указать конечную точку дугового сегмента, расположенного по касательной к предыдущему сегменту полилинии или переключить режим выполнения полилинии с помощью следующих опций:

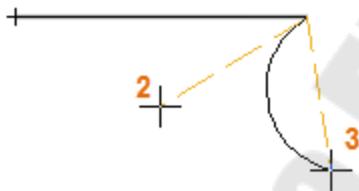
**Угол** – задание центрального угла дугового сегмента от начальной точки.



**Центр** – задание дугового сегмента на основе центральной точки дуги и центрального Угла или Длины дуги.



**Направление** – задание направления касательной (2) от начальной точки дугового сегмента с указанием его конечной точки (3)



**Радиус** – задание радиуса дугового сегмента с указанием конечной точки дуги или ее угла.

**Вторая** – задание второй точки и конечной точки трехточечной дуги.

**Линейный** – переключение из режима построения дуговых сегментов в режим построения прямолинейных сегментов.

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

Команда **ПРЯМОУГОЛЬНИК** создает прямоугольную замкнутую полилинию, используя указанные параметры прямоугольника (длина, ширина, угол поворота) и тип углов (сопряжение, фаска или прямой (рис. 2.64). Команда может быть активирована из командной

строки, из меню **Рисование**→**Прямоугольник**, а также нажатием кнопки  на панели или палитре инструментов.



Рис. 2.64. Полилиния, выполненная командой ПРЯМОУГОЛЬНИК

Команда **ПРЯМОУГОЛЬНИК** отображает следующие запросы и управляется несколькими опциями:

**точка первого угла** – пользователь должен указать координаты точки первого угла (1) для построения прямоугольника по двум противоположным углам или выбрать одну из опций, которые позволяют задать:

- *Фаска* – размер фаски для прямоугольника;
- *Уровень* – уровень для прямоугольника (в 3D-построениях).
- *Сопряжение* – радиус сопряжения сторон прямоугольника.
- *Толщина* – толщину для прямоугольника (в 3D-построениях).
- *Ширина* – ширину полилинии для прямоугольника.



**точка второго угла** – пользователь должен указать координаты точки противоположного угла (2) или выбрать одну из опций:

- *Площадь* – создает прямоугольник с использованием значений площади, а также значений *длины* или *ширины*;
- *Размеры* – построение прямоугольника по заданным значениям *длины* и *ширины*.
- *поВорот* – создает прямоугольник под заданным углом поворота.
- *Высота* – задает трехмерную высоту для прямоугольника.

Команда **МН-УГОЛ** создает многоугольники с количеством сторон от 3 до 1024 равной длины (квадраты, равносторонние треугольники, правильные восьмиугольники и т. д.) (рис. 2.63). Команда может быть активирована из командной строки, из меню **Рисование**→**Многоугольник**, а также нажатием кнопки  на панели или палитре инструментов.

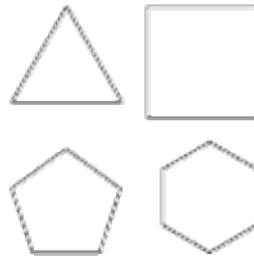


Рис. 2.63. Многоугольники

Команда **МН-УГОЛ** отображает следующие запросы и управляется несколькими опциями:

**Количество сторон** – задание количества сторон в многоугольнике;

**Центр многоугольника** – задание местоположения центра многоугольника (1), опирающегося на виртуальную окружность с общим центром, а также его свойств по отношению к этой окружности:

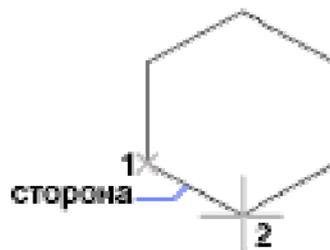
- *Вписанный / Описанный* – на виртуальной окружности будут размещены *вершины / середины* многоугольника (2);
- *Радиус* – задание радиуса виртуальной окружности и ориентации многоугольника:

при указании радиуса интерактивно с помощью мыши одновременно задаются и радиус, и угол поворота многоугольника;

при вводе радиуса с клавиатуры нижняя сторона многоугольника строится в соответствии с текущим углом поворота шаговой привязки.



**Сторона** – задание начальной (1) и конечной (2) точек одной из сторон многоугольника.



**Пример 2.4.** 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).

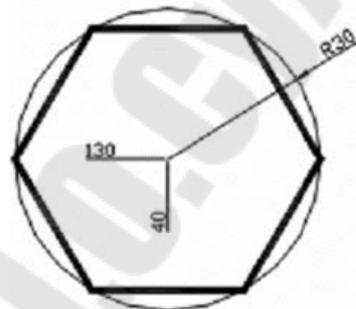
Команда: **МН-УГОЛ**

Число сторон: 6

Укажите центр многоугольника или [Сторона]: **40,130**

Задайте параметр размещения [Вписанный в окружность/Описанный вокруг окружности] <В>: **О**

Радиус окружности: **30**



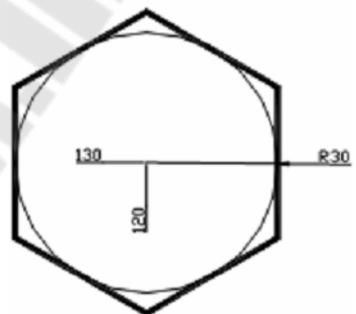
Команда: **МН-УГОЛ**

Число сторон: 6

Укажите центр многоугольника или [Сторона]: **120,130**

Задайте параметр размещения [Вписанный в окружность/Описанный вокруг окружности] <В>: **В**

Радиус окружности: **30**



**Пример 2.5.** Построить восьмиугольник, одна из сторон которого опирается на точки с координатами (170, 90) и (200,80).

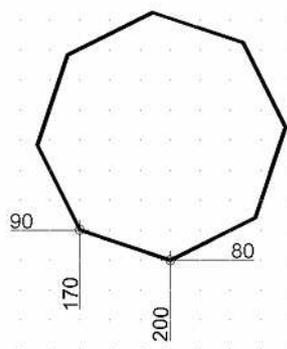
Команда: **МН-УГОЛ**

Число сторон <6>: **ENTER**

Укажите центр многоугольника или [Сторона]: **С**

Первый конец стороны: **170,90**

Второй конец стороны: **200,80**



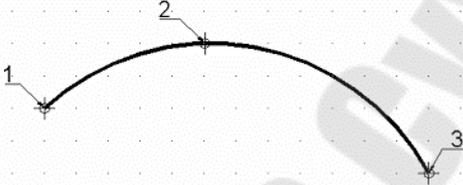
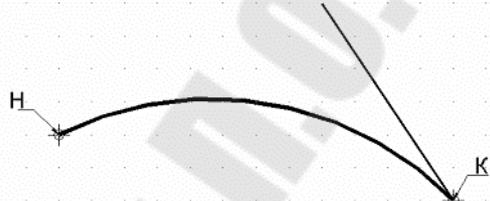
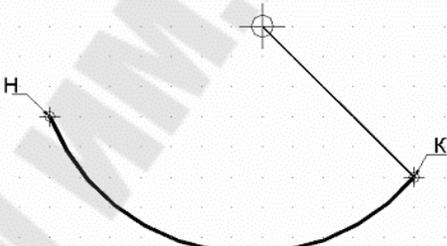
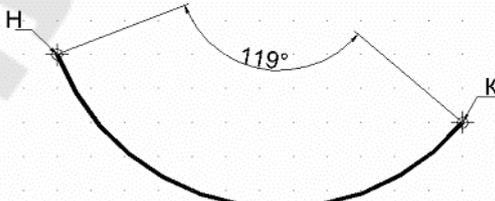
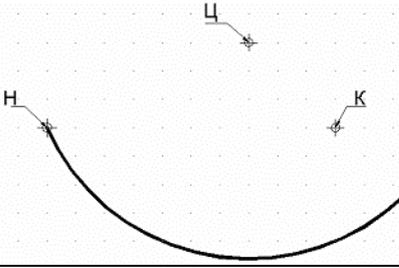
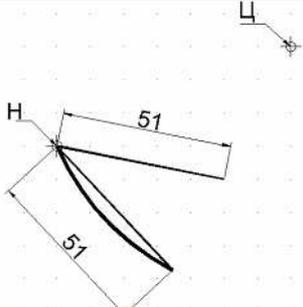
### 2.7.2. Построение криволинейных объектов

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

Команда **ДУГА** создает дугу, с использованием различных сочетаний ее параметров: центральная, начальная и конечная точки, радиус, центральный угол, длина и направление хорды (табл. 2.1).

Таблица 2.1

## Способы построения дуги

Способы построения	Пример построения
по ТРЕМ ТОЧКАМ (начальная, вторая, конечная);	
по НАЧАЛУ, КОНЦУ и НАПРАВЛЕНИЮ КАСАТЕЛЬНОЙ;	
по НАЧАЛУ, КОНЦУ и РАДИУСУ;	
по НАЧАЛУ, КОНЦУ и центральному УГЛУ (или в другом порядке);	
по НАЧАЛУ, ЦЕНТРУ и КОНЦУ	
по НАЧАЛУ, ЦЕНТРУ и ДЛИНЕ хорды	

Команда **ДУГА** может быть активирована из командной строки, из меню **Рисование**→**Дуга**, а также нажатием кнопки  на панели или палитре инструментов. По умолчанию дуги рисуются в направлении против часовой стрелки. Чтобы нарисовать дугу в направлении по часовой стрелке, необходимо перетаскивать курсор, удерживая нажатой клавишу CTRL.

Команда **ДУГА** отображает следующие запросы и опции выбора способа построения дуги при различных способах построения:

по трем точкам дуги – Начальной, Второй и Конечной.

**Начальная точка** – пользователь должен указать координаты начальной точки дуги используя способ построения *по трем точкам*, лежащим на окружности. Если пользователь нажал ENTER, не указав точку, то в качестве начальной точки используется конечная точка последнего построенного отрезка или дуги, и сразу же появляется запрос для указания конечной точки новой дуги. Дуга строится по касательной к последнему отрезку, дуге или полилинии.

**Вторая точка** – указывается вторая точка (2) на дуге между первой и третьей точками.

**Конечная точка** – указывается конечная точка (3) на дуге.



по Центру, Начальной и Конечной точкам (Углу или Длине хорды)

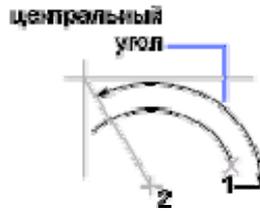
**Центр** – пользователь должен указать координаты центра окружности, частью которой является дуга (2).

**Начальная точка** – указывается начальная точка дуги (1)

**Конечная точка** – указывается некоторая точка, к которой строится дуга с опорой на центральную точку (2) против часовой стрелки от начальной точки (1). Конечная точка (3) находится на пересечении дуги и воображаемого луча, проведенного от центра (2) через вторую из указанных точек. На иллюстрации видно, что дуга не обязательно должна проходить через точку в положении курсора.



**Угол** – задается внутренний угол. Дуга строится с центром (2) против часовой стрелки от начальной точки (1). Если угол имеет отрицательное значение, дуга строится по часовой стрелке.



**Длина хорды** – задается длина хорды для построения либо меньшей, либо большей дуги. 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.



В зависимости от выбора соответствующих опций последовательность указания параметров дуги может быть иная - **Начальная точка**→**Центр**→**Конечная точка** (**Угол** или **Длина хорды**).

по Начальной и Конечной точкам, Углу (Направлению касательной или Радиусу дуги)

**Начальная точка** – указывается начальная точка (1) на дуге.

**Конечная точка** - указывается конечная точка (2) на дуге.

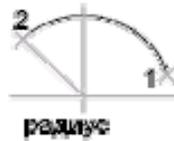
**Угол** – указывается центральный угол дуги с клавиатуры или перемещением курсора с отслеживанием угла между его текущим положением и начальной точкой. Дуга строится против часовой стрелки от начальной точки (1) к конечной точке (2). Если угол имеет отрицательное значение, дуга строится по часовой стрелке.



**Направление** – указывается направление касательной линии к дуге в начальной точке (1).



**Радиус** – указывается радиус дуги с начальной точкой (1) и конечной точкой (2). Если значение радиуса отрицательное, строится большая дуга.



Окружности вычерчивается командой **КРУГ** 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 способы построения окружностей показаны на рис. 2.65.

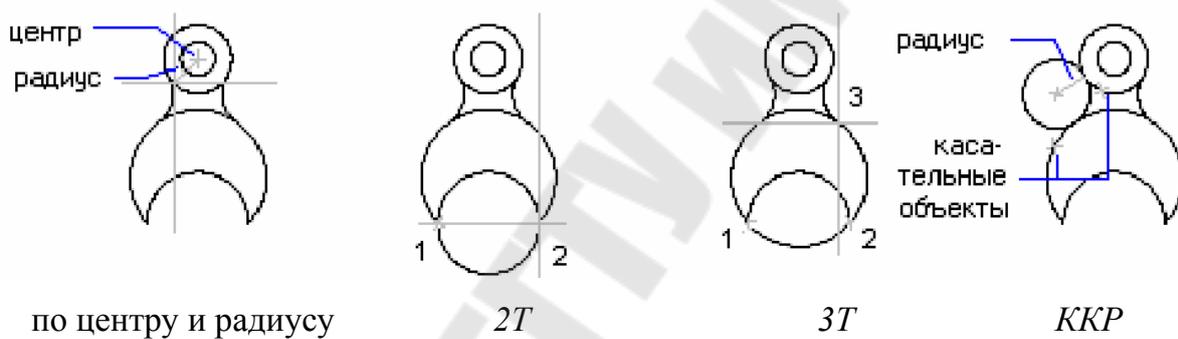


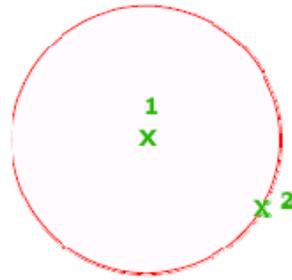
Рис. 2.65. Способы построения окружностей

Команда **КРУГ** может быть активирована из командной строки, из меню **Рисование**→**Круг**, а также нажатием кнопки  на панели или палитре инструментов.

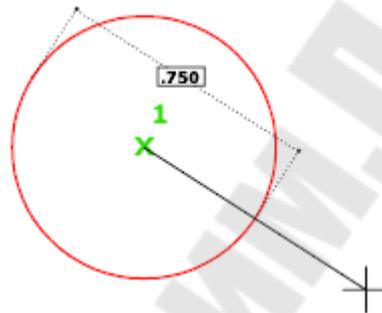
Команда **КРУГ** отображает следующие запросы и опции:

**Центр круга** – запрашивается при построении окружности по центральной точке и значению *радиуса* или *диаметра*. пользователь должен указать координаты центра окружности (1).

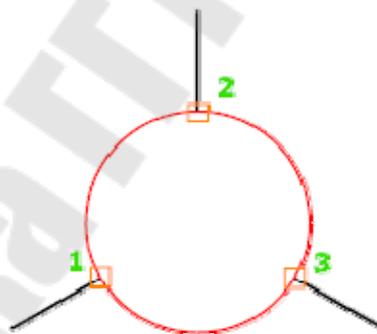
**Радиус** – указывается значение радиуса с клавиатуры или точка мышью на чертеже, расстояние между которой и центром круга будет определять радиус окружности.



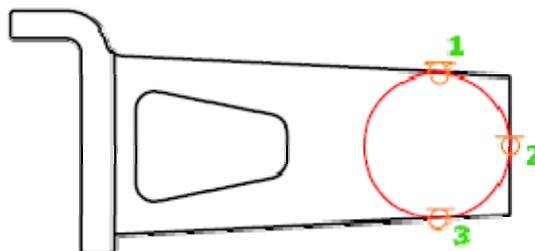
**Диаметр** – указывается значение диаметра с клавиатуры или точка мышью на чертеже, расстояние между которой и центром круга будет определять диаметр окружности.



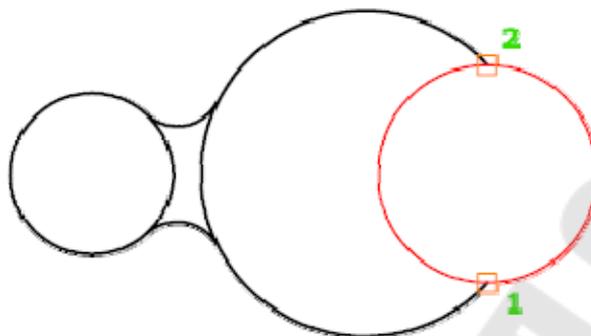
**3Т** (три точки) – использование способа построения окружности по трем принадлежащим ей точкам. Пользователь должен поочередно указать координаты *первой* (1), *второй* (2) и *третьей* (3) точек.



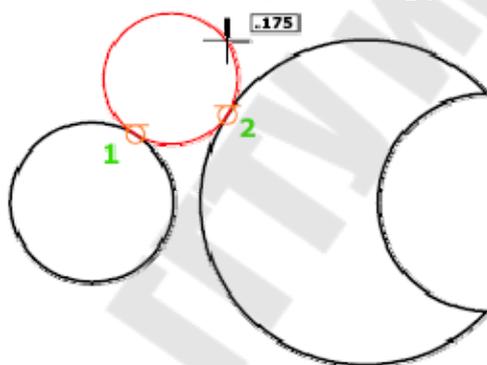
**Три точки касания** – использование способа построения окружности, *по трем точкам касания объектов на чертеже*. Пользователь должен поочередно указать объекты *первый* (1), *второй* (2) и *третий* (3), которых должна коснуться окружность.



**2Т** (две точки) – использование способа построения окружности по двум конечным точкам ее диаметра. Пользователь должен поочередно указать координаты *первой* (1) и *второй* (2) точек окружности и задающих ее диаметр.



**ККР** (касательная, касательная, радиус) – использование способа построения окружности по двум точкам касания и радиусу окружности. Пользователь должен поочередно указать *первой* (1) и *второй* (2) объекты, которых должна коснуться окружность и ее *радиус*.



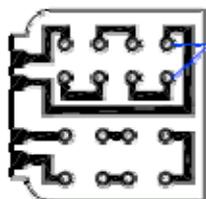
**Пример 2.6.** Построить окружность с центром в точке (100, 200) и радиусом 50 мм.

Команда: **КРУГ**

Центр круга или [3Т/2Т/ККР (кас кас радиус)]: **100,200**

Радиус круга или [Диаметр]: **50**

**Кольца** – это заполненные круги или замкнутые широкие полилинии круглой формы.



заполненные кольца



заполненные круги

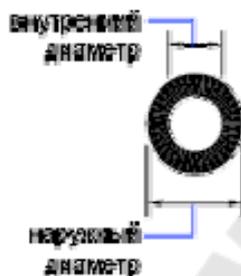
Команда **КОЛЬЦО** создает закрашенную окружность или широкое кольцо, состоящее из двух дуговых полилиний, концы которых соединены и образуют круговую форму. Команда может быть активирована из командной строки, из меню **Рисование**→**Кольцо**, а также

же нажатием кнопки  на панели или палитре инструментов.

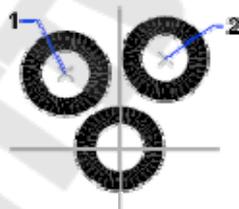
Команда **КОЛЬЦО** отображает следующие запросы:

**Внутренний диаметр** – задание внутреннего диаметра кольца.

**Внешний диаметр** – задание внешнего диаметра кольца.



**Центр кольца** – определение местоположения кольца на основе его центральной точки. В каждой указанной точке будет создавать по кольцу до тех пор, пока для завершения выполнения команды не будет нажата клавиша ENTER.



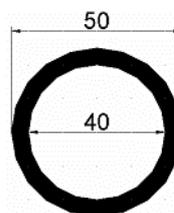
**Пример 2.7.** Построить кольцо с центром в точке (60, 60), толщиной 5 мм и внешним диаметром 50 мм.

Команда: **КОЛЬЦО**

Внутренний диаметр кольца <0.5>: **40**

Внешний диаметр кольца <1.0>: **50**

Центр кольца: **60,60**



Команда **ЭЛЛИПС** вычерчивает эллипсы и эллиптические дуги путем задания двух осей – *большой* и *малой* (рис. 2.65). Команда может быть активирована из командной строки, из меню **Рисование**→**Эллипс**, а также нажатием кнопки  на панели или палитре инструментов.

По умолчанию построение эллипсов производится указанием начала и конца первой оси, а также половины длины второй оси (рис. 2.65). Порядок определения осей может быть любым.



Рис. 2.65. Построение эллипса

Команда **ЭЛЛИПС** отображает следующие запросы и опции:

**Конечная точка оси** - задание первой оси по двум точкам (1) и (2), которые определяют ее местоположение и длину. Угол поворота первой оси задает поворот всего эллипса. Первой может строиться как большая, так и малая ось эллипса.

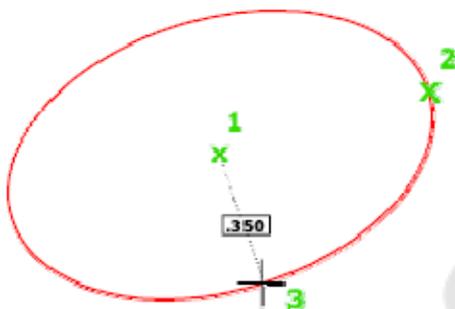
**Длина** - длина второй оси отсчитывается от середины первой оси (центра эллипса) до конечной точки (3) второй оси.



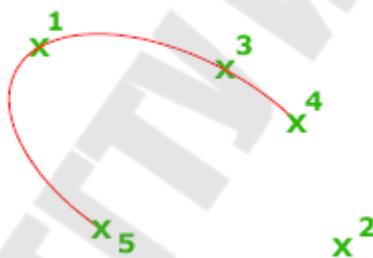
**Поворот** – задание соотношения длин осей эллипса путем поворота виртуального круга относительно первой оси (диаметр круга совпадает с первой осью). Чем больше угол поворота (его величина должна находиться в диапазоне от 0 до 89,4 градусов), тем больше отношение *малой* оси к *большой*. Углы поворота со значениями от 89,4 до 90,6 градусов являются недопустимыми, поскольку эллипс в этом случае будет выглядеть как прямая линия. При угле поворота 0 градусов эллипс вырождается в окружность.



**Центр** – создание эллипса с помощью *центральной точки, конечной точки* первой оси и *длины* второй оси..



**Дуга** – переход в режим построения эллиптической дуги, которая строится как часть эллипса с первой осью, определяемой точками (1) и (2), расстоянием между центром эллипса и конечной точкой второй оси, определяемым точкой (3). Видимая часть эллипса ограничивается точками (4) и (5), положение которых определяется начальным и конечным углами эллиптической дуги.



**Начальный угол** – задание начального угла между большой осью эллипса и лучом, проведенным из центра эллипса через первую конечную точку эллиптической дуги (4).

**Конечный угол** – задание конечного угла между большой осью эллипса и лучом, проведенным из центра эллипса через вторую конечную точку эллиптической дуги (5).

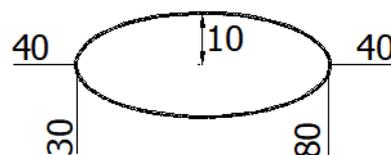
**Пример 2.8.** Построить эллипс с координатами большой оси (30, 40) и (80, 40). Половина длины малой оси 10 мм.

Команда: **ЭЛЛИПС**

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

Вторая конечная точка оси: **80, 40**

Длина другой оси или [Поворот]: **10**



**Пример 2.9.** Построить эллиптическую дугу охватывающую часть эллипса, ограниченную углами  $30^\circ$  и  $210^\circ$ .

Команда: **ЭЛЛИПС**

Конечная точка оси эллипса или [Дуга/Центр]: **Д**

Конечная точка оси эллиптической дуги или

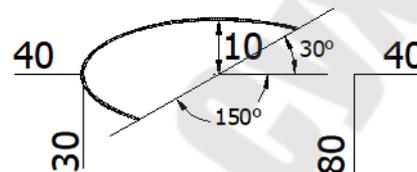
[Центр]: **30,40**

Вторая конечная точка оси: **80,40**

Длина другой оси или [Поворот]: **10**

Начальный угол или [Параметр]: **30**

Конечный угол или [Параметр/Внутренний  
угол]: **210**



Команда **СПЛАЙН** вычерчивает гладкую кривую, проходящую через заданный набор точек или вблизи этого набора. Команда может быть активирована из командной строки, из меню **Рисование**→**Сплайн**, а также нажатием кнопки  на панели или палитре инструментов.

Сплайны определяются с помощью *определяющих точек* или *управляющих вершин* (рис. 2.66). По умолчанию определяющие точки совпадают со сплайном, а управляющие вершины определяют *форму* и *расположение* линии, что обеспечивает удобный способ изменения формы сплайна.

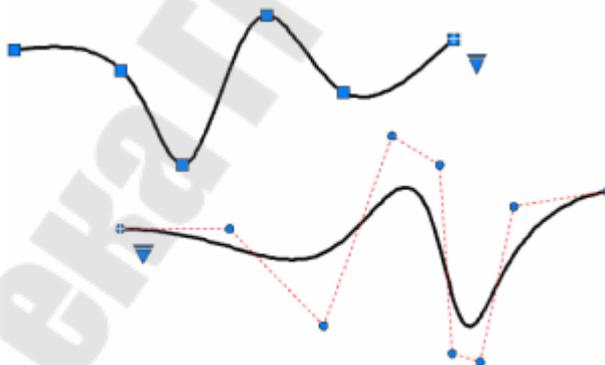


Рис. 2.66. Сплайн, его определяющие точки и управляющие вершины

Для отображения или скрытия управляющих вершин, формы и расположения установите или снимите флажок «Сплайн» или используйте команды УВПОКАЗАТЬ и УВСКРЫТЬ.

Команда **СПЛАЙН** отображает следующие запросы:

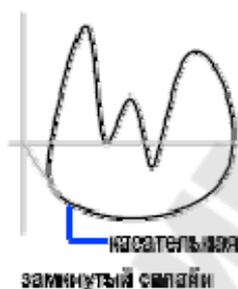
**Первая точка** – задание первой точки сплайна (1), являющейся первой определяющей точкой или первой управляющей вершиной, в зависимости от текущего метода.

**Следующая точка** – задание следующей точки сплайна (2) для создания дополнительных сегментов сплайна. Точки задаются до тех пор, пока не будет нажата клавиша Enter.



**Отменить** – отмена ввода (удаление) последней заданной точки.

**Замкнуть** – замыкание сплайна путем определения конечной точки для совмещения с первой.



**Способ** – выбор способа создания сплайна: с помощью определяющих точек (через которые сплайн должен проходить) или управляющих вершин.

**Объект** – преобразование 2D- или 3D-полилиний, сглаженных квадратичными или кубическими сплайнами, в эквивалентные сплайны.

### 2.7.3. Построение опорных точек

Объекты-точки рекомендуется использовать в качестве геометрических опорных узлов для объектной привязки и относительных смещений (рис. 2.67).

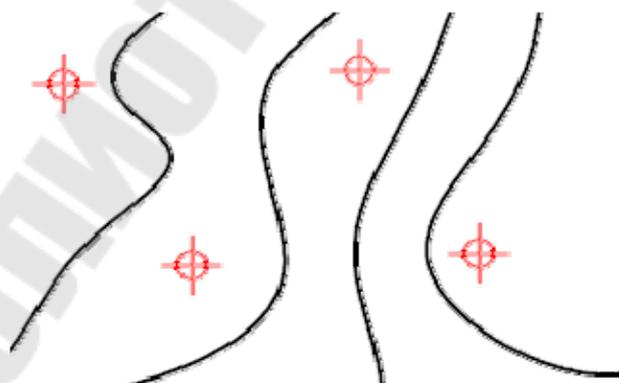


Рис. 2.67. Размещение опорных точек на чертеже

Команда **ТОЧКА** размещает точки в местах чертежа, задаваемых пользователем и может быть активирована из командной строки, из меню **Рисование**→**Точка**, а также нажатием кнопки  на панели или палитре инструментов.

Команда **ТОЧКА** отображает следующий запрос:

**Укажите точку** – задание местоположения объекта-точки.

Для задания стиля (внешнего вида) и размера точек (относительно экрана или в абсолютных единицах) используется диалоговое окно «Отображение точек» (рис. 2.68), которое вызывается командой **ТИПТОЧКИ** или из меню **Формат**→**Отображение точек**.

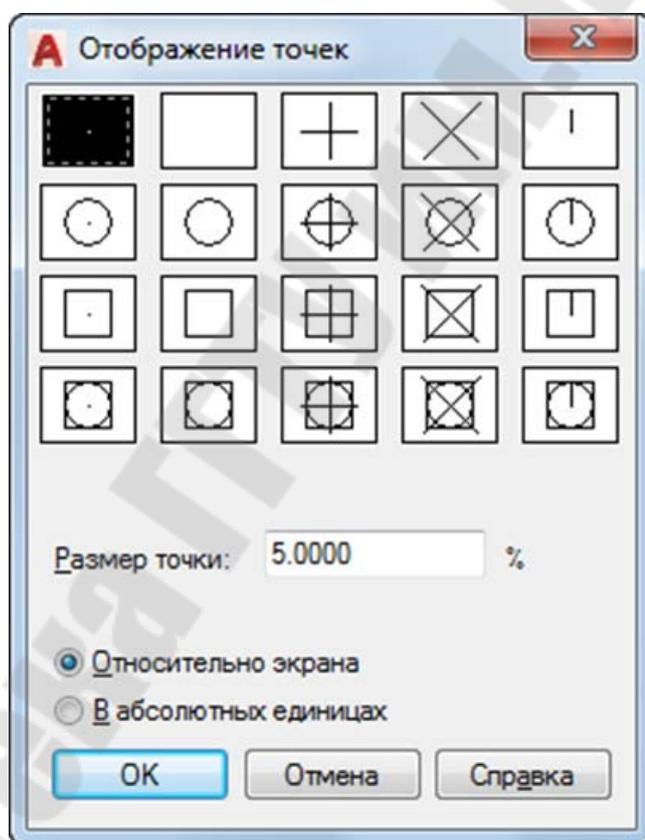


Рис. 2.68. Диалоговое окно «Отображение точек»

При изменении формы или размера символов точек изменяется вид отображаемых объектов-точек на всем рисунке. Установка размера точки **относительно экрана** в процентах обеспечивает его постоянство и независимость от зумирования. При установке размера в **абсолютных единицах** размер символа точки равен числу, заданному в поле «Размер точки» в текущих абсолютных единицах, и масштабируется, как и размеры других геометрических объектов.

### 1.8.1. Штрихование

Штрихование заполняет указанную замкнутую область или выбранные объекты узором-штриховкой или заливкой (сплошной или градиентной) (рис. 2.69). Штриховка может быть выполнена *ассоциативной* и *неассоциативной*. Ассоциативность означает, что при изменении границ области штрихования изменяется и штриховка. Неассоциативная штриховка не зависит от контура границы и их изменение не приводит к изменению заштрихованной области.

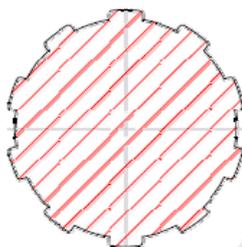
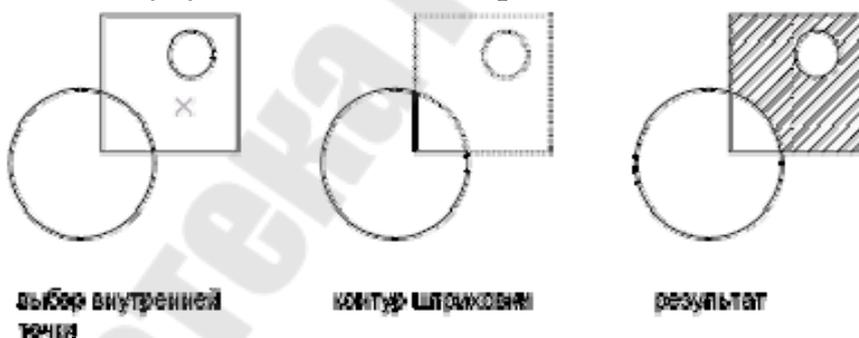


Рис. 2.69. Штриховка по замкнутому контуру

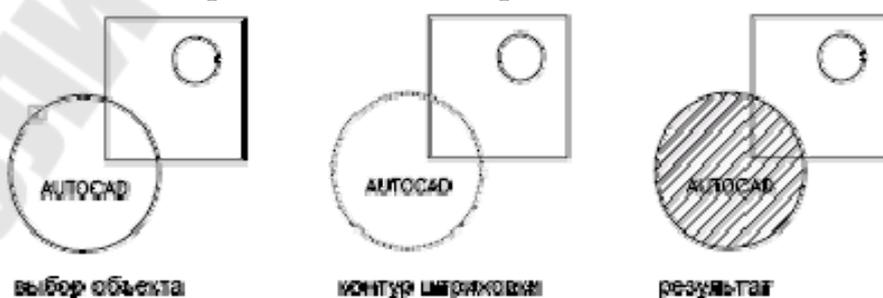
Штрихование замкнутой области или контура выполняется с помощью команды **ШТРИХ**, которая может быть активирована из командной строки, из меню **Рисование**→**Штриховка**, а также нажатием кнопки  на панели или палитре инструментов.

Команда **ШТРИХ** отображает следующие запросы и опции:

**Укажите внутреннюю точку** – указывается точка на чертеже, вокруг которой имеется контур из существующих объектов, образующих замкнутую область и которая должна быть заштрихована.



**Выберите объекты** - указывается объект, образующий замкнутую область, которая подлежит штрихованию.



**Отменить** – отказ от последнего штрихования при активной команде ШТРИХ.

**Параметры** - открытие диалогового окна «Штриховка и градиент» для изменения параметров (рис. 2.70).

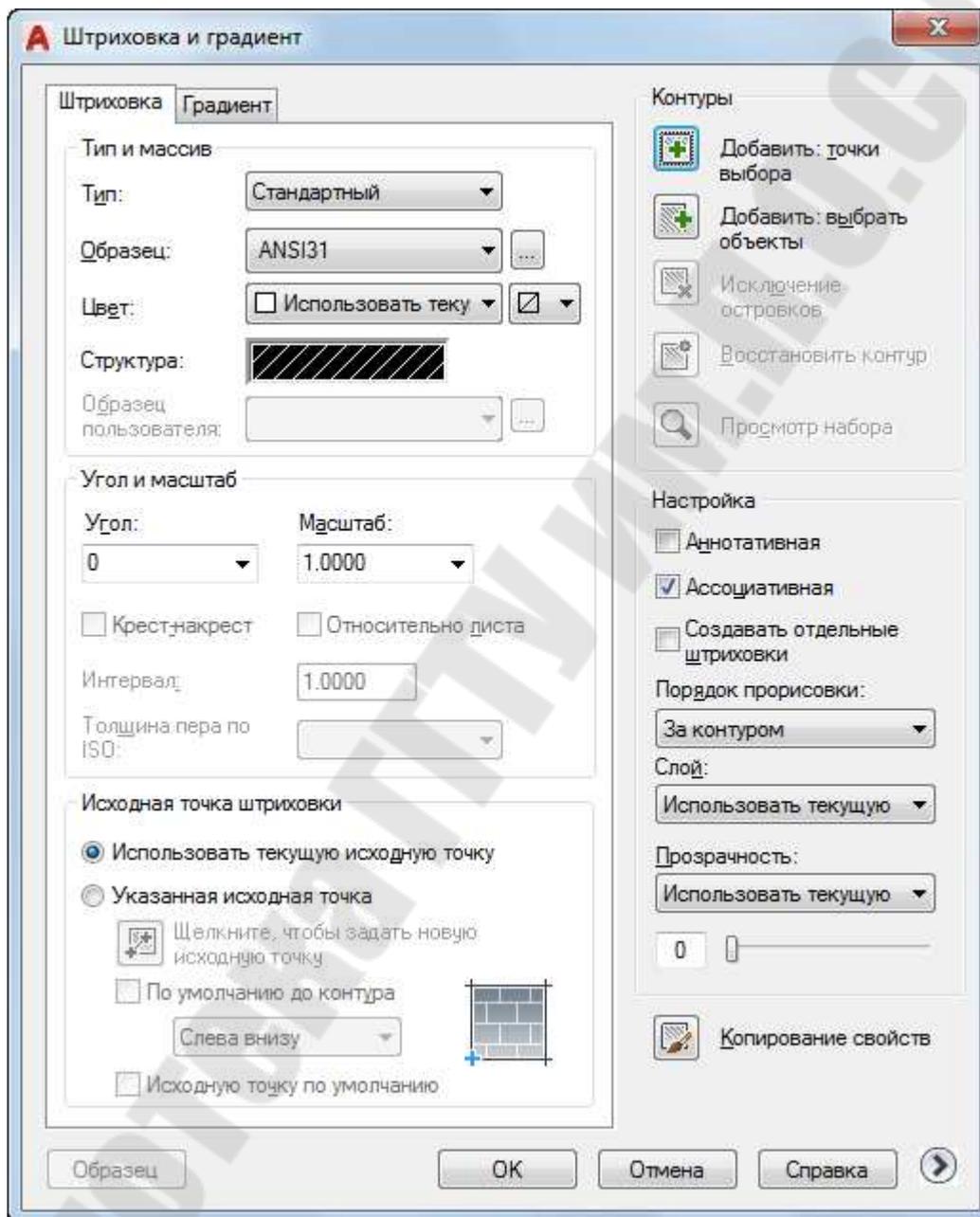


Рис. 2.70. Диалоговое окно «Штриховка и градиент»

Диалоговое окно «Штриховка и градиент» содержит две вкладки («Штриховка» и «Градиент») и ряд общих параметров, которые доступны на обеих вкладках.

#### 2.7.4.1. Общие параметры вкладок «Штриховка» и «Градиент»

Общие параметры вкладок «Штриховка» и «Градиент» включают две группы управляющих элементов - «Контур» и «Настройка» и кнопки «Копирование свойств» и «Образец»:

**Группа «Контур»** – позволяет пользователю различными способами указать области для штрихования:

**Добавить: Точки выбора** – создает контур из существующих объектов, образующих замкнутую область вокруг указанной пользователем точки.

**Добавить: Выбрать объекты** – создает контур из выбранных объектов, образующих замкнутую область.

**Исключение островков** – удаляет ранее добавленные внутрь контура объекты.

**Восстановить контур** – создает полилинию или область вокруг указанной штриховки или заливки и может связать с ней объект штриховки.

**Просмотр набора** – отображение определенных на данный момент контуров с текущими параметрами штриховки или заливки. Этот параметр активен только в том случае, если определен контур.

**Группа «Настройка»** – позволяет управлять свойствами штриховки или заливки:

**Аннотативная** – это свойство позволяет выполнять автоматическое масштабирование аннотаций в соответствии с форматом листа при выводе на печать или экран.

**Ассоциативная** – штриховка или заливка является ассоциативной, т. е. обновляется при изменении ее контурных объектов.

**Создать отдельные штриховки** – определяет количество создаваемых заштрихованных объектов (один или несколько), если выделено несколько отдельных замкнутых контуров.

**Порядок прорисовки** – назначение порядка прорисовки для штриховки или заливки. Штриховку и заливку можно расположить *за всеми объектами, перед всеми объектами, за контуром штриховки или перед контуром штриховки.*

**Слой** – задание слоя, на который назначаются новые объекты штриховки, с переопределением текущего слоя. Для использования текущего слоя необходимо выбрать «Использовать текущий».

**Прозрачность** – назначение уровня прозрачности для новых штриховок или заливок с переопределением текущей настройки прозрачности объектов. Для использования текущей настройки прозрачности объекта необходимо выбрать «Использовать текущую».

**Копирование свойств** – кнопка для выполнения штриховки или заливки указанных контуров с учетом свойств штриховки или заливки выделенного объекта штриховки.

**Образец** – кнопка для отображения определенных на данный момент контуров с текущими параметрами штриховки или заливки. Для возврата в диалоговое окно необходимо щелкнуть в области рисования или нажать клавишу Esc. Чтобы принять для исполнения полученную штриховку или заливку, необходимо щелкнуть правой кнопкой мыши или нажать Enter.

Кнопка  – разворачивание диалогового окна «Штриховка и градиент» для отображения области дополнительных параметров.

#### 2.7.4.2. Параметры вкладки «Штриховка»

**Вкладка «Штриховка»** диалогового окна «Штриховка и градиент» содержит следующие управляющие элементы.

**Группа «Тип и массив»** – содержит набор настроек для задания типа, образца штриховки, ее цвета и цвета фона:

**Тип** – задание типа создаваемого образца штриховки:

*стандартный* – один из стандартных типов штриховки, входящего в комплект поставки AutoCAD;

*из линий* – штрихование с учетом текущего типа линий чертежа;

*пользовательского* – штрихование типом штриховки, созданного пользователем, образец которого описан в PBT-файле, расположенном пользователем по стандартному пути поиска образцов штриховок.

**Образец** – выбор в выпадающем списке одного из набора образцов штриховки, соответствующих ANSI, ISO и другим отраслевым стандартам. Кнопка [...] открывает диалоговое окно «Палитра образцов штриховки», в котором можно предварительно просмотреть изображения всех стандартных образцов (ANSI, ISO и другие), а также созданным пользователем, используя соответствующие вкладки.

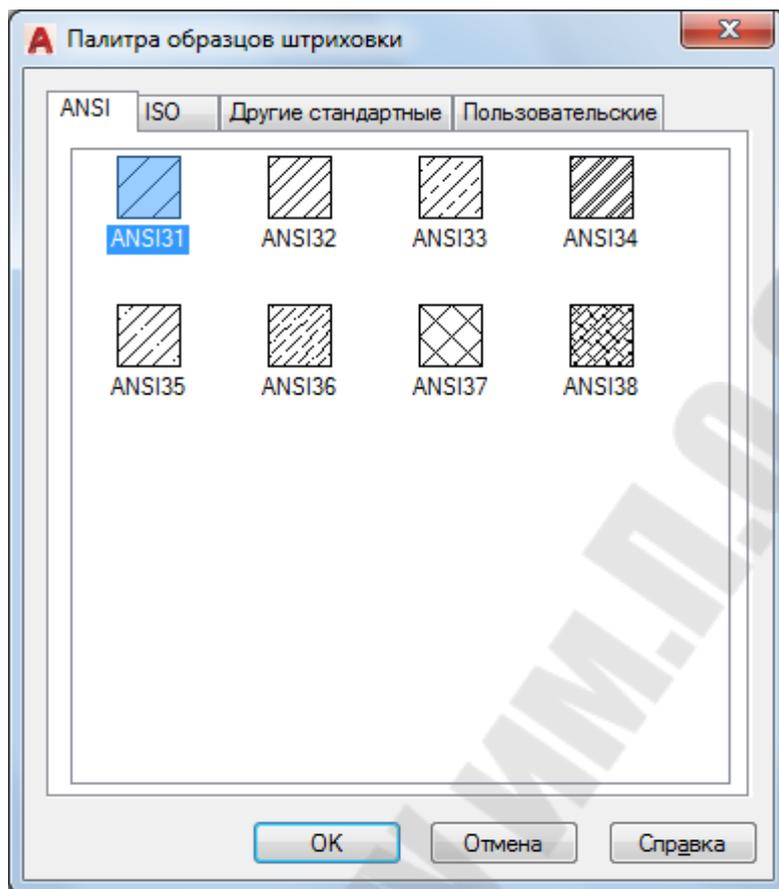


Рис. 2.71. Диалоговое окно «Палитра образцов штриховки»

**Цвет** – переопределение текущего цвета цветом, заданным для образцов штриховки и сплошной заливки.

**Цвет фона** – цвет фона для новых объектов штриховки. Для отключения цвета фона выберите «Нет».

**Структура** – демонстрационное окно в котором отображается образец выбранного узора. Щелчок мышью по окну структуры вызывает диалоговое окно «Палитра образцов штриховки».

**Образец пользователя** – выбор из списка одного из имеющихся пользовательских образцов штриховки. Кнопка [...] открывает диалоговое окно «Палитра образцов штриховки», в котором можно предварительно просмотреть изображения всех пользовательских образцов.

**Группа «Угол и масштаб»** – содержит набор настроек для управления углом и масштабом нанесения выбранного образца штриховки:

**Угол** – задает угол поворота штриховки относительно оси X.

**Масштаб** – задает степень плотности нанесения для стандартного или пользовательского образца штриховки.

**Крест-накрест** –активирует создание перекрестной штриховки путем рисования второго набора линий под углом 90 градусов к первоначальным линиям при использовании типа штриховки «из линий».

**Относительно листа** – масштабирование образца штриховки относительно единиц пространства листа. Таким образом можно добиться отображения образцов штриховки с приемлемым масштабом на именованном листе. Этот параметр доступен только на именованном листе.

**Интервал** – определяет расстояние между линиями штриховки, созданной из линий при использовании типа штриховки «из линий».

**Толщина пера по ISO** – масштабирование стандартного образца штриховки ISO на основании выбранной толщины пера. Параметр активен, только если для параметра «Тип» задано значение «Стандартный», а для параметра «Образец» выбран один из имеющихся образцов стандарта ISO».

**Группа «Исходная точка штриховки»** – содержит набор настроек для определения начальной точки для создания штриховки. Для некоторых образцов штриховки (например, штриховки в виде кирпичей) подразумевается выравнивание относительно некоторой точки на контуре штриховки:

**Использовать текущую исходную точку** – использование исходной точки штриховки, хранящейся в системной переменной HPORIGIN.

**Указанная исходная точка** – назначение новой исходной точки штриховки путем указания ее на чертеже или путем вычисления нового начала на основе прямоугольных границ контура для объекта штриховки (требуется указать один из четырех углов прямоугольника или его центр). Схематично положение исходной точки будет отражено в демонстрационном окне

**Сохранить как исходную точку по умолчанию** – сохраняет значение новой исходной точки штриховки в системной переменной HPORIGIN.

### 2.7.4.3. Параметры области «Дополнительные параметры»

Дополнительные параметры диалогового окна «Штриховка и градиент» раскрываются при нажатии кнопки  и включают четыре группы управляющих элементов – «Островки», «Сохранение контуров», «Набор объектов контура», «Допуск замкнутости» и «Заимствовать параметры» (рис. 2.72):

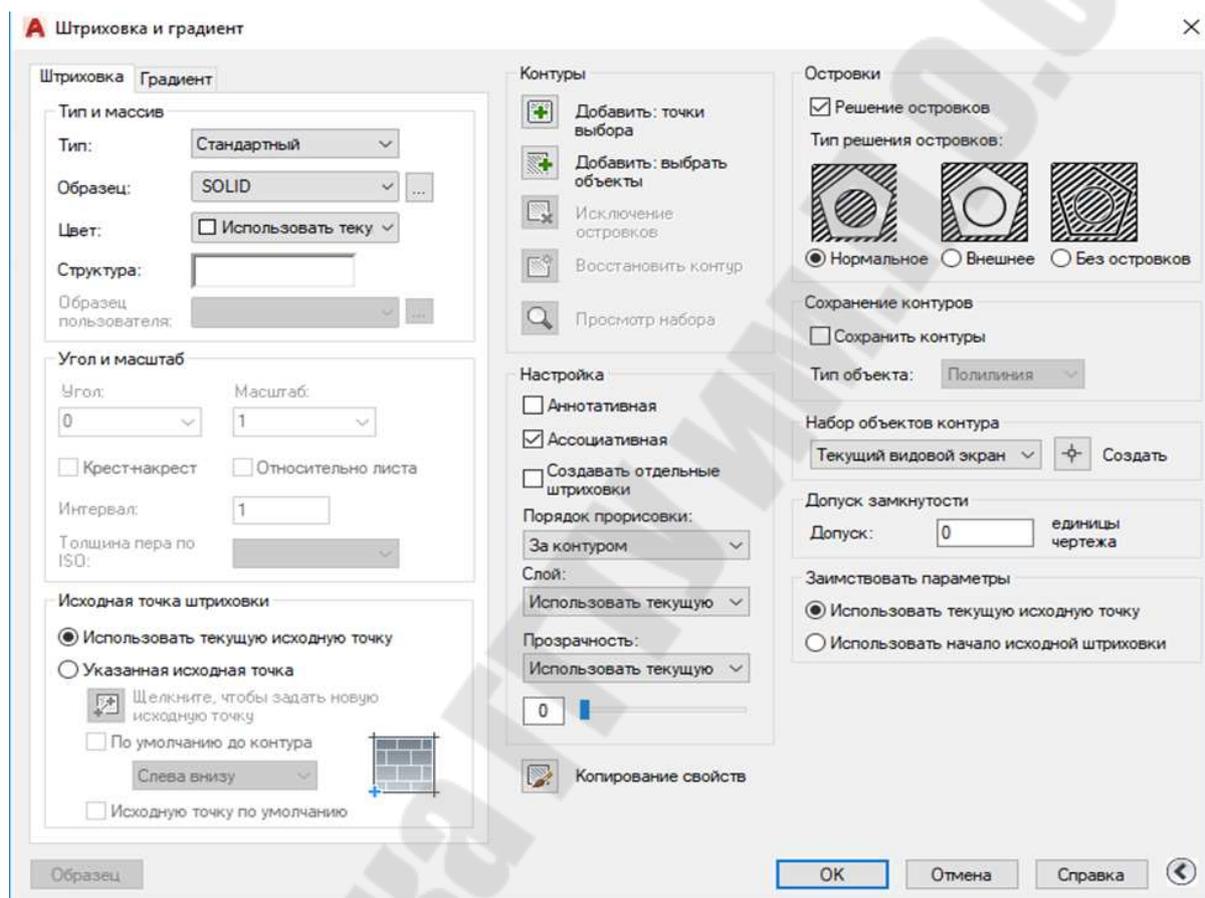


Рис. 2.72. Диалоговое окно «Палитра образцов штриховки» с дополнительными параметрами

**Группа «Островки»** – содержит набор настроек для определения способа нанесения штриховки или заливки при наличии контуров внутри внешнего контура:

**Определение островков** – активизирует возможность выбора стиля обнаружения внутренних замкнутых контуров - *островков*, одним из следующих способов:

**Нормальный** – штриховка или заливка наносятся вовнутрь, начиная от внешнего контура (рис. 2.73, а). При обнаружении внутреннего островка нанесение штриховки или за-

ливки прекращается до тех пор, пока внутри этого островка не будет обнаружен другой островок.

**Внешний** – штриховка или заливка наносятся вовнутрь, начиная от внешнего контура (рис. 2.73, б). В этом режиме штриховка или заливка наносится только в заданной области и не влияет на внутренние островки.

**Без островков** – штриховка или заливка наносятся с игнорированием всех внутренних объектов поверх них (рис. 2.73, в).

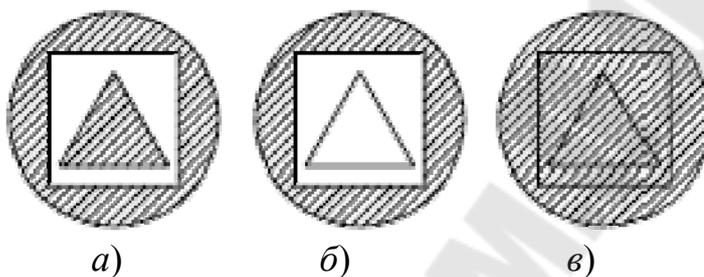


Рис. 2.73. Стили штрихования:

*a* – нормальный; *б* – внешний; *в* – без островков

**Группа «Сохранение контуров»** - указывает, создается ли объект, ограничивающий штриховку:

**Сохранить контуры** – активизирует режим создания объекта, ограничивающего каждый объект штриховки.

**Тип объекта** – определяет тип объекта (*полилиния* или *область*) для нового контура.

**Группа «Набор объектов контура»** – содержит настройки для определения набора объектов, анализируемых при создании контура от заданной точки. По умолчанию при использовании параметра «Добавить: Точка выбора» для определения контура, команда ШТРИХ анализирует все объекты в текущих границах видового экрана. Переопределяя набор контуров, можно исключать некоторые объекты из рассмотрения, не скрывая и не удаляя их из чертежа. На больших чертежах при переопределении набора контуров контур может строиться быстрее, поскольку команда ШТРИХ анализирует меньше объектов. Заданный набор не оказывает никакого действия, если контур штриховки определяется путем указания объектов.

**Текущий ВЭкран** – набор объектов контура определяется по всем объектам, расположенным внутри границ текущего видового экрана.

**Имеющийся** – набор объектов контура определяется по объектам, выбранным с помощью параметра «Создать».

**Создать** – задание набора объектов для проверки на соответствие указанной точке при создании штриховки. При нажатии этой кнопки окно «Штриховка и градиент» сворачивается и выдается запрос «Выберите объекты».

**Группа «Допуск замкнутости»** – содержит настройки для определения максимально допустимой величины зазора между объектами, образующими контур штриховки, в пределах от 0 до 5000, в единицах чертежа. Зазоры между объектами, величина которых не превышает заданного значения, игнорируются, а контур образованный такими объектами считается замкнутым.

**Группа «Заимствовать параметры»** - определяет, наследуется ли исходная точка штриховки при создании штриховки в режиме «Копирование свойств».

**Вкладка «Градиент»** диалогового окна «Штриховка и градиент» используется для заполнения областей штрихования градиентными заливками и содержит группы управляющих элементов «Цвет» и «Ориентация» (рис. 2.74).

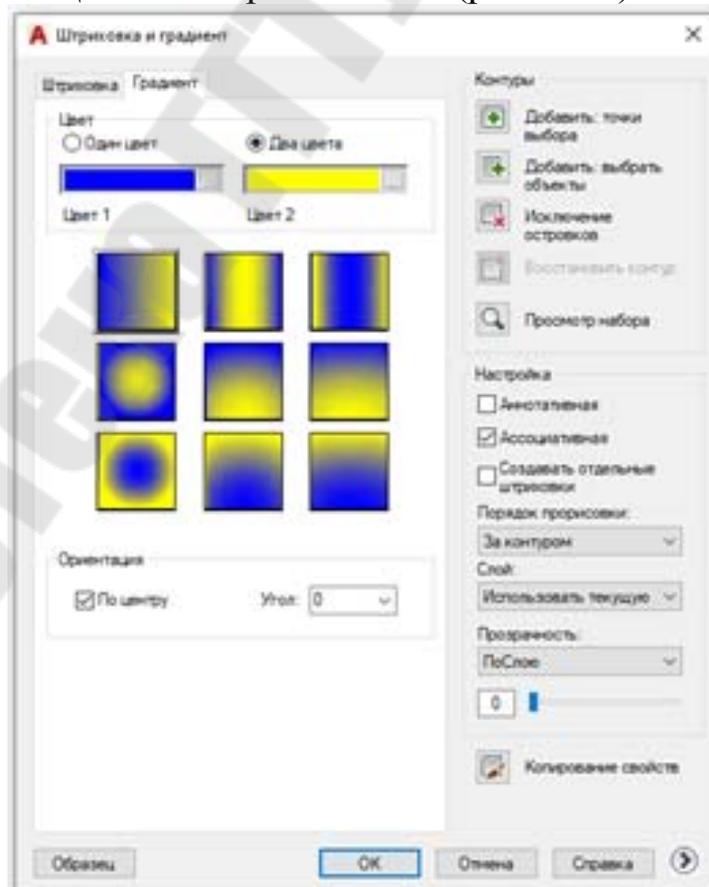


Рис. 2.74. Вкладка «Градиент» диалогового окна «Штрих и градиент»

**Группа «Цвет»** – содержит набор настроек для задания типа цветового перехода для заливки контура штриховки – монохромный или двухцветный:

**Один цвет** – заливка выполняется плавным переходом между некоторым цветом и заданным оттенком (смешение данного цвета с белым) или тоном (смешение данного цвета с черным).

**Два цвета** – заливка выполняется плавным переходом от одного цвета к другому.

Задание одного или двух цветов для градиентной заливки выполняется в диалоговом окне «Выбор цвета» при нажатии кнопки «Обзор» [...], а степень градиентного перепада цвета регулируется бегунком «Темнее ... светлее» с интерактивным отслеживанием результата настройки в окошках со стандартными образцами градиентной заливки (линейной, сферической и параболической).

**Группа «Ориентации»** - содержит настройки для задания типа угла градиента и его симметрии:

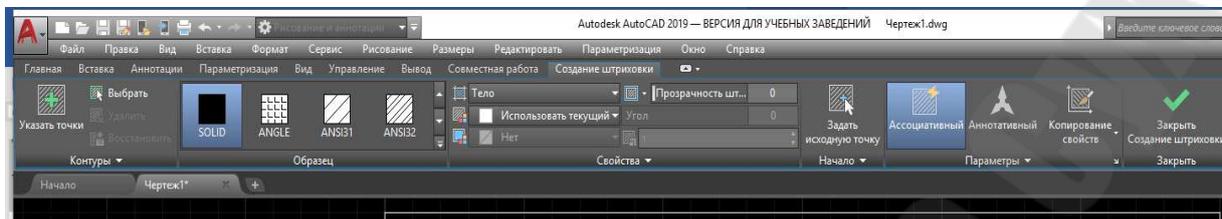
**По центру** – задание симметричной конфигурации градиента. Если параметр не выбран, градиентная заливка смещается вверх и влево, создавая таким образом иллюзию источника света, расположенного слева от объекта.

**Угол** – установка угла градиентной заливки относительно текущей ПСК и независимо от угла поворота штриховки.

Для вызова по команде **ШТРИХ** диалогового окна «Штриховка и градиент» без помощи опции *Параметры*, необходимо системной переменной **HPDLGMODE** задать значение 1. Реакция AutoCAD на другие значения переменной **HPDLGMODE** приведены в следующей таблице:

Значение	Описание
0	Диалоговое окно «Штриховка и градиент» не отображается для команд ШТРИХ и ГРАДИЕНТ, если в командной строке не введено «Настройки».
1	Диалоговое окно «Штриховка и градиент» выводится для команд ШТРИХ и ГРАДИЕНТ
2	При активной ленте (RIBBONSTATE = 1) диалоговое окно "Штриховка и градиент" для команд ШТРИХ и ГРАДИЕНТ не отображается. Если лента не активна (RIBBONSTATE = 0), диалоговое окно "Штриховка и градиент" отображается.

Аналогичные настройки штриховки в диалоговом окне «Штриховка и градиент» можно выполнить с помощью вкладки «Создание штриховки» ленты инструментов



### 2.7.5. 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).

С каждой надписью в AutoCAD связан *текстовый стиль*, который представляет собой именованную коллекцию параметров текста, определяющих внешний вид (гарнитура шрифта, размер шрифта, угол наклона, ориентация и др.). Использование текстовых стилей позволяет быстро форматировать текст, обеспечивая его соответствие государственным стандартам и стандартам предприятия, либо требованиям пользователя. Текстовый стиль можно создать заново или модифицировать (при этом изменения будут автоматически применены ко всем текстовым объектам на чертеже, использующим этот стиль). Созданный пользователем стиль может быть впоследствии модифицирован, переименован или удален.

#### 2.7.5.1. Создание однострочного текста

Для создания одной или нескольких строк текста можно использовать однострочный текст. При этом каждая строка текста является независимым объектом, который можно переносить, форматировать или изменять иным способом.

Для выполнения однострочного текста используется команда **ТЕКСТ**, которая может быть активирована из командной строки, из меню **Рисование**→**Текст**→**Однострочный**, а также нажатием кнопки **А** на панели или палитре инструментов.

Команда **ТЕКСТ** отображает следующие запросы и опции:  
**Укажите начальную точку текста** - задание начальной точки (1), относительно которой будет размещаться текстового объекта.  
**Высота** - задание высоты символов, которыми будет выполнен текст.

**Угол поворота текста** - задание угла поворота текстовой строки.



Запрос высоты текста не отображается, если текущий стиль текста не является аннотативным и для него не задана фиксированная высота.

Если последней была введена команда ТЕКСТ, а при отображении запроса на ввод начальной точки текста нажата клавиша Enter, запросы на ввод высоты листа и угла поворота не отображаются. Текст, введенный в поле для текста, размещается непосредственно под предыдущей строкой. Точка, указанная в ответе на запрос, также сохраняется в качестве точки вставки текста.

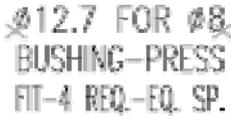
**Выравнивание** – опция управляет выравниванием текста относительно начальной точки (1) одним из следующих способов, перечисленных в таблице 2.1:

**Стиль** – задание текстового стиля, определяющего внешний вид текстовых символов. Если ввести ?, на экран выводится список текущих текстовых стилей, связанных с ними файлов шрифтов, значений высоты символов и других параметров.

*AUTOCAD*  
*AUTOCAD*  
**AUTOCAD**  
различные стили

Таблица 2.1

## Способы выравнивания текста

<i>Опция</i>	<i>Способы выравнивания</i>	<i>Пример</i>
<i>слева</i>	по левому краю базовой линии	
<i>Центр</i>	центрирование текста по базовой линии	
<i>вПраво</i>	по правому краю базовой линии	
<i>вИсанный</i>	ориентация и выравнивание текста по заданным начальной (1) и конечной (2) точкам базовой линии, за счет автоматического подбора высоты символов. Размер символов изменяется пропорционально их высоте. Чем длиннее текстовая строка, тем меньше символы	
<i>Середина</i>	по центру заданной горизонтальной базовой линии и высоты символов, включается высота подстрочных элементов букв (как, например, для букв: у, ц)	
<i>По ширине</i>	ориентация и выравнивание текста по заданным начальной и конечной точкам базовой линии, за счет автоматического подбора ширины символов без изменения их высоты. Чем длиннее текстовая строка, тем меньше ширина символов	
<i>ВЛ (Верх слева)</i>	по верхней левой точке (1) текстового объекта	
<i>ВЦ (Верх по центру)</i>	по верхней центральной точке (1) текстового объекта	
<i>ВП (Верх справа)</i>	по верхней правой точке (1) текстового объекта	
<i>СЛ (Середина слева)</i>	по средней (по вертикали) левой точке текстового объекта	
<i>СЦ (Середина центр)</i>	по средней центральной (по горизонтали) точке текстового объекта. В отличие от параметра «Середина», средняя точка рассчитывается по высоте прописных букв. В слу-	

	чае параметра "Середина" средняя точка вычисляется с учетом полной высоты букв, включая подстрочные элементы	
<b>СП (Середина справа)</b>	по средней правой точке текстового объекта	AUTOCAD <sub>1</sub>
<b>НЛ (Низ слева)</b>	по нижней левой точке текстового объекта	AUTOCAD <sub>1</sub>
<b>НЦ (Низ по центру)</b>	по нижней центральной точке текстового объекта	AUTOCAD <sub>1</sub>
<b>НП (Низ справа)</b>	по нижней правой точке текстового объекта	AUTOCAD <sub>1</sub>

**Пример 2.10.** Выполнить надпись «Привет, AutoCAD!» отцентрированной относительно точки с координатами (20, 40) и высотой шрифта 10мм.

Команда: **ТЕКСТ**

Выравнивание / Стиль / <Начальная точка>: **В**

ВП/Исанный/Поширине/Центр/С/Ередина/ВПРаво/ВЛ/ВЦ/ВП/СЛ/СЦ/СП/НЛ/НЦ/НП: **Ц**

Выравнивание / Стиль / <Начальная точка>: **20, 40**

Высота <0.20>: **10**

Угол поворота <0.0>: **0**

Текст: **Привет, AutoCAD!**

Текст: **ENTER**

### 2.7.5.2. Создание многострочного текста

Для создания длинных текстовых пояснений, состоящих из нескольких абзацев и меток на чертеже, содержащих сложные элементы форматирования используется *многострочный текст*. С помощью встроенного редактора текст можно переносить, форматировать или изменять различными способами.

Для выполнения многострочного текста используется команда **МТЕКСТ**, которая может быть активирована из командной строки, из меню **Рисование**→**Текст**→**Многострочный**, а также нажатием кнопки **A** на панели или палитре инструментов.

Команда **МТЕКСТ** запрашивает координаты противоположных углов прямоугольной области, в которой будет размещаться текст (рис. 2.75). Область многострочного текста содержит элементы управления, позволяющие изменять отступ первой строки, абзацные отступы слева и справа, размеры текстовой области, стиль табуляции.

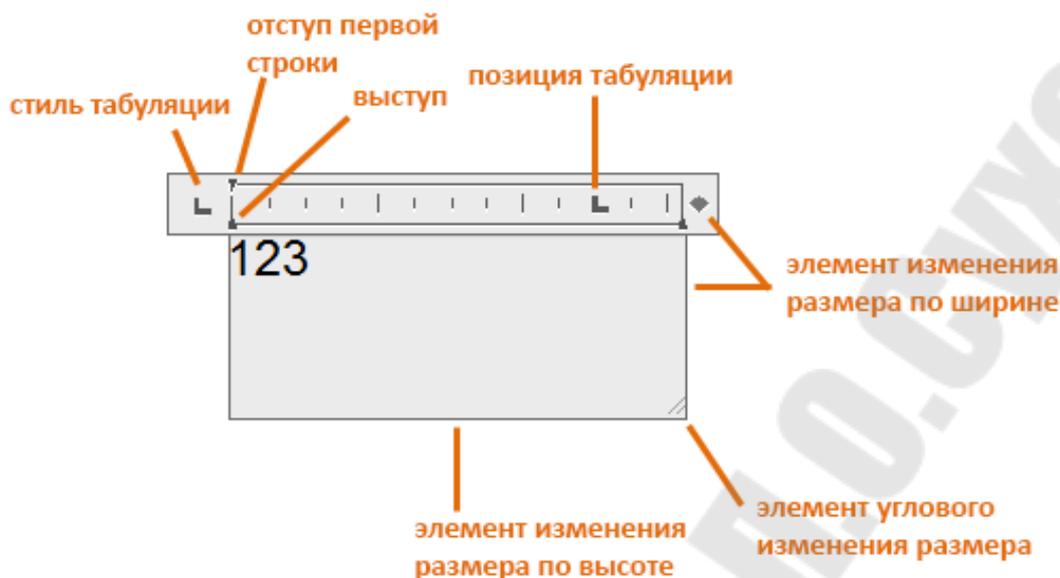


Рис. 2.75. Область многострочного текста и элементы управления.

На ленте-палитре инструментов отображается контекстная вкладка ленты «Текстовый редактор» (рис. 2.76).

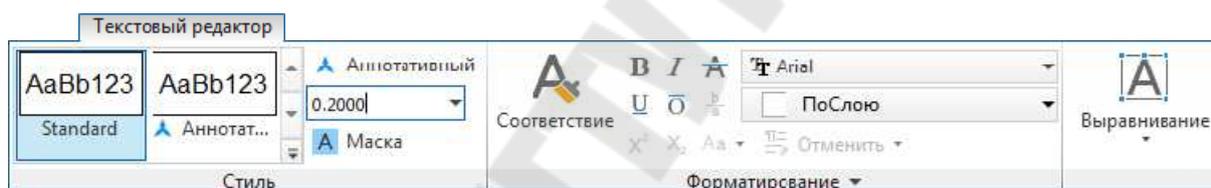


Рис. 2.76. Вкладка ленты «Текстовый редактор».

Если лента отключена, то отображается панель инструментов «Формат текста» (рис. 2.77).



Рис. 2.77. Панель инструментов «Формат текста».

Управление отображением панели инструментов «Форматирование текста» осуществляется системной переменной **MTEXTTOOLBAR** в соответствии со следующей таблицей.

Значение	Описание
0	Панель инструментов «Формат текста» никогда не отображается.
1	Панель инструментов «Формат текста» отображается при выборе объекта МТЕКСТ.
2	Панель инструментов «Формат текста» не отображается при включенной ленте.

В окне редактора из контекстного меню доступны следующие основные функции:

- изменение гарнитуры шрифта и высоты символов;
- использование жирного, наклонного и подчеркнутого текста;
- вставка символов из других наборов шрифтов;
- изменение цвета отдельных символов;
- оперативное управление способом выравнивания текста;
- поиск и замена текста;
- импорт текста из внешнего RTF-файла.

Пользователь вводит текст в области многострочного текста и форматирует его, используя имеющиеся инструменты. Для изменения отдельных символов, слов или абзацев необходимо выделить текст и изменить форматирование.

Для сохранения текста и выхода из редактора можно воспользоваться одним из следующих приемов:

- На контекстной вкладке ленты «Текстовый редактор» на панели «Заккрыть» нажать «Заккрыть текстовый редактор».
- Нажать ОК на панели форматирования текста.
- Щелчком указать точку на чертеже вне окна редактора.
- Нажать клавиши CTRL+Enter.

Для выхода из редактора без сохранения изменений необходимо нажать клавишу ESC.

Ввод многострочного текста можно выполнить без использования контекстного редактора, если использовать команду –МТЕКСТ.

### 2.7.5.3. Текстовые стили

При создании текста всегда используется *текущий* текстовый стиль, которым по умолчанию является стиль с именем STANDARD. Все текстовые стили, доступные в чертеже, перечислены в раскрывающемся списке «Стиль текста», который размещен на ленте инст-

рументов во вкладке «Аннотации»→панель «Текст»  
Standard и с помощью которого можно сделать текущим любой из этих стилей.

Все текстовые стили, кроме STANDARD, пользователю необходимо создавать самостоятельно. Создание и дальнейшее управление текстовыми стилями производится командой **СТИЛЬ**, которая может быть активирована из командной строки, из меню **Формат**→**Стиль текста**, а также нажатием кнопки  на панели или палитре инструментов.

Команда **СТИЛЬ** открывает диалоговое окно «Стили текста» (рис. 2.78), в котором можно создать и изменить стили текста, а также задать текущий именованный стиль.

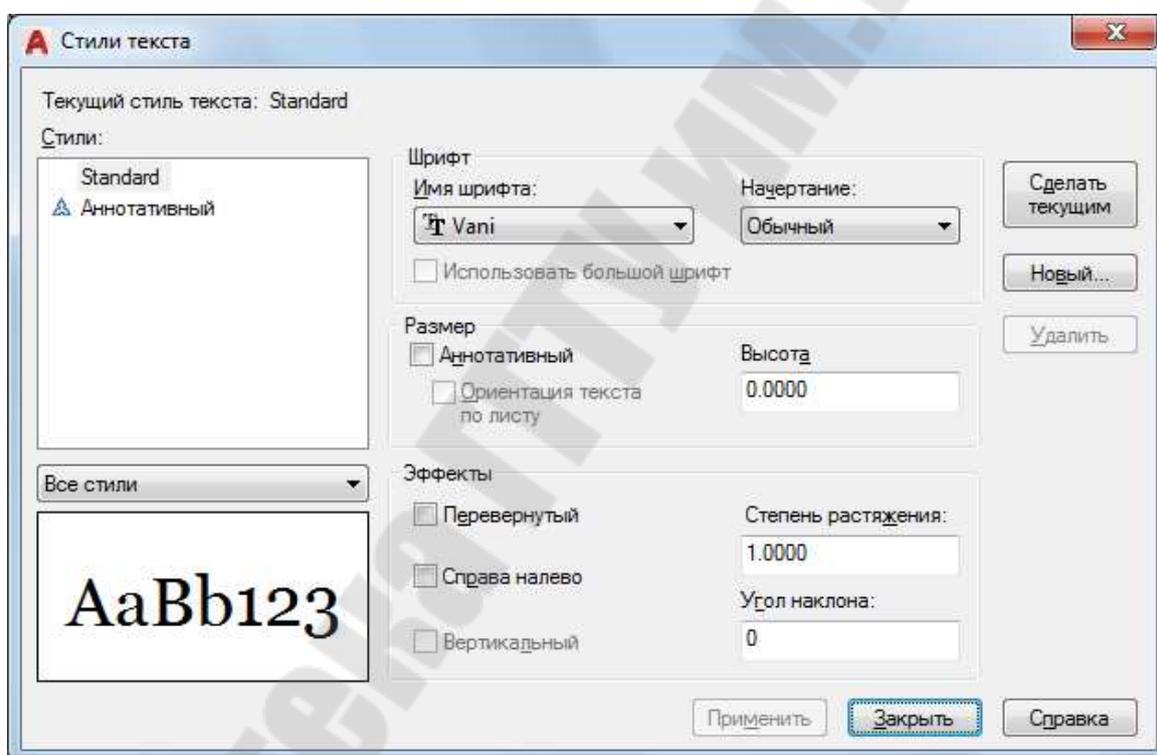


Рис. 2.78. Диалоговое окно «Стили текста»

Диалоговое окно вкладки «Стили текста» управляет следующими параметрами:

**Текущий стиль текста** – отображает текущий стиль текста.

**Стили** – список стилей текста данного чертежа. Значок  перед именем стиля показывает, что стиль является *аннотативным*.

**Все стили** – фильтр списка стилей, в котором можно выбрать для отображения *все стили*, или только *задействованные* (используемые).

**Окно просмотра** – отображает пробный текст, который динамически меняется при смене шрифтов и настройке эффектов стиля.

Группа «**Шрифт**» – содержит набор настроек для задания шрифта текстового стиля:

**Имя шрифта** – вывод списка всех зарегистрированных шрифтов TrueType и SHX-шрифтов, находящихся в папке Fonts.

**Начертание** – выбор начертания символов шрифта (курсив, полужирный или обычный). Если установлен флажок «Использовать большой шрифт», данный параметр заменяется параметром «Большой шрифт», который используется для выбора имени файла большого шрифта.

**Использовать большой шрифт** – использование файла большого шрифта (для азиатских языков). Большие шрифты могут быть созданы только на базе файлов SHX-шрифтов.

Группа «**Размер**» – содержит набор настроек для задания размера текста:

**Аннотативный** – указывает на то, что текст является аннотативным, т. е. любой текст, использующий этот стиль, отображался с одним и тем же размером и масштабом независимо от масштаба вида чертежа.

**Ориентация текста по листу** – определяет, что ориентация текста в видовых экранах пространства листа совпадает с ориентацией в разметке листа. Данный параметр недоступен, если отменен параметр «Аннотативный».

**Высота** – задание высоты символов текста. Ввод значения высоты, большего 0.0, приводит к автоматической установке данного значения для стиля текста. При вводе значения 0.0 высота символов текста по умолчанию устанавливается равной последнему использованному значению или значению, сохраненному в файле шаблона чертежа.

Группа «**Эффекты**» - содержит набор настроек для задания следующих текстовых эффектов:

**Перевернутый** – отображение символов перевернутыми.

**Справа налево** – отображение символов справа налево.

**Вертикальный** – написание текста сверху вниз. Вертикальное направление может быть выбрано, только если оно поддерживается используемым шрифтом.

**Степень растяжения** – задание числового значения  $k$  степени сжатия ( $k > 1$ ) или растяжения ( $k < 1$ ) символов.

**Угол наклона** – задание угла наклона символов текста в диапазоне от  $-85$  до  $85$  градусов.

Управляющие кнопки диалогового окна «Стили текста» выполняют следующие функции:

**Сделать текущим** – устанавливает выбранный в списке стиль текущим.

**Новый** – вызов диалогового окна «Новый текстовый стиль» и автоматическое предоставление его имени по умолчанию. Пользователь может изменить предложенное имя стиля на другое, при этом имя может содержать до 255 символов (буквы и цифры, а также некоторые специальные знаки: знак доллара (\$), подчеркивание ( \_ ) и дефис (-)). Новый стиль появится в списке «Стили» с параметрами, которые присутствовали перед этим в диалоговом окне «Стили текста».

**Удалить** – удаление неиспользуемых текстовых стилей.

**Применить** – применение изменений стиля, сделанных в диалоговом окне, к текущему стилю и к тексту текущего стиля в чертеже.

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.

Управление текстовыми стилями без использования диалогового окна «Стили текста» выполняется командой **СТИЛЬ** в командной строке.

## 2.8. Слои, цвета и типы линий

**Слои** подобны прозрачным листам кальки, лежащим поверх одного основного листа. На эти листы кальки нанесены графические образы различных объектов, объединенных или сгруппированных по некоторому признаку (например, по функциональному назначению, расположению и т. п.), а размещение этих объектов «привязано» к графическим объектам, находящимся на основном или на других листах (рис. 2.79).

Использование слоев позволяет упорядочивать объекты на чертеже, улучшить визуальное восприятие чертежа и повысить производительность работы за счет скрытия нерелевантных графических данных различных слоев, которые в данный момент не нужны для работы.

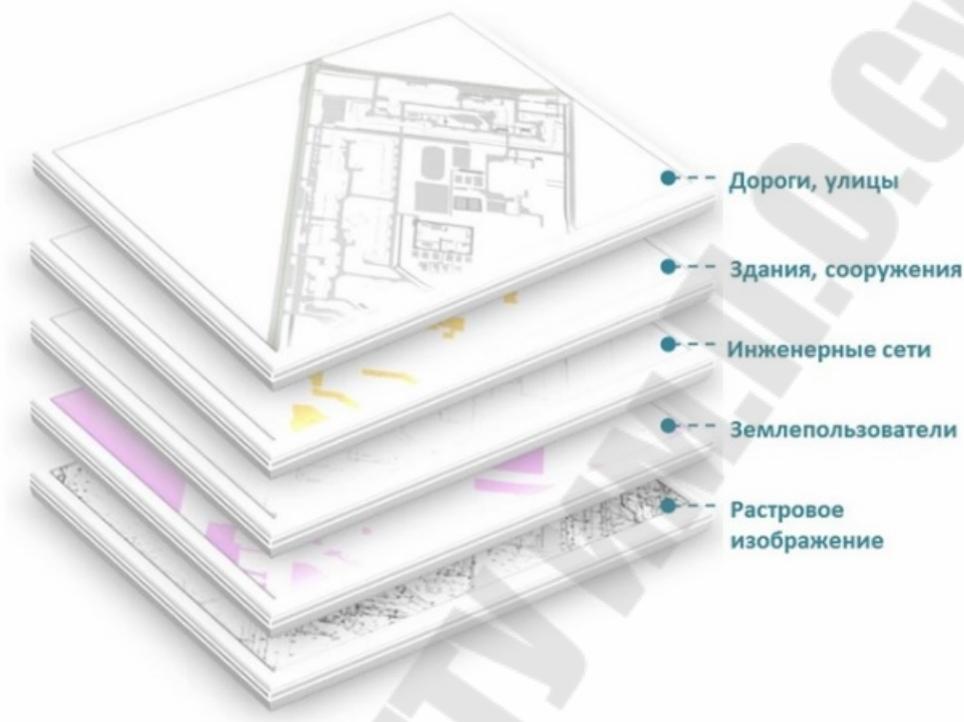


Рис. 2.79. Слои чертежа

Для всех слоев справедливы одни и те же установки рисунка:

- лимиты;
- система координат;
- коэффициент экранного увеличения.

Слои используются для управления видимостью объектов, размещенных на слое, и для автоматического назначения этим объектам таких свойств, как **цвет**, что позволяет визуально выделить группу элементов на чертеже, и **типы линии**, которые используются для быстрого распознавания таких элементов, как осевые или скрытые линии. Объекты, принадлежащие какому-либо слою, как правило, принимают свойства этого слоя. Например, можно создать слой для осевых линий, назначить ему голубой цвет и тип линии ОСЕВАЯ. Впоследствии, если потребуется построить осевую линию голубого цвета, достаточно просто переключиться на этот слой и начать рисование линии.

Система AutoCAD дает возможность пользователю задать такие свойства объектов, как **цвет**, **тип** и **вес линий**. Это позволяет использовать линии различного внешнего вида для определенной группы объектов или типа построения (основные и осевые линии, сплошные и пунктирные и т. д.).

**Цвет** для вычерчивания различных объектов особенно важно использовать для насыщенных чертежей и схем с нанесением водопроводных систем, электрических или тепловых сетей, строительных конструкций различными цветами, что делает такой чертеж легко читаемым.

**Тип линии** позволяет изменять вид линии, не изменяя его цвета и толщины. Примерами линий различного типа являются пунктирная, штрихпунктирная и т. п.

Тип линии описывается повторяющейся последовательностью штрихов, точек и пробелов, а линии сложных типов, могут включать в себя различные символы (рис. 2.80). 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. Пользователь имеет возможность создавать собственные типы линий.

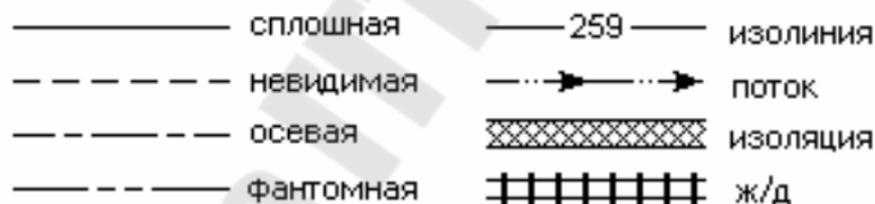


Рис. 2.80. Примеры типов линий

Далее рассмотрим, как в AutoCAD реализовано управление такими свойствами объектов, как слой, цвет и тип линий.

## 2.8.1. Работа со слоями

### 2.8.1.1. Управление слоями

Построенные объекты всегда размещаются на некотором слое. Им может быть, как слой уже имеющийся в чертеже, так и слой, дополнительно созданный пользователем.

Прежде чем приступить к построению сложного чертежа, содержащего различную информацию, необходимо создать набор слоев, назначив каждому слою *имя*, *цвет* и *тип линии*. Например, для плана дома могут потребоваться такие слои, как слой фундамента, слой

плана этажа, слой дверей, слой электрических компонентов, слой арматуры и т. д.

Любой чертеж AutoCAD изначально имеет слой с именем 0. По умолчанию слою 0 назначается *цвет 7* (белый) и *тип линии CONTINUOUS* (сплошная). Этот слой 0 и является основой, на которой удобно разместить базовые объекты чертежа и в дальнейшем накладывать новые слои с новыми объектами, графически «привязанными» к объектам слоя 0. Кроме того, слой 0 предназначен для управления цветом в созданных пользователем блоках объектов.

Для управления слоями используется **диспетчер свойств слоев**, диалоговое окно которого (рис. 2.81) активизируется командой СЛОЙ в командной строке или из меню **Формат**→**Слой**, а также нажатием кнопки  на панели *Слой* или палитре инструментов.

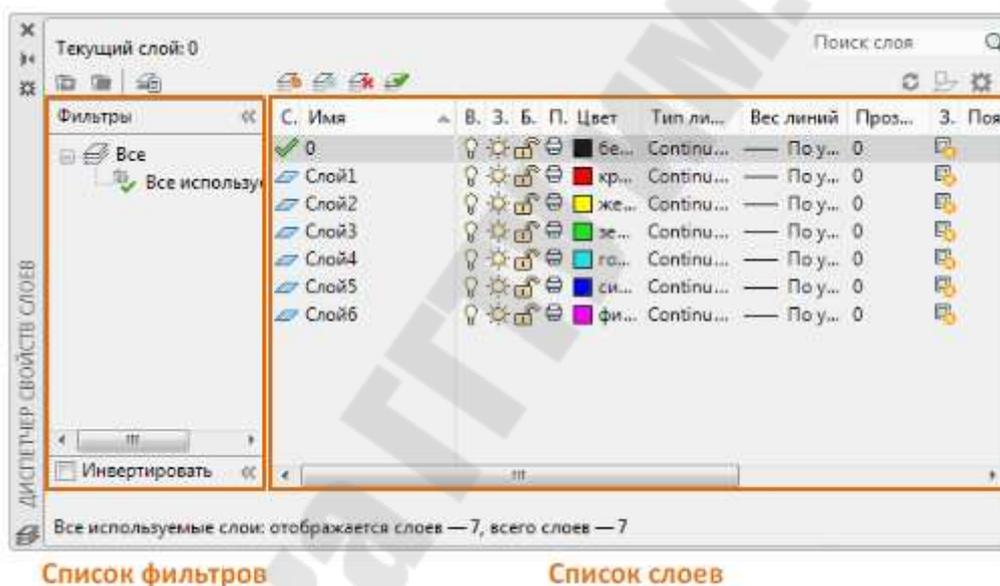


Рис. 2.81. Диспетчер свойств слоев

Диспетчер свойств слоев выполняет следующие действия:

- создание, переименование и удаление слоев;
- задание слоя текущим, на котором автоматически создаются новые объекты;
- задание свойств по умолчанию для объектов, вычерчиваемых на слое;
- настройка отображения или отключение видимости объектов на слое;
- управление печатью объектов на слое;
- блокирование слоя для предотвращения редактирования размещенных на нем объектов;

- управление свойствами отображения слоя для видовых экранов листа;
- сортировка, фильтрация и группирование имен слоев.

Помимо **Диспетчера свойств слоев** доступ к инструментам управления слоями можно получить на панели «Слои» вкладки «Главная» ленты инструментов (рис. 2.82).

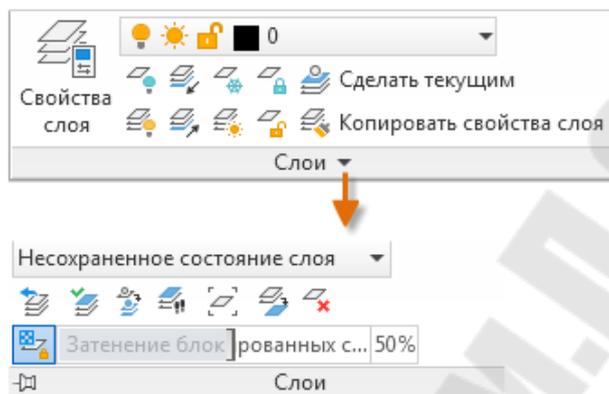


Рис. 2.82. Панели «Слои» вкладки «Главная» ленты инструментов

Далее будут рассмотрены возможности управления слоями в диалоговом окне «Диспетчер свойств слоев».

Диалоговое окно «Диспетчер свойств слоев» содержит *управляющие кнопки* и две области: *список слоев* и *список их фильтров*.

Управление слоями осуществляется с помощью следующих управляющих элементов диалогового окна:



**Новый слой** – создание слоя с именем по умолчанию, которое можно сразу же отредактировать. Новый слой наследует свойства выделенного в списке слоев.



**Замораживание нового слоя на всех ВЭ** – создание слоя и замораживание его во всех существующих видовых экранах листа.

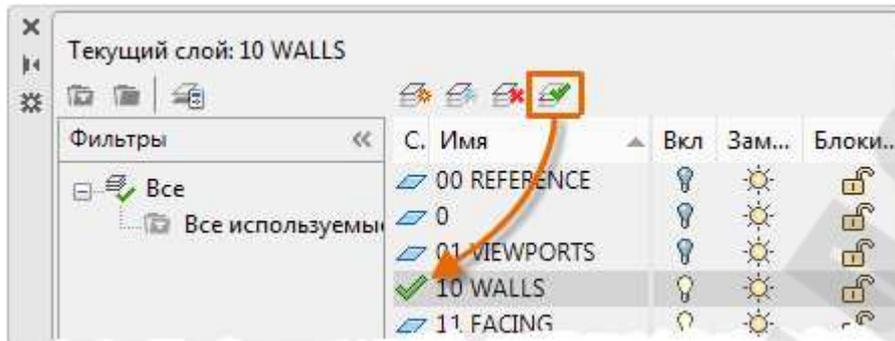


**Удалить слой** – удаляет выбранные слои. Ниже перечислены слои, которые нельзя удалить.

- слой 0 и слой определяющих точек;
- слои, содержащие объекты, включая объекты в определениях блока;
- текущий слой;
- слои, используемые во внешней ссылке.



**Сделать текущим** – установка выбранного слоя *текущим*. Все новые объекты автоматически помещаются на текущий слой. Текущий слой обозначается в Диспетчере свойств слоев зеленым флажком.



Слой нельзя сделать текущим в следующих случаях:

- слой заморожен;
- слой входит в состав внешней ссылки на другой чертеж.



**Диспетчер конфигураций слоев** – вызов Диспетчера конфигураций слоев, в котором можно сохранять и восстанавливать наборы параметров слоев (т. н. конфигурации слоев), а также управлять ими.



**Обновить** - обновление порядка списка слоев и сведений о статусе слоев.



**Переключить выделение переопределения** – включение или отключение выделения фона для переопределений свойств слоев.



**Параметры** – отображение диалогового окна «Параметры слоев», где можно задать различные параметры отображения.

### 2.8.1.2. Управление свойствами слоев

Область *списка слоев* содержит таблицу с перечнем имеющихся слоев в чертеже, а также кнопки, управляющие их свойствами и отражающие текущее состояние этих свойств, размещенные в колонках этой таблицы.

Столбцы таблицы списка слоев можно *сортировать*, щелкнув метку столбца, а также изменить их порядок, перетаскивая столбец в новое расположение.

В столбцах таблицы отражаются следующие свойства слоев:

**Статус** – отражает состояние слоя в виде мнемонического значка:

- ✓ слой является текущим;

-  слой содержит объекты;
-  слой не содержит объекты;
-  слой содержит объекты, и в видовом экране листа включено переопределение свойства;
-  слой не содержит объектов, и в видовом экране листа включено переопределение свойства;
-  слой содержит объекты, в видовом экране листа включены внешние ссылки и переопределения свойств видового экрана;
-  слой не содержит объекты, в видовом экране листа включены внешние ссылки и переопределения свойств видового экрана;
-  слой содержит объекты, переопределение свойств внешних ссылок включено;
-  слой не содержит объекты, переопределение свойств внешних ссылок включено;

**Имя** – отображается имя слоя или фильтра. Для ввода нового имени необходимо нажать F2.

**Вкл/Откл**  – включение и отключение выбранных слоев. Включенные слои видны на экране и выводятся на печать. Если слой отключен, он будет невидимым и не может быть напечатан (рис. 2.83).

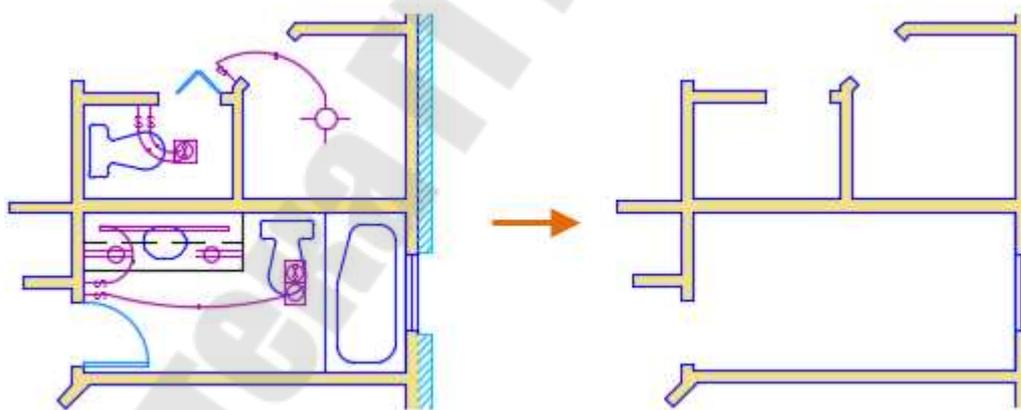


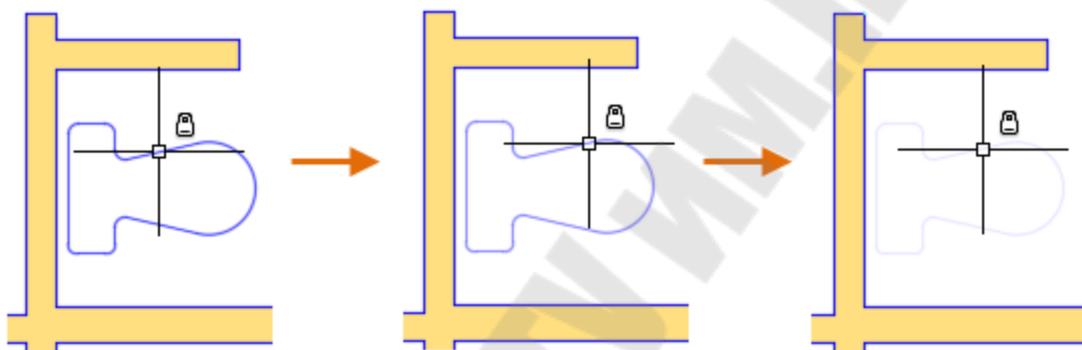
Рис. 2.83. Отключение слоев

**Заморозить**   – замораживание выбранных слоев. Слои можно заморозить для повышения производительности и уменьшения времени регенерации при построении сложных чертежей. Объекты на замороженных слоях не отображаются, не печатаются и не регенерируются. Рекомендуется замораживать слои, объекты которых нужно оставить невидимыми на долгое время. Если есть необходимость в частом переключении параметров види-

мости, то надо использовать параметр «Вкл/Откл», чтобы избежать регенераций чертежа.

**Блокировать**  – блокирование и разблокирование выделенных слоев. Блокирование слоев позволяет предотвратить случайное изменение расположенных на них объектов. Объекты на заблокированных слоях выглядят затененными, и при наведении курсора на такой объект отображается значок блокировки.

Для заблокированных слоев можно задать уровень слияния с фоном или скрыть их, что позволяет визуальнo упростить чертеж с сохранением наглядности и возможности объектной привязки. В этом примере задан уровень слияния с фоном 90, 50 и 25.



При работе с заблокированными слоями нужно учитывать следующее:

- затенение заблокированного слоя приводит к уменьшению видимости прозрачных объектов.
- затенения заблокированного слоя не влияет на отображение объектов при печати.
- для объектов, расположенных на заблокированных слоях, ручки не отображаются.

**Цвет**  – вызов диалогового окна «Выбор цвета», где можно задать цвет для выбранных слоев.

**Тип линий** – вызов диалогового окна «Выбор типа линий», где можно задать тип линий для выбранных слоев.

**Вес линий** – вызов диалогового окна «Вес линий», где можно задать вес линий для выбранных слоев.

**Прозрачность** – вызов диалогового окна «Прозрачность», где можно задать прозрачность для выбранных слоев в интервале от 0 до 90. Чем больше значение, тем более прозрачными выглядят объекты.

**Стиль печати** – вызов диалогового окна «Выбор стиля печати», где можно изменить стиль печати для выбранных слоев.

**Печать**   – управление возможностью вывода выбранных слоев на печать. Запрещение печати слоя не влияет на видимость его на экране. Слои, которые выключены или заморожены, не выводятся на печать, независимо от настроек в столбце «Печать».

**Замораживание на новых ВЭ**   – замораживание выбранных слоев на новых видовых экранах. Например, замораживание слоя DIMENSIONS на новых видовых экранах ограничивает отображение размеров на этих видовых экранах, но не влияет на их видимость на созданных ранее видовых экранах.

**Описание** – необязательное текстовое описание слоя или фильтра слоев.

Свойства, имеющие пометку ВЭ (видовой экран) предусмотрены для использования только на вкладках «Лист».

Область *списка слоев* можно оптимизировать с помощью *контекстного меню метки столбца*, которое вызывается при размещении курсора в области шапки таблицы свойств по щелчку правой кнопки мыши (рис. 2.84).

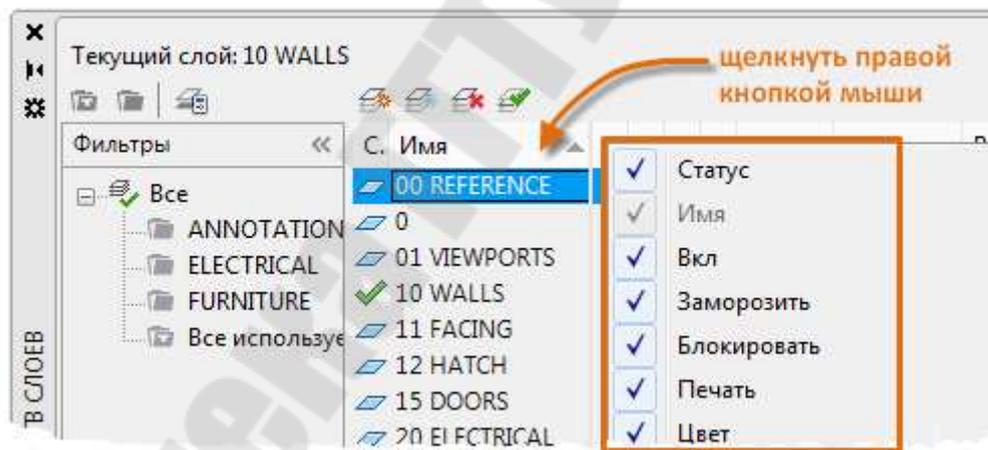
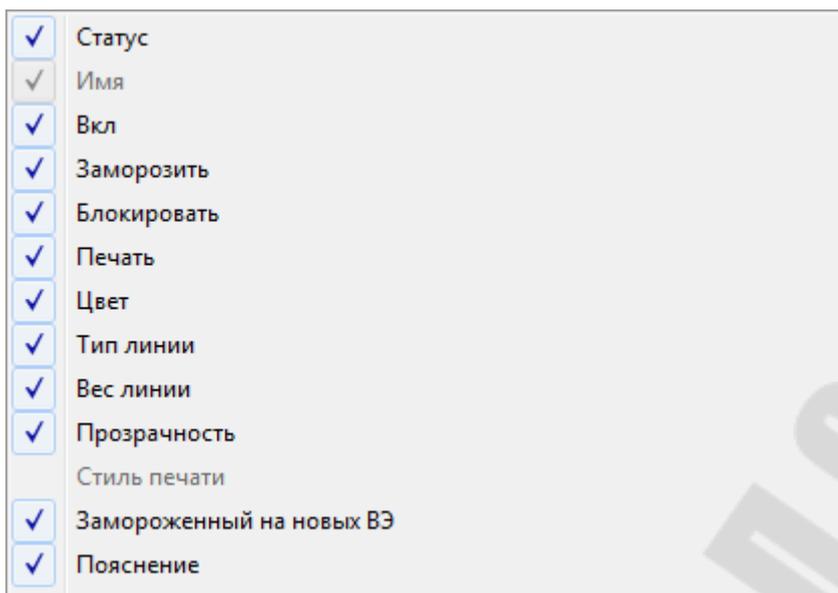


Рис. 2.84. Вызов контекстного меню метки столбца таблицы свойств слоев

В контекстном меню можно активировать имена столбцов и тем самым сформировать список отображаемых свойств слоев.



Контекстное меню также предлагает и другие функции:

**Адаптация** – вызов диалогового окна «Адаптация столбцов слоев», в котором можно включать и отключать режим скрытия и отображения столбцов или изменить порядок столбцов.

**Развернуть все столбцы** – изменение ширины всех столбцов в соответствии с их заголовками и содержимым.

**Развернуть столбец** – изменение ширины выбранного столбца в соответствии с его заголовком и содержимым.

**Оптимизировать все столбцы** – изменение ширины всех столбцов в соответствии с содержимым каждого из них.

**Оптимизировать столбец** – изменение ширины выбранного столбца в соответствии с его содержимым.

**Освободить столбец** – замораживание столбца и всех столбцов слева от него, видимых при прокрутке. Чтобы использовать прокрутку для столбцов, необходимо их разморозить.

**Восстановление стандартных настроек столбцов** – настройка отображения и ширины по умолчанию для всех столбцов.

Для управления слоями, представленными в *списке* можно использовать *контекстного меню списка слоев*, которое вызывается при размещении курсора на одном из слоев в списке по щелчку правой кнопки мыши (рис. 2.85).



Рис. 2.85. Вызов контекстного меню списка слоев

Контекстное меню содержит следующие инструменты:

**Показать дерево фильтров** – переключает режим «скрыть/раскрыть» списка. Аналогично действиям кнопки  .

**Показать фильтры в списке** – отображение фильтров слоев в верхней части списка слоев. Снимите этот флажок, чтобы в списке слоев отображались только слои.

**Установить** – установка выбранного слоя текущим. Аналогично функции .

**Новый слой** – создание нового слоя. Аналогично функции .

**Переименовать слой** – изменение имени слоя.

**Удалить слой** – удаление выбранных слоев из файла чертежа. Аналогично функции .

**Изменить описание** – изменение описания для выбранного слоя.

**Удалить из группового фильтра** – удаление выделенных слоев из группового фильтра слоев, который выбран в списке фильтров.

**Замораживание нового слоя во всех видовых экранах** – создание слоя и замораживание его во всех существующих видовых экранах листа, а также в новых видовых экранах. Аналогично функции .

**ВЭ-замораживание слоя** – замораживание выбранного слоя во всех новых и существующих видовых экранах листа.

**Размораживание слоя на всех видовых экранах** – размораживание выбранного слоя во всех новых и существующих видовых экранах листа.

**Изолировать выбранные слои** - отключение всех слоев за исключением выбранных.

**Объединение выбранных слоев в...** – объединение выбранных слоев в указанный слой. Объекты на выбранных слоях будут перенесены в новый слой и унаследуют его свойства.

**Выбрать все** – выделение всех слоев, которые отображаются в списке слоев.

**Очистить все** – отмена выбора всех слоев в списке.

**Выбрать все, кроме текущего** – выделение всех слоев, отображаемых в списке, за исключением текущего слоя.

**Инвертировать выбор** – выделение всех элементов списка, за исключением выделенных в настоящий момент.

**Инвертировать фильтр** – отображение всех слоев, не удовлетворяющих критериям активного фильтра свойств слоев.

**Фильтры слоев** – вызов списка фильтров слоев, включая фильтры слоев по умолчанию.

**Сохранить конфигурацию** – сохранение параметров текущего слоя в виде конфигурации слоев.

**Восстановить конфигурацию** – отображение *Диспетчера конфигураций слоев*, где можно выбрать конфигурацию слоев, которую надо восстановить.

### 2.8.1.3. Управление списком слоев

При большом количестве слоев может потребоваться, чтобы в списке имеющихся слоев диалогового окна перечислялись только определенные слои, отфильтрованные по заданным критериям. Для фильтрации слоев используется область **Фильтры** диалогового окна **Диспетчер свойств слоев**, содержащая инструменты фильтрации, которые позволяют отобразить в **Диспетчере свойств слоев** только те слои, которые имеют соответствующие параметры и свойства. Например, можно ограничить список слоев только теми слоями, которые включены и разморожены. для отображения списка слоев по заданным критериям. Чтобы развернуть или свернуть список фильтров необходимо нажать кнопки  .

Существует семь стандартных фильтров:

- **Все** – выводится список всех слоев текущего чертежа.
- **Все слои без внешних ссылок** – добавление в список всех слоев, на которые не ссылается чертеж внешней ссылки.
- **Все используемые слои** – добавление в список всех слоев, которые содержат объекты.
- **Внешняя ссылка** – вывод списка всех слоев, на которые ссылается чертеж внешней ссылки.
- **Переопределения внешних ссылок** – вывод списка всех слоев, на которые ссылается чертеж внешней ссылки, переопределением свойств слоев внешних ссылок.

- **Переопределения видового экрана** – добавление в список всех слоев, которые содержат переопределения свойств в текущем видовом экране листа.
- **Несогласованные новые слои** – добавление в список новых несогласованных слоев, добавленных с момента последнего открытия, сохранения, перезагрузки или печати чертежа.

Помимо стандартных способов фильтрации пользователь может формировать список слоев с помощью следующих инструментов:

**Поиск слоя**  - фильтрация списка по имени при вводе символов в текстовом поле.

**Новый фильтр по свойствам**  – вызов диалогового окна «Свойства фильтра слоев», где можно создать фильтр слоев.

**Новый групповой фильтр**  – создание фильтра слоев, включающего только те слои, которые будут помещены в него путем перетаскивания.

**Инвертировать фильтр** – отображение всех слоев, не удовлетворяющих критериям выбранного фильтра слоев.

Для управления слоями, соответствующим одному из фильтров, указанных в списке фильтров, можно использовать *контекстного меню списка фильтров*, которое вызывается при размещении курсора на одном из фильтров в списке по щелчку правой кнопки мыши (рис. 2.86).

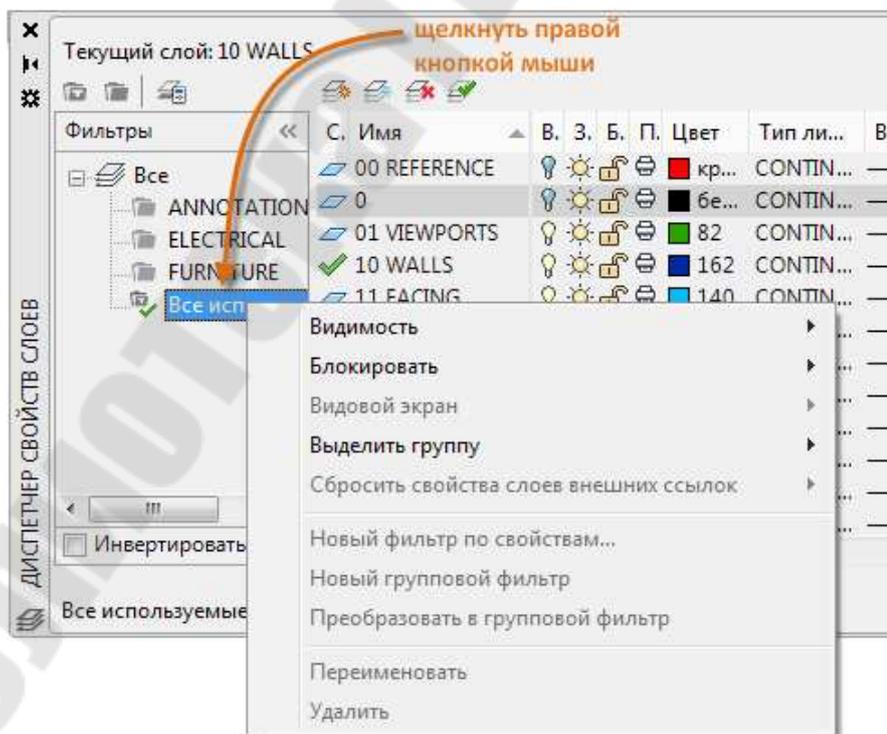


Рис. 2.86. Вызов контекстного меню списка фильтров

Контекстное меню содержит следующие инструменты:

**Видимость** – настройка видимости слоев в выбранных фильтрах.

**Блокировать** – настройка блокировки и разблокировки слоев в выбранных фильтрах.

**Видовой экран** – управление настройками замораживания слоев в выбранных фильтрах на текущем видовом экране *листа*.

**Выделить группу** – замораживание всех слоев, *не* включенных в выбранный фильтр.

**Сбросить свойства слоев внешних ссылок** – удаление переопределений свойств для выбранной внешней ссылки.

**Новый фильтр по свойствам** – вызов диалогового окна «Свойства фильтра слоя». Аналогично функции .

**Новый групповой фильтр** – создание группового фильтра слоев. Аналогично функции .

**Преобразовать в групповой фильтр** – преобразование выбранного фильтра по свойствам в групповой фильтр.

**Переименовать** – изменение имени выбранного фильтра слоев.

**Удалить** – удаление выбранного фильтра слоев. Пользователь не может удалить фильтры «Все», «Все используемые слои» или фильтры слоев внешних ссылок.

### 2.8.2. Работа с цветом

Для управления цветом при вычерчивании объектов используется команда **ЦВЕТ**, которая, может быть активирована из командной строки, из меню **Формат**→**Цвет**, а также нажатием кнопки  на палитре инструментов.

Команда **ЦВЕТ** открывает диалоговое окно «Выбор цвета» (рис. 2.87), в котором можно выбрать цвет для вычерчиваемых объектов из 255 цветов, входящих в Индекс цветов AutoCAD (ИЦА), а также из всей палитры или из альбома цветов, используя три предоставленных вкладки.

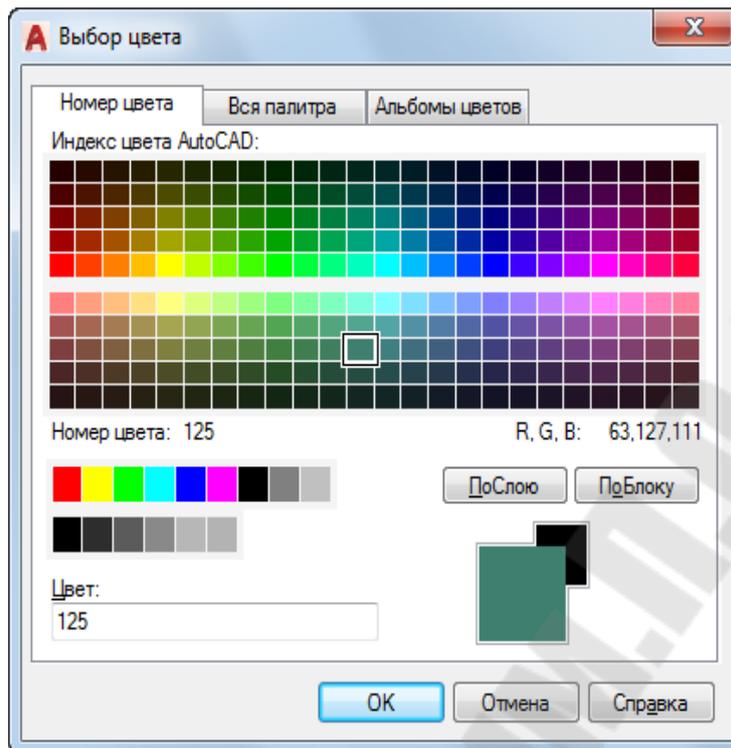


Рис. 2.87. Вкладка «Номер цвета»

Вкладка «*Номер цвета*» - предлагает выбрать один из 0-255 цветов из числа, входящих в Индекс цветов AutoCAD, используя следующие инструменты:

**Палитры индекса цветов (первая)** – содержит цвета с номерами от 10 до 249. Цвет фиксируется при нажатии кнопки мыши на соответствующей ячейке палитры для его выбора. При наведении курсора на цветную ячейку ниже палитры отображается номер цвета, а также значения красного, зеленого и голубого.

**Вторая палитра** – содержит цвета с номерами от 1 до 9. У этих цветов помимо номеров имеются также и имена.

**Третья палитра** – содержит цвета с номерами от 250 до 255, которые соответствуют оттенкам серого.

**Номер цвета** – показывает номер цвета при наведении курсора на ячейку палитры.

**R.G.B.** – показывает значение цвета в системе RGB (красный, зеленый, синий) при наведении курсора на ячейку палитры.

**По Слою** – установка логического значения цвета ПОСЛОЮ, при этом новым объектам будет назначаться цвет, назначенный слою, на котором они создаются.

**По Блоку** – установка логического значения цвета ПОБЛОКУ, при этом новым объектам будет назначаться цвет, по умолчанию

(белый или черный, в зависимости от конфигурации) до тех пор, пока они не будут объединены в блок. При вставке блока в чертеж все его объекты принимают цвет блока.

**Цвет** – поле для указания имени цвета, логических значений ПОСЛОЮ или ПОБЛОКУ или номера индекса цвета AutoCAD (ACI) от 1 до 255.

**Образец старого/нового цвета** – демонстрационное окно для отображения цвета, выбранного в настоящий момент на фоне последнего выбранного цвета.

Вкладка «*Вся палитра*» – предлагает выбрать цвет с использованием полноцветной палитры (рис. 2.88).

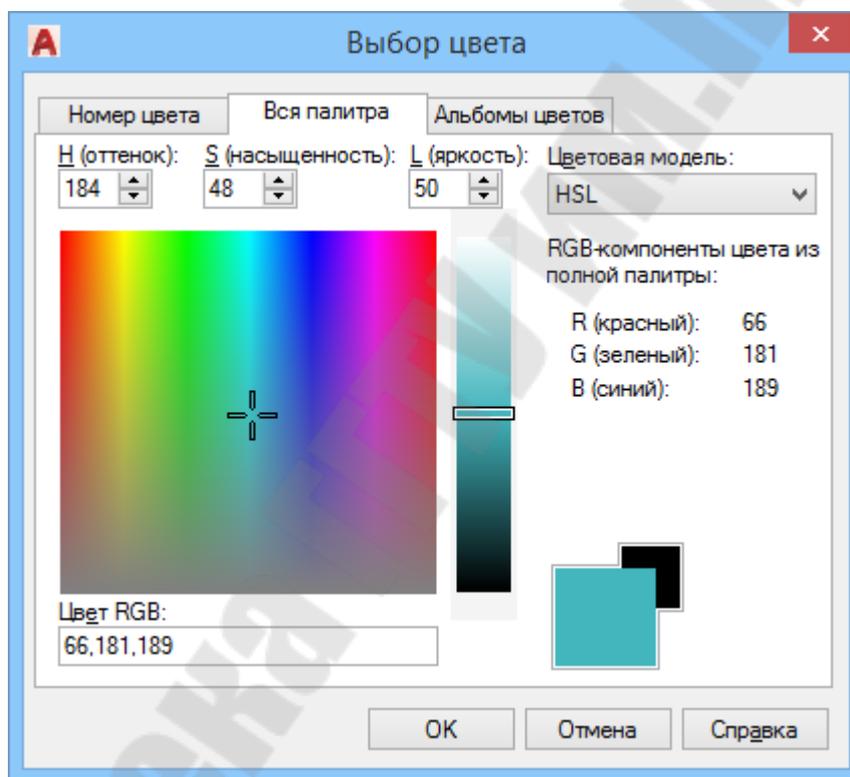


Рис. 2.88. Вкладка «Вся палитра»

Цвет выбирается с помощью цветовой модели HSL (оттенок, насыщенность, яркость) или RGB (красный, зеленый, синий). Полная палитра содержит более 16 миллионов цветов. В зависимости от выбранной цветовой модели на вкладке «Вся палитра» доступны различные параметры:

**Цветовая модель HSL**– указывает цветовую модель HSL для выбора цветов. Изменяя значения свойств *H(оттенок)*, *S(насыщенность)* и *L(яркость)*, можно задать огромное количество цветов.

- ***H(оттенок)*** – задается значение оттенка цвета, который представляет собой определенную длину волны света внутри видимого спектра. Задать оттенок можно, используя цветовой спектр (перемещая курсор по цветовому полю) или установив числовое значение в поле «оттенок» в пределах от 0 до 360 градусов.
- ***S(насыщенность)*** – задается значение чистоты цвета. При высокой насыщенности цвет выглядит более чистым, в то время как при низкой насыщенности цвет выглядит «помятым». Задать насыщенность можно, используя цветовой спектр или установив числовое значение в поле «Насыщенность» в пределах от 0 до 100%.
- ***L(яркость)*** – задается значение яркости цвета. Задать яркость цвета можно, перемещая указатель по шкале или установив числовое значение в поле «Яркость» в пределах от 0 до 100%. При значении яркости 0% цвет становится черным, 100% белым. Оптимальное значение яркости цвета 50%.
- ***Цветовой спектр*** – перемещая курсор позволяет указать оттенок (перемещение по горизонтали) и чистоту цвета (перемещение по вертикали).

**Цветовая модель RGB** – указывает цветовую модель RGB для выбора цветов. Изменяя значения интенсивности трех составляющих компонентов цвета: красного (R), зеленого (G) и синего (B), можно задать огромное количество цветов. Значения задаются перемещением соответствующих ползунков или путем ввода чисел от 1 до 255 в соответствующих полях.

- ***Цвет RGB*** – значение цвета в модели RGB. Данный параметр устанавливается соответствующими ползунками или редактируется с клавиатуры в формате 000,000,000.
- ***RGB-компоненты цвета из полной палитры*** – табло значений компонентов цвета в модели RGB

Вкладка «*Альбомы цветов*» – предлагает выбрать цвет с использованием альбомов сторонних разработчиков или пользовательских альбомов цветов (рис. 2.89), используя следующие инструменты:

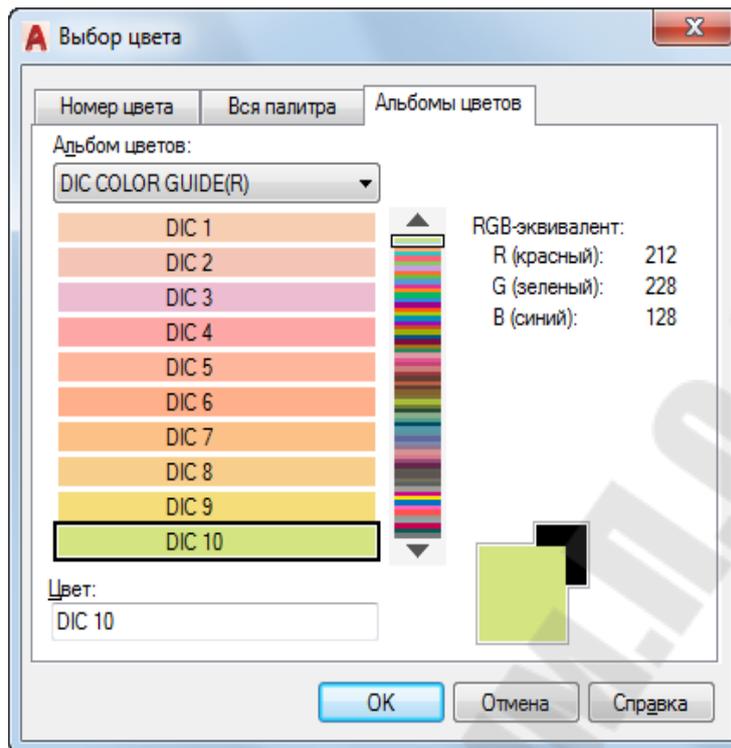


Рис. 2.89. Вкладка «Альбомы цветов»

**Альбом** – выбор альбома цветов, который будет использоваться для задания цвета. Поддерживаются альбомы цветов, содержащие до десяти цветов на страницу. Для просмотра содержимого альбома следует выбрать нужную цветовую область на шкале цветов или перемещаться по страницам альбома с помощью кнопок со стрелками.

**RGB-эквивалент** – табло значений компонентов цвета в модели RGB.

**Цвет** – имя выбранного в настоящий момент цвета из альбома.

### 2.8.3. Работа с типами линий

Тип линии представляет собой визуальное свойство геометрических объектов. Линии могут быть непрерывными или формироваться из последовательности штрихов, точек, текста и символов.



*Текущий тип линий* определяет внешний вид по умолчанию для всех новых геометрических объектов. Текущий тип линий можно посмотреть на панели «Свойства» на вкладке ленты «Главная» (рис.2.90), если нет выбранных объектов.

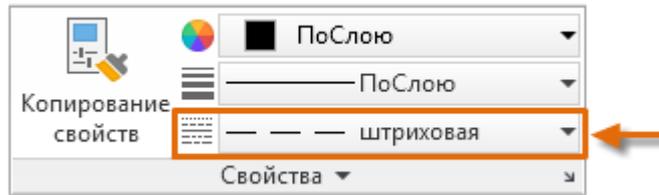


Рис. 2.90. Панель «Свойства»

Минимальный набор типов линий, предлагаемый AutoCAD при создании нового чертежа, включает следующие:

*Continuous* – объекты будут вычерчиваться сплошными линиями без разрывов.

*ПоСлою* – объекты будут вычерчиваться типом линии, назначенным текущему слою.

*ПоБлоку* – объекты будут вычерчиваться типом линий Continuous до тех пор, пока эти объекты не будут включены в определение блока. При вставке блока в чертеж, его объектам присваивается текущий тип линий.

Для управления типами линий используется **диспетчер типов линий**, диалоговое окно которого (рис. 2.89) активизируется командой **ТИПЛИН** в командной строке или из меню **Формат**→**Типы линий**, а также нажатием кнопки  на панели *Свойства* палитры инструментов.

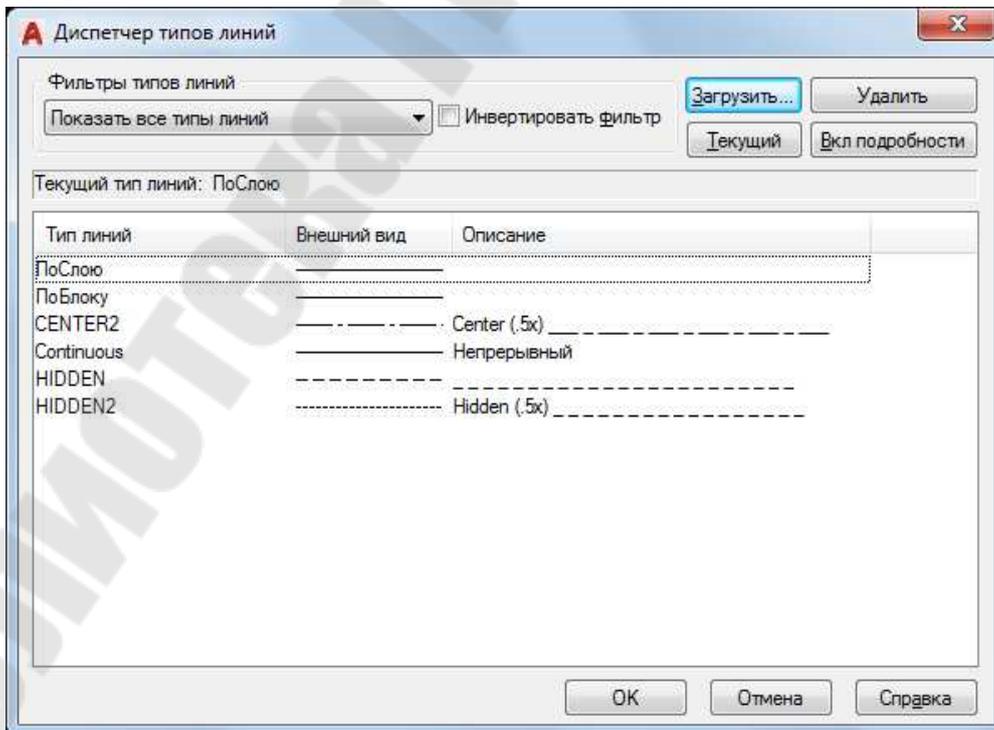


Рис. 2.89. Диалоговое окно «Диспетчер типов линий»

Диспетчер отображает текущий тип линий и список типов линий, уже загруженных в чертеж, с указанием имени, внешнего вида и описания каждого типа линии. Диспетчер предлагает следующий набор элементов управления:

**Фильтры типов линий** – выпадающий список, в котором пользователь определяет, какие типы линий выводятся в списке: *все* загруженные в чертеж, *используемые* в объектах, *зависимые* от внешних ссылок.

**Инвертировать фильтр** – отбор типов линий для вывода в списке, не удовлетворяющих условию установленного фильтра.

**Загрузить** – вызов диалогового окна «Загрузка/перезагрузка типов линий» для загрузки в чертеж дополнительных типов линий из соответствующего файла (*acad.lin* для британских единиц измерения и *acadiso.lin* для метрических единиц) и добавления их в список.

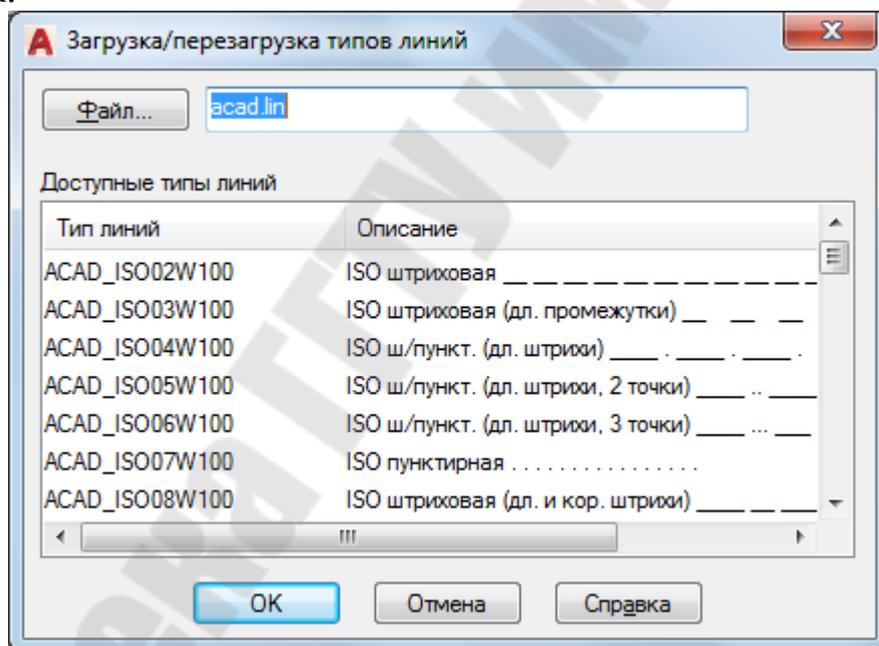


Рис. 2.90. Диалоговое окно «Загрузка/перезагрузка типов линий»

В списке «Доступные типы линий» перечисляются доступные для загрузки типы линий, имеющиеся в библиотечном *lin*-файле (с помощью кнопки «Файл» можно выбрать другой файл с типами линий). Для выделения типа линий для загрузки необходимо:

- щелкнуть правой кнопкой мыши по названию одного из типов линий (если выбирается один тип линии);
- щелкнуть правой кнопкой мыши по названиям нескольких типов линий, при нажатой клавише Ctrl (если выбирается несколько типов линий);

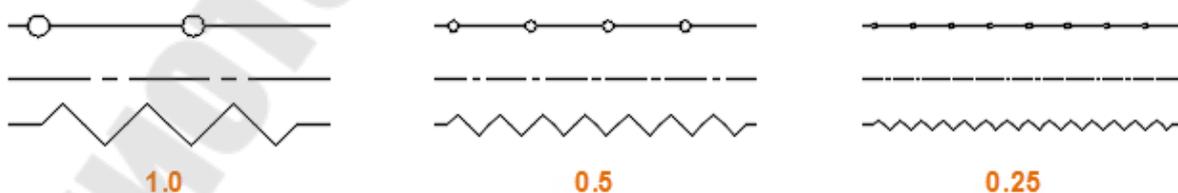
- из контекстного меню выбрать «Выбрать все» (если выбираются все типы линий).

**Текущий** – устанавливает выбранный тип линий текущим. Установка текущего типа линий ПОСЛОЮ означает, что создаваемые объекты принимают тот тип линий, который назначен их слою. Установка типа линий ПОБЛОКУ означает, что объекты принимают тип линий CONTINUOUS, пока не будут объединены в блок. При вставке блока все его объекты наследуют тип линий этого блока.

**Удалить** – удаляет выбранные типы линий из чертежа. Удалить можно только неиспользуемые типы линий. Типы линий ПОСЛОЮ, ПОБЛОКУ и CONTINUOUS удалить нельзя.

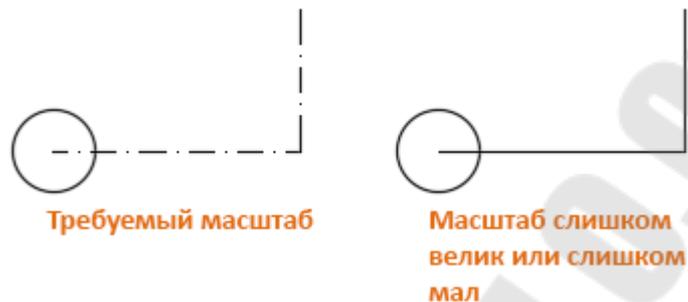
**Вкл/Откл подробности** – включение/отключение в Диспетчере типов линий группы опций «Подробности»:

- **Имя** – отображает и позволяет редактировать имя выбранного типа линий. Пользователь может переименовывать типы линий для придания их названиям смыслового значения в контексте конкретного чертежа.
- **Описание** – отображает и позволяет редактировать текстовое описание для выбранного типа линий.
- **Масштаб в единицах пространства листа** – задание идентичного масштабирования типов линий в пространствах листа и модели.
- **Глобальный масштаб** – установка значения глобального масштабного коэффициента для всех типов линий. Масштаб типа линий определяет размер и интервал повторения символов в линиях определенного типа для каждой единицы чертежа. Ниже приведен пример масштабирования типов линий с коэффициентами 1, 0.5 и 0.25



- **Текущий масштаб** – установка масштаба типа линий для вновь создаваемых объектов. Результирующий масштаб равен произведению значений глобального масштаба и текущего масштаба объекта. Если объект отображается с непрерывным типом линий несмотря на то, что для него за-

дан прерывистый тип линий, возможно для этого объекта нужно указать другой масштаб типа линий либо изменить его для конкретного объекта с помощью палитры «Свойства».



- **Толщина пера по ISO** – установка масштаба типа линий одного из стандартных значений по ISO. Результирующий масштаб равен произведению значений глобального масштаба и текущего масштаба объекта.

Для полилинии имеется возможность центрировать образец типа линий в пределах каждого сегмента, либо размещать его непрерывно по всей ее длине, задавая значение системной переменной PLINEGEN соответственно значение 0 или 1.

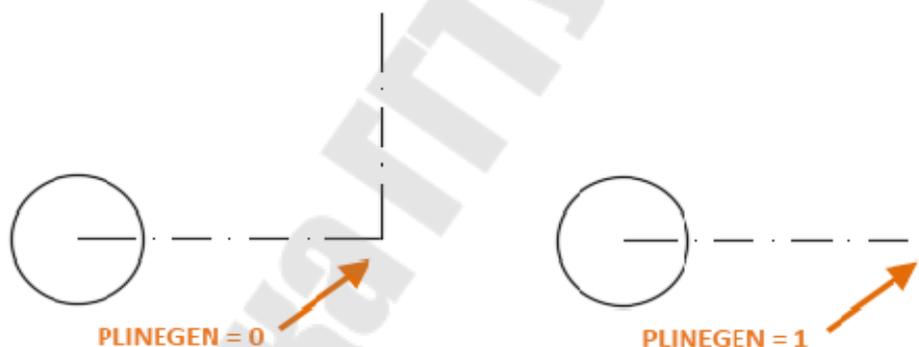


Рис. 2.91. Центрирование образца типа линии для полилинии

### 1.9. Методы редактирования

После размещения на чертеже графических объектов у пользователя появляется необходимость внесения изменений каких-либо изменений: геометрии объектов, их размещения и компоновки, отдельных свойств и т. п., которая может быть вызвана как допущенными ошибками, так и желанием улучшить дизайн чертежа.

Для внесения изменений в текущий чертеж используются команды редактирования, которые могут быть активизированы в ко-

мандной строке. Основная часть команд вынесена в раздел меню РЕДАКТИРОВАНИЕ и на одноименную панель инструментов.

В AutoCAD используются два способа выполнения команд редактирования - сначала вызывается команда редактирования, а потом указываются объекты, к которым она должна быть применена и наоборот, сначала выбираются объекты, а затем команда, которая с ними работает. Но в любом случае пользователь должен будет выбрать объекты для редактирования.

### 2.9.1. Выбор объектов

Перед выполнением каких-либо действий по редактированию чертежа, пользователь должен создать *набор выбора* из редактируемых объектов (одного или нескольких). В процессе формирования набора выбора пользователь может добавлять объекты и удалять их из набора. В дальнейшем с одним и тем же набором выбора можно производить несколько операций редактирования.

Управление *набором выбора* объектов для редактирования выполняется с помощью команды **ВЫБРАТЬ** (если используется способ редактирования, когда сначала выбираются объекты, а потом выбирается команда редактирования) или непосредственно в команде редактирования сразу после ее активации. Команда ВЫБРАТЬ или любая команда редактирования выдаст запрос «*Выберите объекты*», при этом перекрестье курсора преобразуется в прицел выбора (рис. 2.92).

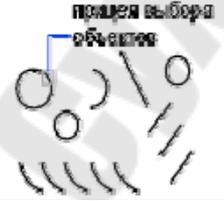


Рис. 2.92. Прицел выбора

Режимы и соответствующие способы формирования набора выбора объектов переключаются с помощью опций и приведены в табл. 2.2.

Таблица 2.2

## Способы выбора объектов

<i>Режим</i>	<i>Способы выбора</i>	<i>Пример</i>
<b>Прицел</b> (предлагается по умолчанию)	Выбор объекта производится наведением прицела на объект и нажатием левой кнопки мыши, при этом контур объекта помечается	
<b>Рамка</b>	Выбираются все объекты, <i>полностью лежащие в прямоугольной рамке</i> , развернутой пользователем с указанием двух противоположных угловых точек (1) и (2)	
<b>Секрамка</b>	Выбираются объекты, <i>полностью лежащие или пересекающиеся</i> прямоугольной рамкой, развернутой пользователем с указанием двух противоположных угловых точек (1) и (2)	
<b>Последний</b>	Выбирается последний созданный объект, видимый на экране. Объект должен находиться в текущем пространстве, т. е. в пространстве модели или листа, а его слой не должен быть заморожен или выключен	
<b>Бокс</b>	Выбор аналогичен способу <b>Рамка</b> , если угловые точки рамки указывались слева-направо, и <b>Секрамка</b> , если точки рамки указывались справа-налево	
<b>Все</b>	Выбор всех объектов, за исключением объектов, принадлежащих замороженным или заблокированным слоям	

<b>Линия</b>	Выбираются объекты, пересекающие линию выбора, вершины которой указываются пользователем	 выбор линией
<b>РМн-угол</b>	Выбираются все объекты, полностью заключенные внутри многоугольника, вершины которого указывает пользователь	 выбор многоугольной рамкой
<b>СМн-угол</b>	Выбираются все объекты, полностью или частично заключенные внутри многоугольника, вершины которого указывает пользователь	 выбор с помощью многоугольника
<b>Группа</b>	Выбираются все объекты, входящие в одну или несколько именованных или неименованных групп. При указании неименованной группы перед ее именем следует добавлять звездочку (*)	
<b>Добавить</b>	Активация режима добавления объектов в текущий набор с помощью любого способа выбора объектов	 добавление выбранных объектов
<b>Удалить</b>	Активация режима удаления объектов из текущий набор с помощью любого способа выбора объектов. Исключение объектов из набора можно выполнять, указывая их прицелом при нажатой клавише Shift в режиме добавления	

<i><b>Несколько</b></i>	Выбор объектов по одному без их выделения во время выбора объектов. При этом ускоряется выбор объектов при работе с очень сложными объектами	
<i><b>Пред</b></i>	Выбор последнего набора объектов	
<i><b>Отменить</b></i>	Отмена последнего действия по добавлению в набор объектов	
<i><b>Авто</b></i>	Объект выбирается при наведении на него прицела. Если навести прицел на пустую область внутри или снаружи объекта, задается первый угол рамки или секущей рамки, т.е. включается режим «Бокс». Способы «Авто» и «Добавить» используются по умолчанию	
<i><b>Единственный</b></i>	Выбор объекта (или нескольких объектов) автоматически заканчивается после однократного указания	

Настройка параметров выбора (размер прицела, предварительный выбор объектов, использование Shift для добавления и др.) выполняется в диалоговом окне «Параметры» и закладки «Выбор» (рис. 2.93), которое вызывается командой **НАСТРОЙКА** или щелчком правой кнопки мыши в рабочей области рисования и выбором пункта «Параметры» контекстного меню.

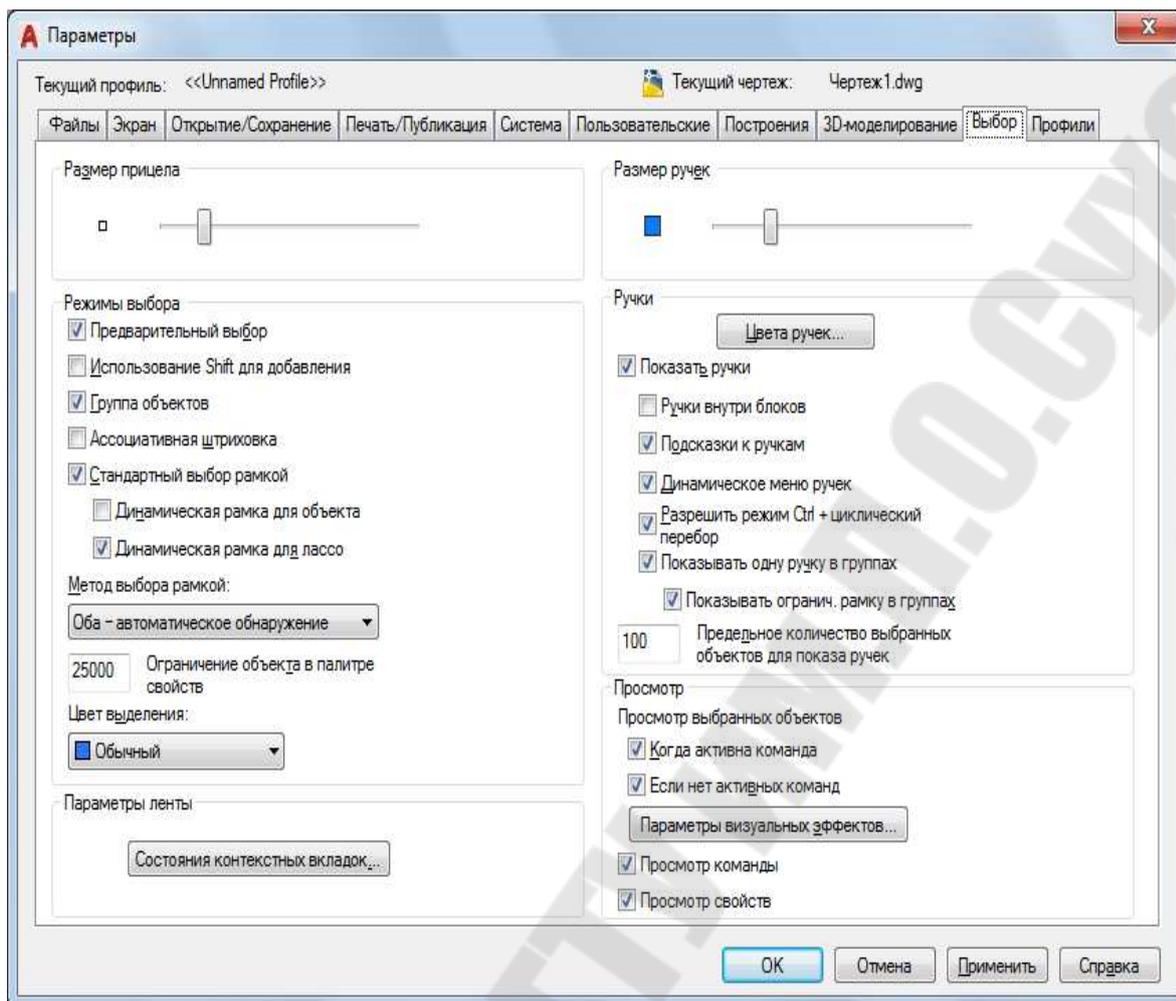


Рис. 2.93. Вкладка «Выбор» диалогового окна «Параметры»

### 2.9.2. Редактирование свойств объектов

Свойства объектов используются для организации чертежа за счет управления их внешним видом и поведением.

У каждого объекта есть *общие свойства*, включая его слой, цвет, тип линий, масштаб типа линий, вес линий, прозрачность и стиль печати. Кроме того, объекты обладают *специальными* свойствами, специфическими для их типа, например, для круга таковыми являются его радиус и площадь.

Команда **СВОЙСТВА** позволяет изменить *общие* свойства объектов с указанием конкретного свойства для изменения в командной строке. Команда просит указать объекты для редактирования, после чего с помощью соответствующих опций позволяет изменить свойства:

**Цвет** – изменение цвета выбранных объектов. Например, чтобы изменить цвет на красный, нужно ввести *красный* или 1. Чтобы установить цвет объекта равным цвету его слоя, следует ввести

ПОСЛОЮ. Чтобы объект унаследовал цвет блока, в который он входит, следует ввести ПОБЛОКУ.

**Слой**– изменение слоя выбранных объектов. Пользователь должен указать имя нового слоя.

**Тип** – изменение типа линий выбранных объектов. Пользователь должен указать имя нового типа линий.

**Лмасштаб** – изменение масштаба типа линий выбранных объектов.

**Вес** – изменение веса линий выбранных объектов. Вес линий должен иметь значение из стандартного ряда. При вводе значения, отсутствующего в этом ряду, оно приводится к ближайшему стандартному.

**Толщина** – изменение высоты двумерного объекта по оси Z.

**Прозрачность** – изменение уровня прозрачности выбранных объектов в диапазоне от 0 до 90.

**Материал** – изменение материала выбранных объектов, если он применяется.

**Аннотативный** – изменение свойства «Аннотативный» выбранных объектов.

Для управления свойствами объектов с помощью диалогового окна «Свойства» используется команда **ОКНОСВ** (рис. 2.94), при этом для редактирования доступны не только общие, но и *геометрические* свойства объекта. Например, для окружности такими свойствами являются координаты центра, радиус, диаметр, а также длина и площадь окружности.

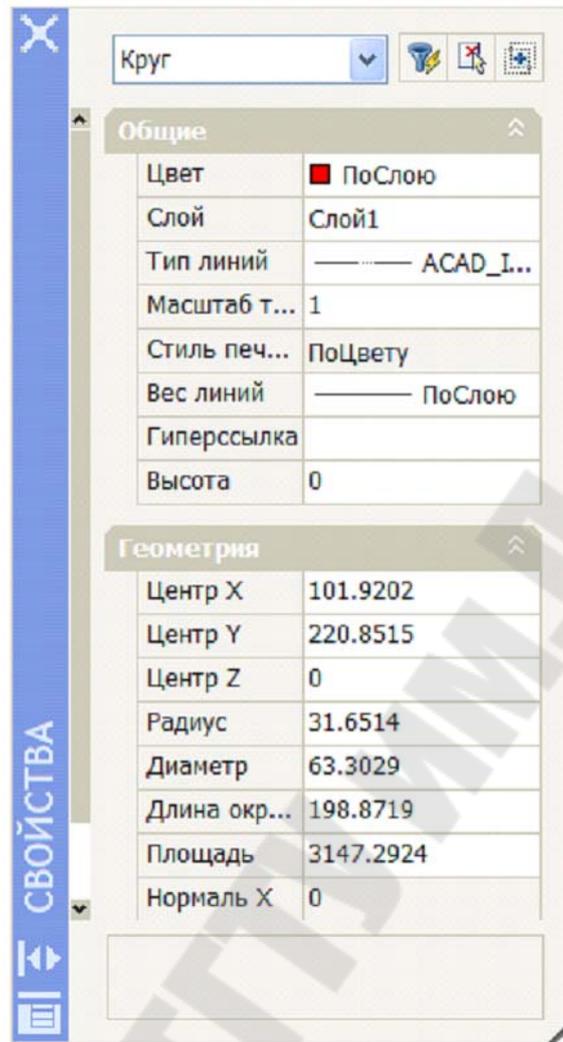


Рис. 2.94. Диалоговое окно «Свойства»

Команда **ОКНОСВ** помимо командной строки активируется кнопкой  на панели инструментов «Стандартная».

Команда **КОПИРУЙСВ** позволяет свойства одного объекта частично или полностью скопировать в другой или несколько других объектов. Можно копировать *цвет, слой, тип линии, масштаб типа линии, вес линии, стиль печати, прозрачность* и другие заданные свойства объекта, а, в некоторых случаях, свойства *размеров, текстов* и *штриховки*. В таблице 2.3 перечислены свойства, которые могут быть скопированы для каждого из объектов AutoCAD.

Таблица 2.3

**Свойства объектов, которые можно копировать**

Объекты	Цвет	Слой	Тип линии	Масштаб типа линии	Высота	Свойства		
						текстов	размеров	штриховок
2М плиния	X	X	X	X	X			
Отрезок	X	X	X	X	X			
Слайн	X	X	X	X				
Дуга	X	X	X	X	X			
Круг	X	X	X	X	X			
Эллипс	X	X	X	X				
Точка	X	X			X			
Атрибут	X	X			X	X		
Размер	X	X	X	X			X	
Выноска	X	X	X	X			X	
Штриховка	X	X						X
Текст	X	X	X	X	X	X		
Мтекст	X	X				X		

Команда **КОПИРУЙСВ** может быть активирована в командной строке, из меню **Редактировать** → **Копирование свойств**, а также кнопкой  на ленте или панели инструментов «*Стандартная*». Команда отображает следующие запросы:

**Исходный объект** – выбор объекта, свойства которого будут копироваться.

**Целевой объект(ы)** – объектов, для которых необходимо скопировать свойства исходного объекта.

**Настройки** – вызов диалогового окна «Настройка свойств» для выбора свойств объекта (рис. 2.95), которые требуется копировать в объекты-адресаты.

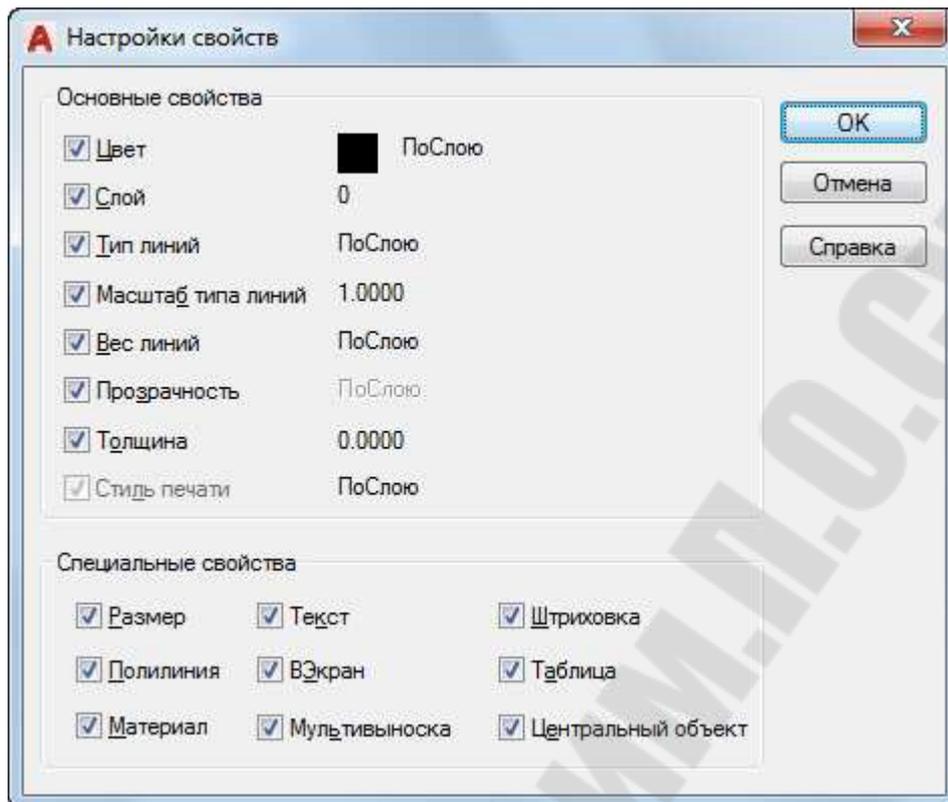


Рис. 2.95. Панель «Настройки свойств» для копирования

## 2.9.1. Редактирование объектов чертежа

### 2.9.1.1. Редактирование текста

В AutoCAD имеется возможность изменять *содержимое, формат и свойства* однострочного текста.

Для редактирования *содержания* однострочного текста можно использовать команду **ТЕКСТРЕД**. Команда выдает следующие запросы и опции:

**Выберите аннотационный объект** – выбор однострочного текста или размерного объекта, который требуется отредактировать. Выбранный текст помещается в диалоговое окно «Редактирование текста» для внесения изменений.

**Режим** – управление автоматическим повтором команды.

- **Один** – изменение выбранного текстового объекта и завершение команды.
- **Несколько** – изменение выбранного текстового объекта и запрос другого текстового объекта для редактирования.

**Отменить** – отмена последнего изменения текстового объекта.

Вызов диалогового окна «Редактирование текста» можно выполнить без использования команды **ТЕКСТРЕД**, если дважды

щелкнуть однострочный текстовый объект (рис.2.96, а) или в контекстном меню (вызывается щелчком правой кнопки мыши после выбора объекта) выбрать «Редактировать» (рис.2.96, б).

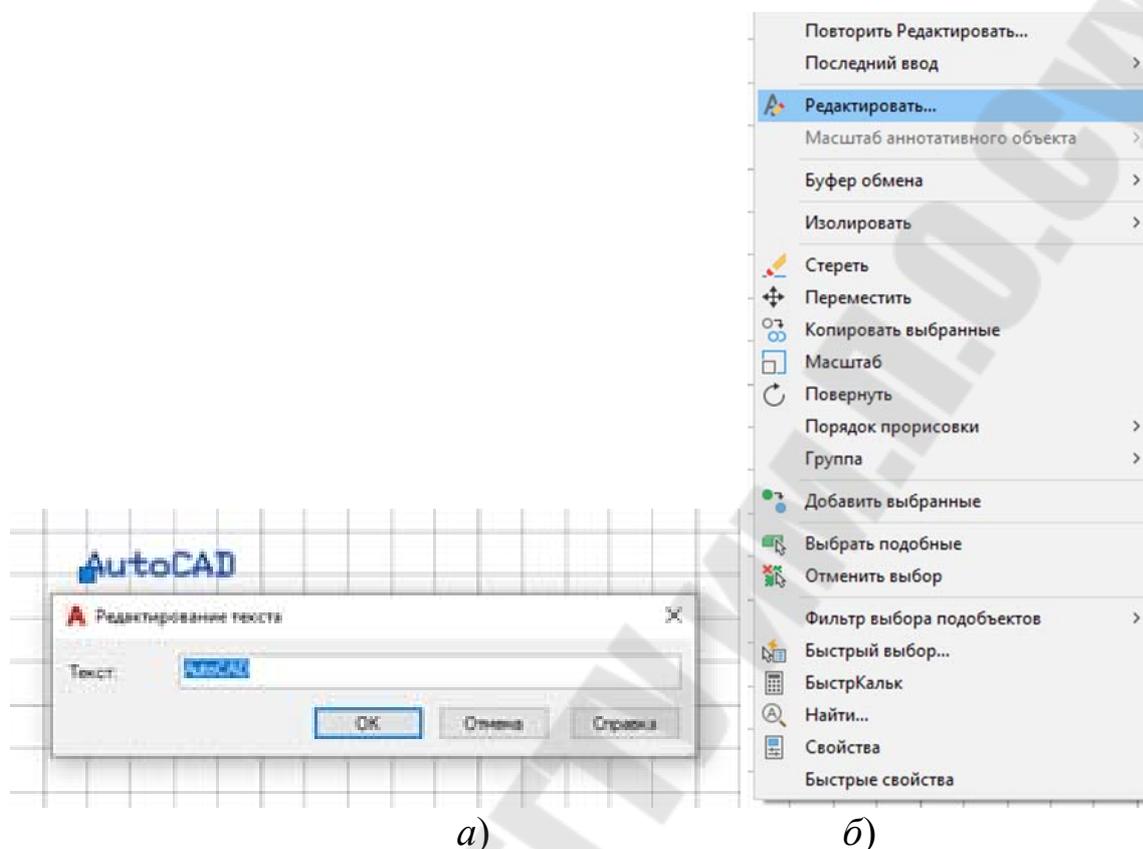


Рис. 2.96. Редактирование однострочного текста:

а – диалоговое окно «Редактирование текста»; б – контекстное меню

Для изменения свойств однострочного текста, включая и его стиль, необходимо предварительно выбрать курсором однострочный текстовый объект и щелчком правой кнопки мыши вызвать контекстное меню. Пункт «Свойства» контекстного меню раскрывает окно палитры свойств выделенного объекта (рис. 2.97) и их текущих значений, включая текст надписи. Для редактирования свойства необходимо курсором выбрать соответствующее поле значения и внести изменения.

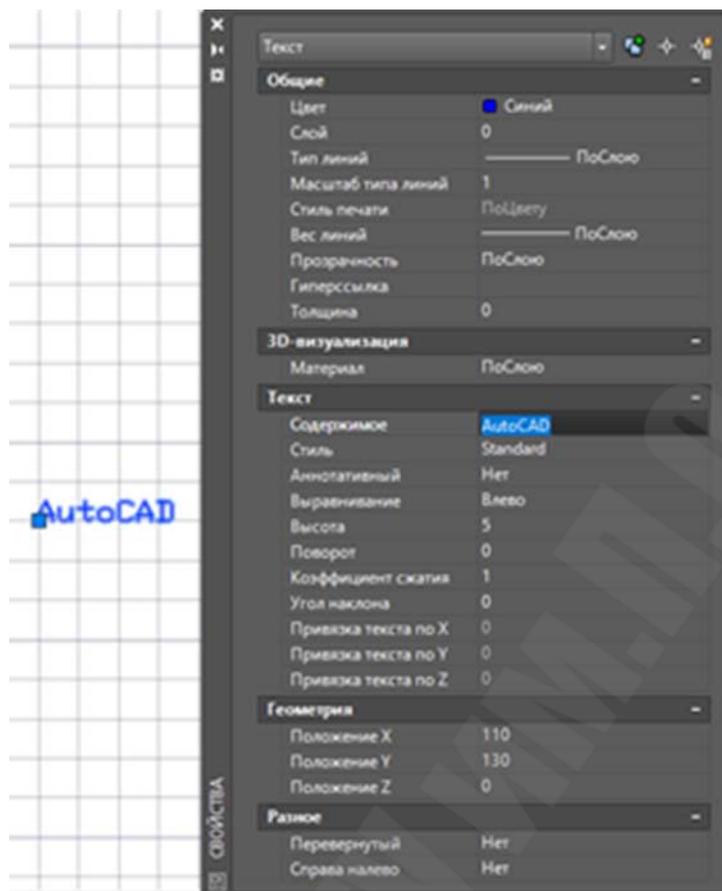


Рис. 2.97. Палитра «Свойства» для однострочного текста

В чертеже могут содержаться сотни текстовых объектов, и отдельное масштабирование каждого из них может оказаться трудоемким. Для масштабирования одного или сразу нескольких объектов, таких как, однострочный и многострочный тексты, или атрибуты можно использовать команду **МАСШТЕКСТ**. При этом имеется возможность задавать относительный масштабный коэффициент или абсолютную высоту символов. Можно также масштабировать выбранный текст по заданной высоте символов уже имеющегося текста. Все текстовые объекты масштабируются с общим коэффициентом и сохраняют свои текущие положения.

Команда **МАСШТЕКСТ** отображает следующие запросы:

**Выберите объекты** – выбор текста для масштабирования.

**Параметр для базовой точки масштабирования** – с помощью набора опций пользователь должен указать местоположение базовой точки (имеющаяся, влево, центр, вправо и т. д.) для изменения размера или масштабирования. Указание базовой точки для этой

операции не приводит к изменению точки вставки относительно текста.

**Новая высота модели** – указывается новая высота текста или масштаб ее изменения с помощью подопций:

- **Высота листа** – масштабируется высота аннотативного текста в зависимости от свойства аннотативности.
- **По объекту** – масштабирование выбранных текстовых объектов по высоте текстового объекта *нужной высоты*.
- **Масштаб** – масштабирование выбранных текстовых объектов относительно существующей и новой длины опорного отрезка.

Переопределение точки привязки текста без перемещения последнего выполняется с помощью команды **ВЫРТЕКСТ**, которая запрашивает текстовые объекты и изменение точки выравнивания без изменения их положения.

Команды **ТЕКСТРЕД**, **МАСШТЕКСТ** и **ВЫРТЕКСТ** доступны из классического меню AutoCAD **Редактировать**→**Объект**→**Текст**.

Для редактирования многострочного текста необходимо дважды щелкнуть на объекте многострочного текста и используя контекстный редактор и инструменты вкладки ленты «Тестовый редактор» или панели «Форматирование текста» внести необходимые изменения:

для символов - шрифт, цвет, высота, наклон, эффекты, ширина и интервал:

для абзаца - стиль и вставка/удаление табуляции, абзацные отступы, межстрочный интервал.

Кроме того, если навести курсор на правую границу рамки текста, то курсор примет вид двойной стрелки и, перемещая его, можно изменить ширину текстовой области (рис. 2.98). Аналогично можно изменить и высоту текстовой области.



Рис. 2.98. Изменение ширины текстовой области

Изменение свойств многострочного текста, может быть выполнено также, как и для однострочного текста, с помощью палитры «Свойства», вызванной из контекстного меню (рис. 2.99).

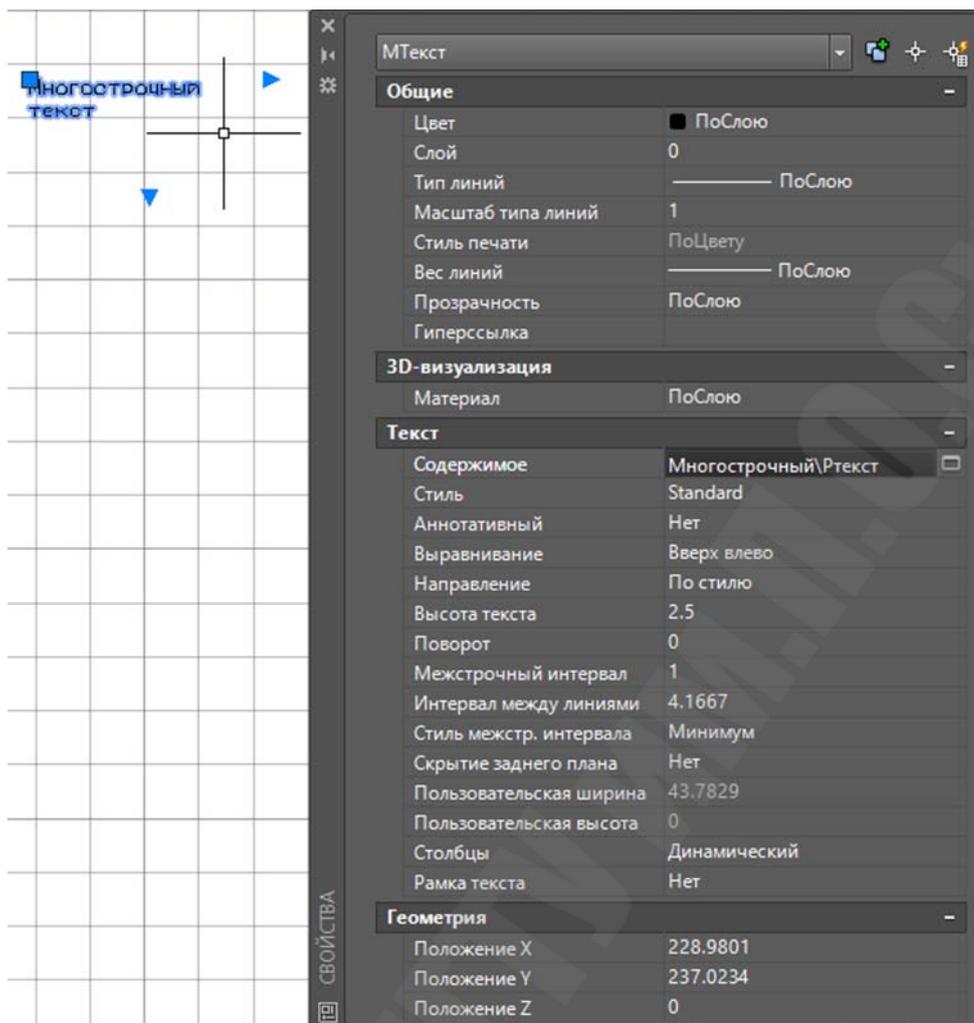


Рис. 2.99. Палитра «Свойства» для многострочного текста

Палитра «Свойства» дополнительно к общим свойствам однострочного и многострочного текста предлагает управление специфическими свойствами многострочного текста:

**Выравнивание** – установка одного из режимов выравнивания.

**Стиль межстрочных интервалов** – установка одного стилей межстрочного интервала:

- **Минимум** – автоматический подбор интервала на основе размера самого высокого символа строки (используется по умолчанию). Чем выше символы строки, тем больше интервал до соседних строк.
- **Точно** – использование одинакового интервала между всеми строками многострочного текстового объекта, независимо от параметров форматирования отдельных фрагментов, например, шрифта и высоты символов.

**Межстрочный интервал** – установка межстрочного интервала, кратного одинарному интервалу. Одинарный межстрочный интервал равен 1,66 высоты символов.

**Интервал между линиями** – установка межстрочного интервала по абсолютному значению в единицах чертежа в интервале от 0,0833 до 1,3333.

**Рамка** – переключает наличие/отсутствие (Да/Нет) рамки вокруг текстового объекта. Рамка наследует все свойства текстового объекта — цвет, тип линии, прозрачность и слой.

### 1.9.1.1. Редактирование полилиний

Команда **ПОЛРЕД** осуществляет редактирование полилинии и объектов, которые необходимо присоединить к ней, а также связанных объектов. С ее помощью можно объединить 2D-полилинии, преобразовать отрезки и дуги в 2D-полилинии, а также преобразовать ломаные полилинии в плавные сплайн-кривые.

Команда **ПОЛРЕД** может быть активирована в командной строке, из меню **Редактировать**→**Объект**→**Полилиния**, а также кнопкой  на ленте или панели инструментов «**Редактирование**». Команда отображает следующие запросы:

**Выберите полилинию** – выбор линии для редактирования. Если указанный пользователем объект не является полилинией, то AutoCAD выдаст сообщение-запрос:

- **Выбранный объект — не полилиния. Сделать его полилинией?** – ответ Да/Нет выполняет преобразование объекта в полилинию или отменяем его выбор.
- **Точность** – отображается при выборе сплайна для преобразования его в полилинию и позволяет определить, насколько точно (в диапазоне от 0 до 99) полученная полилиния будет соответствовать исходному сплайну.

**Несколько** – выбор нескольких объектов для редактирования.

После создания набора выбора объектов для редактирования команда **ПОЛРЕД** предложит внести изменения с помощью следующих опций:

**Замкнуть** – создание замыкающего сегмента полилинии, соединяющего ее начальную и конечную точки.



до Заменить



после Заменить

**Открыть** – удаление замыкающего сегмента полилинии.

**Добавить** – добавление отрезка, дуги или другой полилинии, какой-либо конец которой совпадает с концом данной полилинии, а также отмена сглаживания для полилиний, сглаженных дугой. Конец добавляемого объекта должен точно совпадать с одной из конечных точек полилинии, за исключением случаев, когда в ответ на первый запрос команды ПОЛРЕД был выбран параметр «Несколько». Эта опция позволяет объединять несовпадающие полилинии, если их конечные точки лежат на расстоянии, не превышающем заданное значение.

- **Способ** – задание способа объединения выбранных полилиний:
  - **Удлинить** – путем удлинения или обрезкой сегментов до ближайших конечных точек.
  - **Добавить** – путем добавления прямолинейного сегмента между ближайшими конечными точками.
  - **Оба** – путем удлинения или обрезкой (если возможно). Если это невозможно сделать с помощью этих операций, то объединение выбранных полилиний производится добавлением прямолинейного сегмента между ближайшими конечными точками.



выбор разомкнутой полилинии

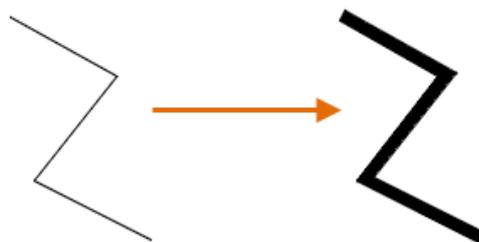


выбор дополнительных объектов



объекты добавлены и объединены

**Ширина** – задание новой единой ширины для всей полилинии. Для изменения начальной и конечной ширины отдельных сегментов можно воспользоваться опцией **Вершина**.



**Вершина** – переход в режим управления вершинами полилинии. При этом первая вершина полилинии помечается маркером X и все предлагаемые действия относятся к ней:



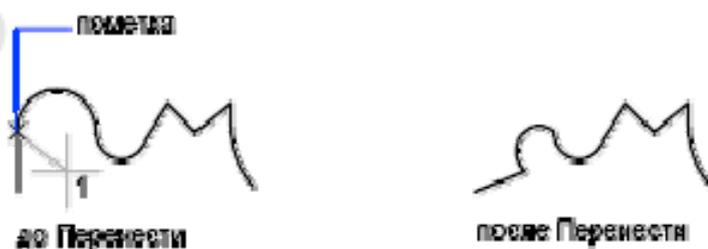
- **След** – перемещение маркера X к следующей вершине.
- **Пред** – перемещение маркера X к предыдущей вершине.
- **Разорвать** – фиксация вершины, отмеченной маркером X, для разрыва полилинии.
  - **След** – перемещение маркера X к следующей вершине.
  - **Пред** – перемещение маркера X к предыдущей вершине.
  - **Выполнить** – разрыв (если указана одна вершина) или удаление всех сегментов и вершин между двумя заданными вершинами и возвращение в режим редактирования вершин.



- **Вставить** – добавление к полилинии новой вершины, следующей за вершиной, помеченной маркером X. Положение точки указывается пользователем.



- **Перенести** – перенос помеченной маркером X вершины в другое место, указанное пользователем.



- **Реген** – регенерация (прорисовка криволинейных сегментов без упрощения линейными участками) полилинии.



- **Выпрямить** – фиксация вершины, отмеченной маркером X, для выпрямления полилинии.

- **След** – перемещение маркера X к следующей вершине.
- **Пред** – перемещение маркера X к предыдущей вершине.
- **Выполнить** – удаление всех сегментов и вершин между двумя заданными вершинами с заменой их одним прямолинейным сегментом и возвращение в режим редактирования вершин. Если задается только одна вершина, то будет спрямлен следующий за вершиной сегмент (если он является дугой).



- **Выход** – завершение работы в режиме «Выпрямить» и возвращение в режим редактирования вершин.
- **Касательная** – задание направления касательной в вершине, помеченной маркером X, для последующего использования при сглаживании кривой.



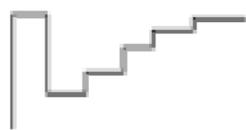
- **Ширина** – изменение значения начальной и конечной ширины сегмента, следующего за вершиной, помеченной маркером X.



- **Выход** – выход из режима редактирования вершин.

**Сгладить** – вычисление гладкой кривой, сглаживающей все вершины полилинии, с использованием заданных направлений касательных. Кривая проходит через все вершины полилинии,

удовлетворяя при этом значениям касательных, заданных для этих вершин.

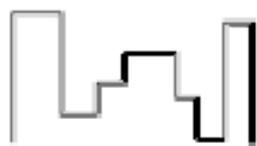


исходный вид



сглажено

**Сплайн** – преобразование полилинии в кривую полилинию, сглаженную сплайном, контрольные точки или каркас которой определяют вершины полилинии.

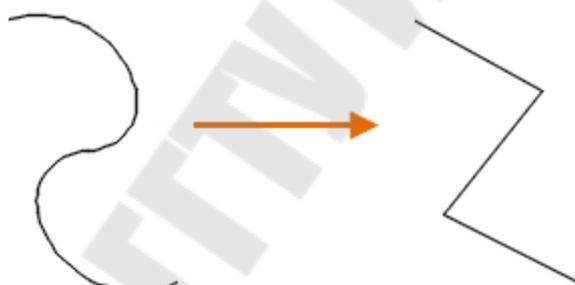


до Сплайн



после Сплайн

**Убрать сглаживание** – удаление всех дополнительных вершин, вставленных при выполнении операций «Сгладить» и «Сплайн», и выпрямление всех сегментов полилинии.



**Типли** – задание способа генерации типа линий в вершинах полилинии с сегментами одинаковой ширины. При выборе значения «Откл» генерация заданного типа линий начинается со штриха и оканчивается штрихом в каждой вершине.



Генерация Откл



Генерация Вкл

**Обратить** – изменение порядка вершин полилинии на обратный для обращения направления объектов, в которых используются типы линий с включенным текстом. Например, в соответствии с направлением, в котором была создана полилиния, текст для данного типа линии может отобразиться в перевернутом виде.

**Отменить** – отмена последнего действия в команде ПОЛРЕД.

### 1.9.1.2. Копирование и зеркальное отображение объектов

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, на заданное расстояние в указанном направлении.

Команда **КОПИРОВАТЬ** может быть активирована в командной строке, из меню **Редактировать**→**Копировать**, а также кнопкой  на ленте или панели инструментов «**Редактирование**». Команда отображает следующие запросы:

**Выберите объекты** – выбор объектов для копирования любым способом. Для окончания выбора необходимо нажать ENTER.

**Базовая точка или [параметр]** – пользователь должен указать базовую точку для перемещения копий объектов или выбрать опцию-параметр для управления копированием.

**Укажите вторую точку или [Массив]** – пользователь должен указать вторую точку, в которой будет размещена базовая точка, и относительно которой будут размещены копии объектов.

В следующем примере (рис. 2.100) производится копирование блока, представляющего электронный компонент: сначала выбирается исходный объект для копирования, затем указывается базовая точка для перемещения (1), после чего указывается вторая точка (2). Объект копируется на расстояние и в направлении от точки (1) к точке (2).

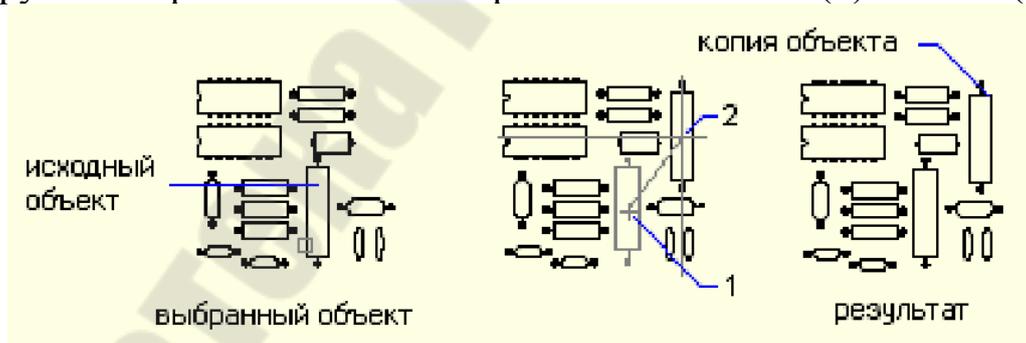


Рис. 2.100. Копирование объекта:

1 – базовая точка; 2 – точка перемещения

При запросе базовой точки пользователь может активировать один из предлагаемых параметров:

**Смещение** – задание относительного расстояния и направления с помощью координат. Две указанные точки задают направляющий вектор, который определяет, на какое расстояние от исходного

положения и в каком направлении должны быть перемещены копируемые объекты.

**Режим** – управление автоматическим повторением команды:

- **Один** – создание одной копии выбранных объектов и завершение выполнения команды.
- **Несколько** – копирование повторяется автоматически до тех пор, пока не будет завершена команда (рис. 2.101).

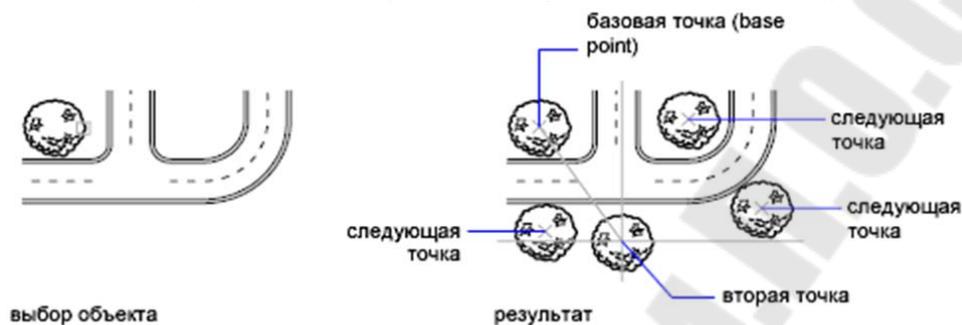
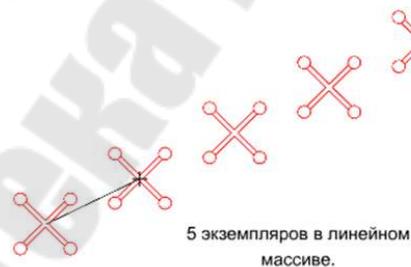


Рис. 2.101. Копирование объекта несколько раз

**Массив** – расположение заданного количества копий в виде линейного массива:

- **Количество элементов массива** – задание числа элементов в массиве, включая исходный набор объектов.
- **Вторая точка** – задание точки, положение которой определяет расстояние и направление размещения массива относительно базовой точки. По умолчанию первая копия массива располагается с заданным смещением, а остальные размещаются в виде линейного массива за этой точкой с тем же шаговым смещением.



- **Вписать** – задание точки, положение которой определяет размещение последней (а не первой) копии массива, а остальные копии располагаются в виде линейного массива между исходным набором объектов и последней копией.



Команда **ЗЕРКАЛО** создает зеркальную копию выбранных объектов по правилам осевой симметрии относительно некоторой оси, определяемой двумя точками, указанными пользователем, и может быть активирована в командной строке, из меню **Редактировать**→**Зеркало**, а также кнопкой  на ленте или панели инструментов «*Редактирование*». Команда отображает следующие запросы: **Выберите объекты** – выбор объектов, подлежащих зеркальному отражению объектов. Для окончания выбора необходимо нажать ENTER.

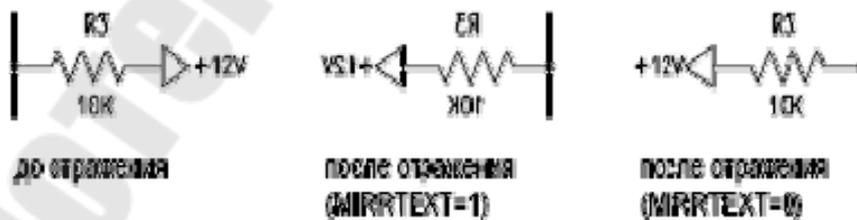
**Первая [вторая] точка оси отражения** – пользователь должен указать две точки (1) и (2), через которые проходит осевая линия, относительно которой объекты отражаются зеркально (рис. 2.102).

**Удалить исходные объекты** – пользователь должен указать, будут ли исходные объекты удалены [Да] или сохранены [Нет] после зеркального отражения.



Рис. 2.102. Создание зеркальной копии объекта

При зеркальном отражении текстового объекта по умолчанию направление текста не изменяется. Чтобы направление текста менялось на зеркально отраженное, необходимо установить для системной переменной **MIRRTXT** значение 1.



**Пример 2.12.** Построить треугольник, симметричный заданному относительно оси, проходящей через точки с координатами (10,20) и (30,60).

Команда: **ЗЕРКАЛО**

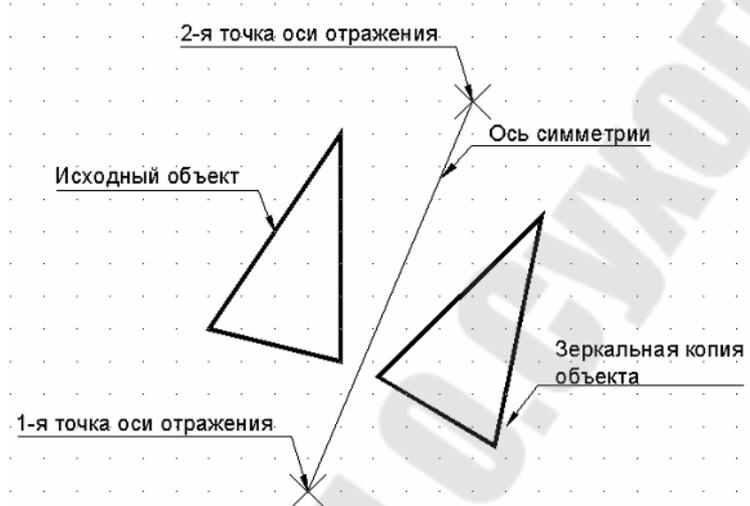
Выберите объекты:

Первая точка оси отражения:

**10,20**

Вторая точка: **30,60**

Удалить старые объекты? <Н>



### 1.9.1.3. Копирование объектов в массивы

Кроме обычного копирования «вручную» или создания зеркальной копии объекта, выбранные объекты можно копировать и формировать из них структуры, называемые *массивами*.

Каждый компонент массива называется *элементом массива* и может состоять из нескольких объектов.

В зависимости от способа упорядочивания выбранных (исходных) объектов, различают три типа массивов (рис. 2.102):

**прямоугольный** – элементы массива размещаются в узлах прямоугольной сетки;

**путь** – элементы массива размещаются по траектории (в виде указанной пользователем линии, полилинии, сплайна, спирали, дуги, окружности или эллипса);

**полярный** – элементы массива размещаются упорядоченно по окружности или ее части.

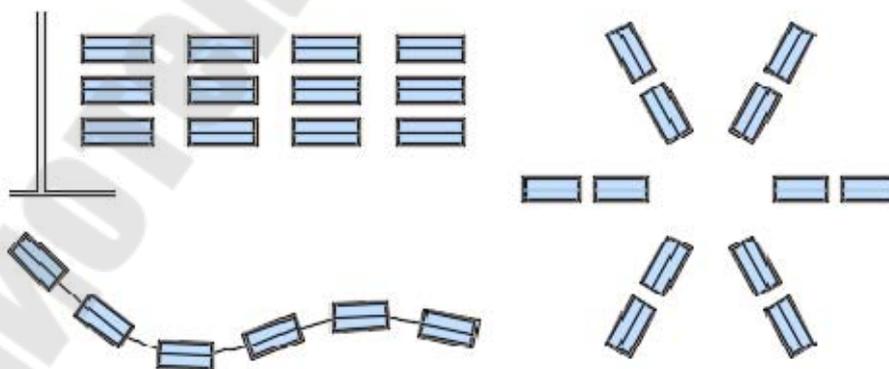


Рис. 2.102. Типы массивов элементов: прямоугольный, путь, полярный

Команда **-МАССИВ** создает копии объектов в виде неассоциативного прямоугольного или кругового 2D массива и может быть ак-

тивирована в командной строке. Команда сохраняет алгоритм выполнения массивов, характерный для устаревших версий AutoCAD.

Команда **-МАССИВ** отображает следующие запросы:

**Выберите объекты** – выбор объектов для копирования в массив.

**Тип массива** – выбор типа массива:

- **Прямоугольный** – создание прямоугольного массива путем копирования выбранных элементов с заданным количеством рядов и столбцов, образующих прямоугольную матрицу (рис. 2.103).
  - **Количество строк (---)** – задание количества строк в командной строке.
  - **Количество столбцов (|||)** – задание количества столбцов.
  - **Расстояние между рядами или размер ячейки** – задание расстояния между рядами, включая длину объекта. Для одновременного задания расстояния между строками и столбцами необходимо указать задание противоположные углы прямоугольной ячейки, высота и ширина которой соответствуют расстояниям между рядами и столбцами прямоугольного массива.
  - **Расстояние между столбцами (|||)** – задание расстояния между столбцами.

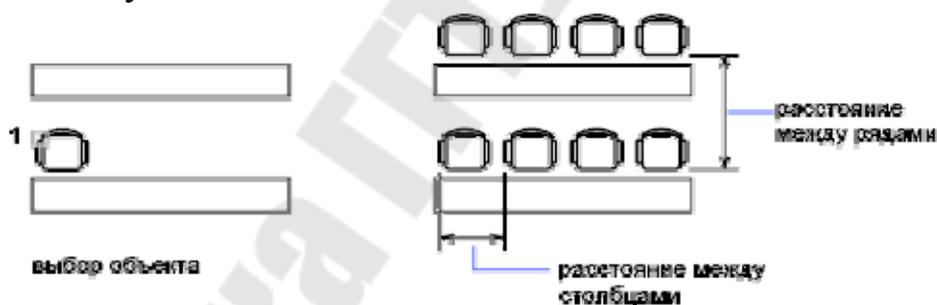


Рис. 2.103. Создание прямоугольного массива

- **Круговой** – создание полярного массива путем указания центральной точки, вокруг которой строятся копии выбранных объектов (рис. 2.104).
  - **Центральная точка массива** – задание центральной точки, относительно которой будут равноудалены базовые точки элементов массива.
  - **Базовая точка** – задание новой базовой точки, которая остается на постоянном расстоянии от центральной точки при построении массива.
  - **Число элементов в массиве** – задание общего количества элементов массива. Если значение не введено, массив будет

создан на основе значений угла заполнения и угла между элементами.

- **Угол заполнения ("+" = прчс, "-" = почс)** – задание внутреннего угла между базовыми точками первого и последнего объектов массива. Положительное число определяет заполнение массива в направлении против, а отрицательное – по часовой стрелке.
- **Угол между элементами ("+" = прчс, "-" = почс)** – задание центрального угла между элементами массива на основе центральной точки массива и базовых точек объектов массива. Положительное число определяет заполнение массива в направлении против, а отрицательное – по часовой стрелке.
- **Поворачивать элементы массива?** – управление поворотом элементов массива [Да] или сохранением их ориентации на плоскости [Нет].

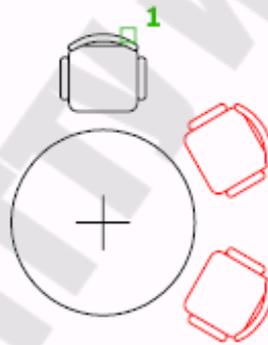


Рис. 2.104. Создание кругового массива

Примеры использования команды – **МАССИВ** приведены ниже.

Команда: **-МАССИВ**

Выберите объекты: 1 найден(ы),

Выберите объекты:

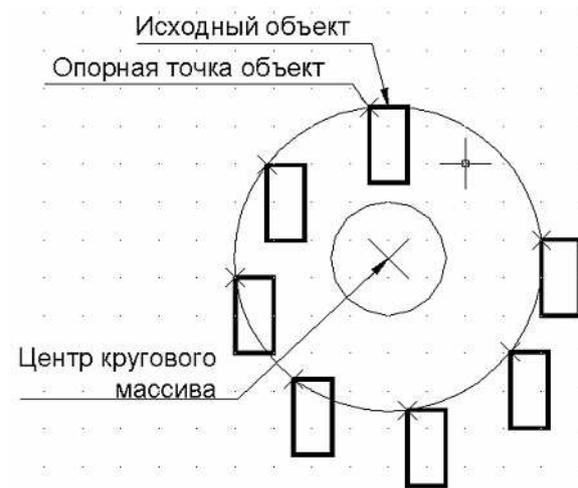
Тип массива [Прямоуг-й Круговой]: **К**

Центральная точка массива или [Базовая]: **120,100**

Число элементов: **7**

Угол заполнения (+=прс, -=пс) <360>: **270**

Поворачивать элементы массива? <Д> **Н**



Команда: **-МАССИВ**

Выберите объекты: 1 найден(ы),

Выберите объекты:

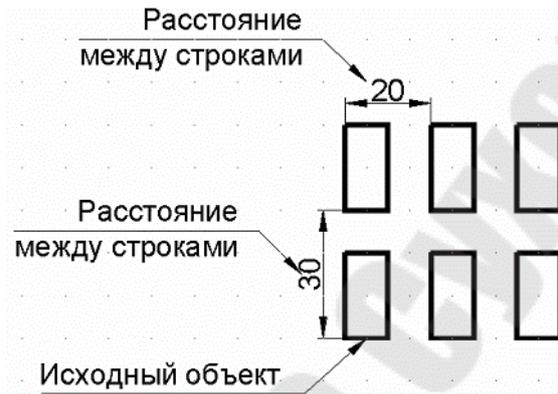
Тип массива [Прямоуг-й Круговой]: **П**

Число строк (---) <1>: **2**

Число столбцов (|||) <1>: **3**

Расстояние между строками (---): **30**

Расстояние между столбцами (|||): **20**



Команда: **-МАССИВ**

Выберите объекты: 1 найден(ы),

Выберите объекты:

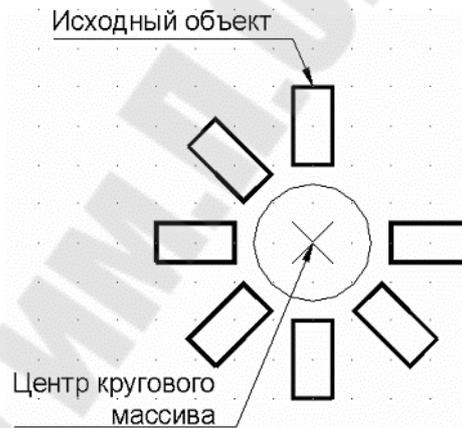
Тип массива [Прямоуг-й Круговой]: **К**

Центральная точка массива или [Базовая]: **120,100**

Число элементов: **7**

Угол заполнения (+=прс, -=пс) <360>: **270**

Поворачивать элементы массива? <Н> **Д**



Для создания нескольких копий объектов в виде прямоугольного или кругового массива удобно использовать команду **МАССИВКЛ**, которая вызывает диалоговое окно «Массив» (рис. 2.105).

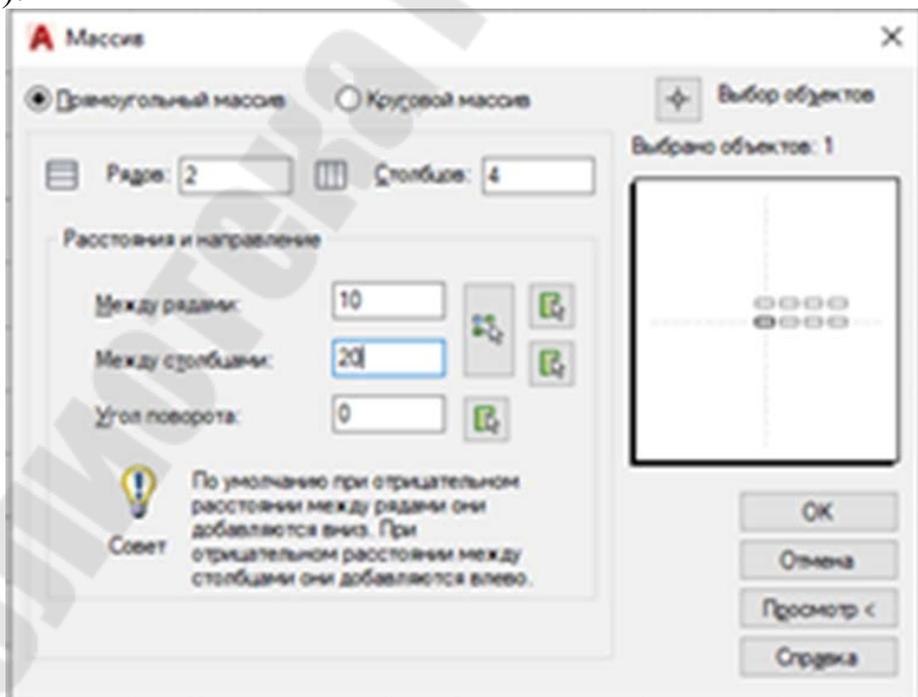


Рис. 2.105. Диалоговое окно «Массив»

В диалоговом окне указываются те же параметры прямоугольного или кругового массива, что и в команде МАССИВ. Дополнительно для прямоугольного массива можно задать параметр «Угол поворота» массива по отношению к оси X. В области просмотра можно увидеть предварительное изображение массива, соответствующее текущим установкам диалогового окна. Образец динамически обновляется при изменении какого-либо параметра при переходе к другому полю.

Команды **МАССИВПРЯМОУГ**, **МАССИВТРАЕКТ** и **МАССИВКРУГ** создают копии объектов в виде массивов «прямоугольный», «путь» и «полярный» соответственно с возможностью установки свойства ассоциативности и могут быть активированы в командной строке, из меню **Редактировать**→**Массив**.

Команда **МАССИВПРЯМОУГ** отображает следующие запросы:

**Выберите объекты** – выбор объектов для копирования в массив.

**Ассоциативный** – определяет, является ли массив ассоциативным:

- **Да** – массив будет являться одним объектом. Преимущество ассоциативных массивов заключается в том, что их без труда можно редактировать, изменяя количество элементов и расстояние между ними. Свойства массива, такие как *количество элементов* и *расстояние между ними*, можно менять с помощью *ручек* массива или на палитре свойств, а редактирование свойств и исходных объектов автоматически распространяется на другие элементы массива.
- **Нет** – элементы массива будут независимыми объектами, изменение одного элемента не влияет на остальные.

**Базовая точка** – определение базовой точки массива, к которой в дальнейшем будут «привязаны» элементы массива:

- **Базовая точка** – задание на чертеже базовой точки для размещения элементов в массиве.
- **Ключевая точка** – задание для ассоциативных массивов ключевой точки на исходных объектах для выравнивания по траектории. При редактировании исходных объектов или траектории полученного массива базовая точка совпадает с ключевой точкой исходного объекта.

**Количество** – задание параметров прямоугольного массива (строк и столбцов) пошагово в командной строке. Эти же параметры

можно задать интерактивно с помощью «ручек» массива с просмотром результатов по мере перемещения курсора.

- **Количество строк** – задание количества строк в командной строке или вычисление этого количества по математическому выражению.
- **Количество столбцов** – задание количества столбцов в командной строке или вычисление этого количества по математическому выражению.

**Интервал** – задание интервалов между строками и столбцами. Эти же параметры можно задать интерактивно с помощью «ручек» массива с просмотром результатов при перемещении курсора:

- **Расстояние между строками** – задание расстояния между строками, измеряемого от соответствующих местоположений на каждом объекте.
- **Расстояние между столбцами** – задание расстояния между столбцами, измеряемого от соответствующих местоположений на каждом объекте.
- **Размер ячейки** – задание противоположных углов прямоугольной ячейки, высота и ширина которой соответствуют расстояниям между строками и столбцами прямоугольного массива.

**Столбцы** – задание количества столбцов, интервала между ними или общего расстояния между начальным и конечным столбцом.

**Строки** – задание количества строк, интервала между ними или общего расстояния между начальной и конечной строкой.

**Уровни** – задание количества уровней и интервал между ними для 3D массивов.

**Выход** – завершение команды.

Команда **МАССИВТРАЕКТ** отображает следующие запросы:

**Выберите объекты** – выбор объектов для копирования в массив.

**Выберите криволинейную траекторию** – выбор объекта (линия, полилиния, сплайн, спираль, дуга, окружность или эллипс) для использования в качестве траектории для массива.

**Ассоциативный** – определяет, является ли массив ассоциативным.

**Метод** – управление распределением элементов вдоль траектории:

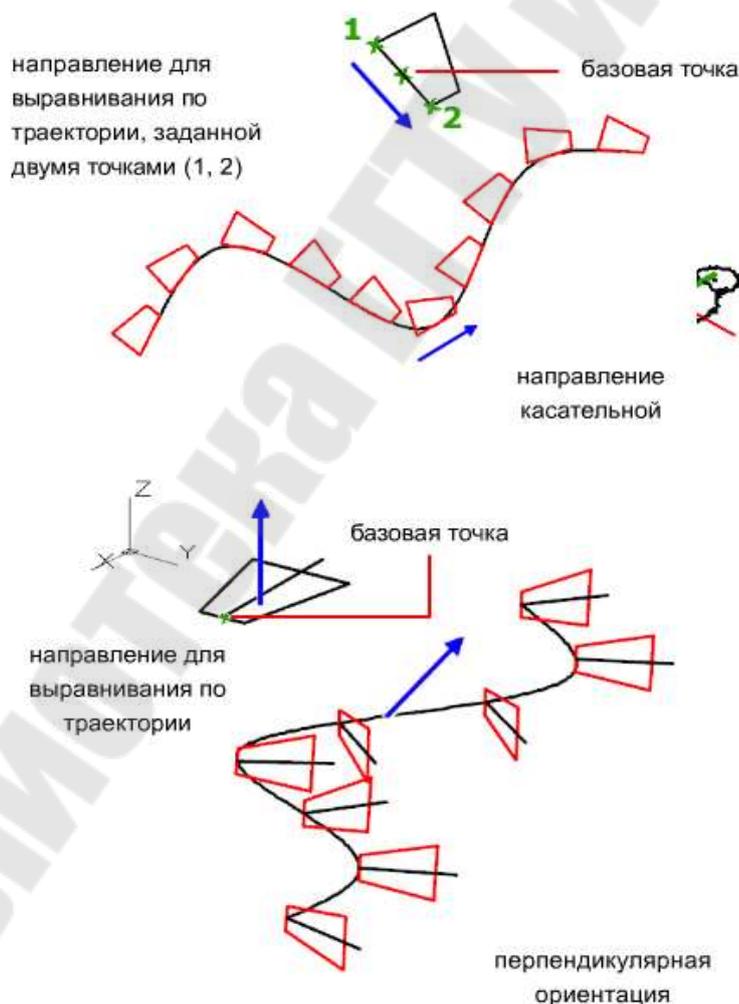
- **Поделить** – равномерное распределение указанного количества элементов по всей длине траектории.
- **Разметить** – распределение элементов вдоль траектории через указанные интервалы.

**Базовая точка** – определение базовой точки массива, к которой в дальнейшем будут «привязаны» элементы массива:

- **Базовая точка** – задание на чертеже базовой точки для размещения элементов в массиве по отношению к началу криволинейной траектории.
- **Ключевая точка** – задание для ассоциативных массивов ключевой точки на исходных объектах для выравнивания по траектории.

**Направление касательной** – определение того, каким образом выравниваются элементы массива относительно начального направления траектории:

- **2 точки** – указание двух точек, представляющих касание элементов массива по отношению к траектории. Вектор двух точек определяет касательность первого элемента в массиве.
- **Нормаль** – ориентация направления  $Z$  первого элемента по начальному направлению криволинейной траектории.



**Объекты** – управление способом распределения элементов вдоль траектории.

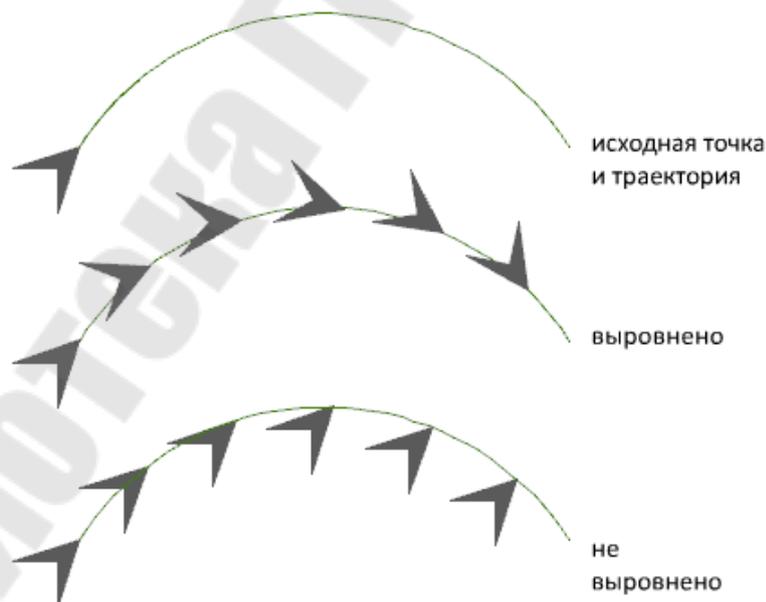
- **Расстояние между элементами вдоль траектории** – задание расстояние между элементами массива или выражения, по которому оно вычисляется. Доступно, если в качестве метода выбрано значение «Разметить».
- **Количество элементов вдоль траектории** – задание значения количества элементов в массиве или выражения, по которому оно вычисляется. Доступно, если в качестве метода выбрано значение «Поделить».

**Строки** – указание числа строк в массиве, расстояния между ними и приращение уровня между строками.

- **Количество строк** – задание количества строк.
- **Расстояние между строками** – задание расстояния между строками.
- **Всего** – задание общего расстояния между начальной и конечной строкой.

**Уровни** – указывается число уровней и интервала между ними (для 3D-массивов).

**Выравнивание элементов** – указание того, следует ли выравнивать каждый элемент по касательной к траектории. Выравнивание выполняется относительно ориентации первого элемента.



**Выход** – завершение команды.

Команда **МАССИВКРУГ** выполняет равномерное распределение копий объектов в круговом массиве вокруг центральной точки и отображает следующие запросы:

**Выберите объекты** – выбор объектов для копирования в массив.

**Центральная точка массива** – задание центральной точки, относительно которой будут равноудалены базовые точки элементов массива.

- **Базовая точка** – задание новой базовой точки, которая остается на постоянном расстоянии от центральной точки при построении массива.
- **Ключевая точка** – задание для ассоциативных массивов ключевой точки на исходных объектах для выравнивания по траектории.
- **Ось вращения** – указание пользовательской оси вращения, определяемой двумя заданными точками.

**Ассоциативный** – определяет, является ли массив ассоциативным.

**Объекты** – задание числа элементов в массиве с помощью значения или выражения.

**Угол между** – задание угла между элементами с помощью значения или выражения.

**Угол заполнения** – задание угла между первым и последним элементами массива с помощью значения или выражения.

**Строки** – указание числа строк в массиве, расстояния между ними и приращение уровня между строками.

- **Количество строк** – указывается количество строк.
- **Расстояние между строками** – указывается расстояние между строками.
- **Всего** – указывается общее расстояние между начальной и конечной строкой.

**Уровни** – указывается число уровней и интервала между ними (для 3D-массивов).

**Поворот элементов** – управление тем, поворачиваются ли элементы [Да/Нет] при построении массива.

**Выход** – завершение команды.

Команда **МАССИВ** объединяет в себе возможности команд **МАССИВПРЯМОУГ**, **МАССИВТРАЕКТ** и **МАССИВКРУГ** по созданию копий объектов в виде массивов различных типов с выбором конкретного типа массива с помощью соответствующих опций.

#### 1.9.1.4. Создание подобных объектов

Команда **ПОДОБИЕ** создает новый объект, являющийся уменьшенной или увеличенной копией другого объекта, расположен-

ной на некотором расстоянии от прототипа, либо проходящей через некоторую точку.



Рис. 2.106. Подобные объекты

Команда **ПОДОБИЕ** может быть активирована в командной строке, из меню **Редактировать**→**Подобие**, а также кнопкой  на ленте или панели инструментов «**Редактирование**». Команда отображает следующие запросы:

**Расстояние смещения** – задание расстояния от существующего объекта до подобного.

**Через** – построение объекта, проходящего через заданную точку.

**Удалить** – удаляет исходный объект после смещения.

**Слой** – определяет положение смещенных объектов: на текущем слое или на слое исходного объекта.

**Выберите объекты** – выбор объекта для создания подобного.

**Несколько** – включение режима создания нескольких подобных объектов.

**Отменить** – отмена предыдущего смещения.

**Выход** – завершение команды.

В следующих примерах создается многоугольник, подобный исходному многоугольнику для двух случаев:

- с величиной смещения между сторонами 5 мм;
- ребро подобного многоугольника проходит через заданную точку.

Команда: **ПОДОБИЕ**

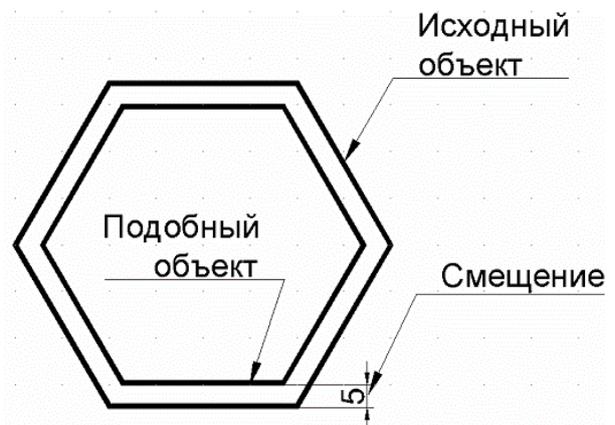
Укажите расстояние смещения или [Через/Удалить/Слой]: **5**

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

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

*<точка внутри объекта>*

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



Команда: **ПОДОБИЕ**

Укажите расстояние смещения или [Через/Удалить/Слой]: **Ч**

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

Укажите точку, через которую проходит объект, или [Выход/Несколько/Отменить]: <указываем точку>

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



### 1.9.1.5. Перемещение, поворот и выравнивание объектов

Изменение положения объектов может осуществляться:

- перемещением без изменения ориентации и размера;
- поворотом относительно некоторой точки;
- выравниванием.

Команда **ПЕРЕНЕСТИ** перемещает указанные объекты из одного места чертежа на другое на заданное расстояние в указанном направлении, и может быть активирована в командной строке, из меню

**Редактировать**→**Перенести**, а также кнопкой  на ленте или панели инструментов «Редактирование». Команда отображает следующие запросы:

**Выберите объекты** – выбор объектов для перемещения. Для окончания выбора необходимо нажать ENTER.

**Базовая точка или [Смещение]** – пользователь должен указать базовую точку для переноса или величину смещения в декартовых координатах.

**Вторая точка** – пользователь должен указать вторую точку, в которой будет размещена базовая точка, и относительно которой будут размещены перемещаемые объекты.

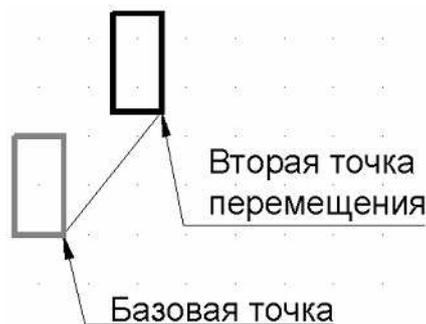
Команда: **ПЕРЕНЕСТИ**

Выберите объекты: 1 найден(ы),

Выберите объекты:

Базовая точка или Смещение:

Вторая точка:



Команда **ПОВЕРНУТЬ** выполняет поворот объектов вокруг базовой точки и может быть активирована в командной строке, из меню

**Редактировать**→**Повернуть**, а также кнопкой  на ленте или панели инструментов «Редактирование». Команда отображает следующие запросы:

**Выберите объекты** – выбор объектов для перемещения. Для окончания выбора необходимо нажать ENTER.

**Угол поворота** – задание угла поворота выбранных объектов относительно базовой точки.

**Копировать** – создание копии выбранных объектов для поворота.

**Опорный угол** – поворот объектов с указанного угла на новый, абсолютный угол.

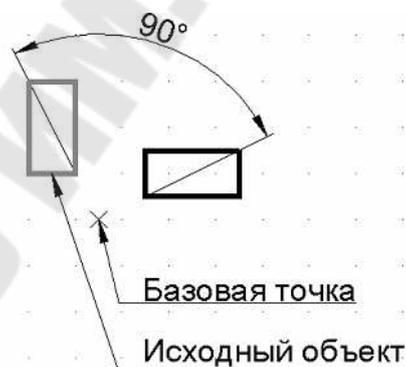
Команда: **ПОВЕРНУТЬ**

Выберите объекты: 1 найден(ы),

Выберите объекты: ENTER

Базовая точка: <указываем точку>

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



Команда **ВЫРОВНЯТЬ** выполняет выравнивание объекта относительно другого объекта. Для выравнивания двух объектов на плоскости (рис. 2.106 ) пользователь должен указать выравниваемые объекты и пары выравниваемых исходных (1 и 3) и целевых точек (2 и 4).

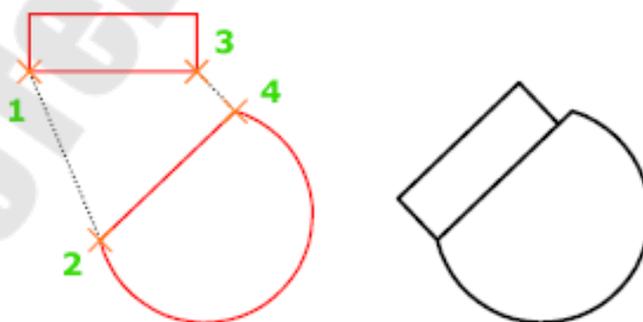


Рис. 2.106. Выравнивание объектов

Команда **ВЫРОВНЯТЬ** доступна из и может быть активирована в командной строке, из меню **Редактировать**→**Выровнять** и отображает следующие запросы:

**Выберите объекты** – выбор объектов для выравнивания (рис. 2.107).

Для окончания выбора необходимо нажать ENTER.

**Первая исходная точка** – выбор первой исходной точки (1) на выравниваемом объекте.

**Первая целевая точка** – выбор первой целевой точки (2) на объекте, по которому будет выполняться выравнивание.

**Вторая исходная точка** – выбор второй исходной точки (3) на выравниваемом объекте.

**Вторая целевая точка** – выбор второй целевой точки (4) на объекте, по которому будет выполняться выравнивание.

**Масштабировать объекты по точкам выравнивания?** – запрос на масштабирование [Да/Нет] выравниваемого объекта по соотношению расстояний между исходными и целевыми точками.



Рис. 2.107. Выравнивание объектов командой **ВЫРОВНЯТЬ**

В примере производится выравнивание прямоугольника по грани многоугольника.

Команда: **ВЫРОВНЯТЬ**

Выберите объекты: 1 найден(ы),

Выберите объекты:

1-я исходная точка:

1-я целевая точка:

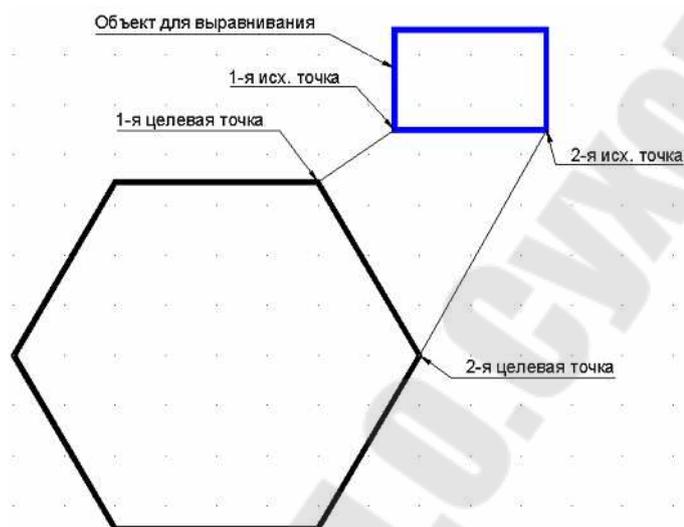
2-я исходная точка:

2-я целевая точка:

3-я исходная точка или <продолжить>: П

Масштабировать объекты по точкам выравнивания? [Да/Нет]

<Нет>: Д



Результат выравнивания с масштабированием и без масштабирования приведен на рис. 2.108.

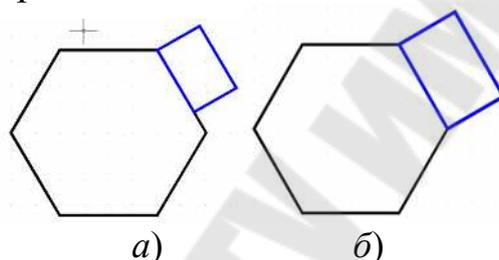


Рис. 2.108. Результат выравнивания:  
а – без масштабирования; б – с масштабированием

### 1.9.1.6. Масштабирование и растягивание объектов

Команда **МАСШТАБ** изменяет размеры выбранных объектов относительно заданной базовой точки, которая является центром операции масштабирования и остается неподвижной, пропорционально масштабному коэффициенту или в виде ссылки (рис. 2.109). При масштабировании по *ссылке* одно из существующих измерений объекта используется как ссылочное для нового.

Команда **МАСШТАБ** может быть активирована в командной строке, из меню **Редактировать** → **Масштаб**, а также кнопкой  на ленте или панели инструментов «Редактирование». Команда отображает следующие запросы:

**Выберите объекты** – выбор объектов для масштабирования.

**Базовая точка** – задание базовой точки для масштабирования.

**Масштаб** – задание масштабного коэффициента с клавиатуры или интерактивно, посредством перемещения курсора при нажатой левой кнопке мыши.

**Копия** – создание копии выбранных объектов для масштабирования.

**Опорный отрезок** – масштабирование выбранных объектов относительно существующей и новой длины опорного отрезка. 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.

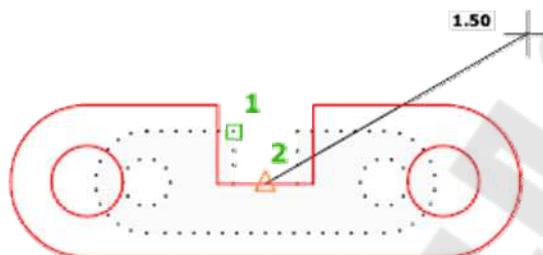


Рис. 2.109. Масштабирование объектов

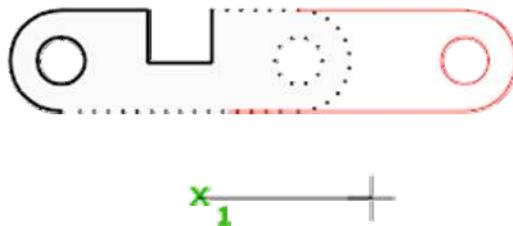
Команда **РАСТЯНУТЬ** позволяет растягивать объекты, пересекаемые секущей рамкой выбора или многоугольником. Объекты, которые частично находятся в секущей рамке, растягиваются, а объекты, которые полностью включены в секущую рамку или выделены отдельно, перемещаются, а не растягиваются. Растягиванию не подлежат некоторые типы объектов, такие как круги, эллипсы и блоки.

Команда **РАСТЯНУТЬ** может быть активирована в командной строке, из меню **Редактировать** → **Растянуть**, а также кнопкой  на ленте или панели инструментов «Редактирование». Команда отображает следующие запросы:

**Выберите объекты** – пользователь должен, используя секущую рамку, указать объекты, для которых требуется выполнить растяжение. При этом перемещаться будут только вершины и конечные точки, находящиеся внутри секущей рамки, а вершины и конечные точки за рамкой останутся неизменными.

**Базовая точка** – задание базовой точки, от которой рассчитывается смещение для растяжения. Эта базовая точка может находиться за пределами области, для которой выполняется растяжение.

**Вторая точка** – задание второй точки, определяющей расстояние и направления растяжения. Расстояние и направление этой точки от базовой точки (1) определяет дальность и направление растяжения выбранных частей объекта.



**Считать перемещением первую точку** – указание того, что расстояние и направление растяжения рассчитываются с учетом расстояния и направления базовой точки, заданной от координат 0,0,0 на чертеже.

**Перемещение** – задание относительного расстояния и направления растяжения.

В следующем примере (рис. 2.36) производится растягивание плана кровли. Точками 1 и 2 определена секущая рамка, точкой 3 – базовая точка, точкой 4 – вторая точка перемещения.

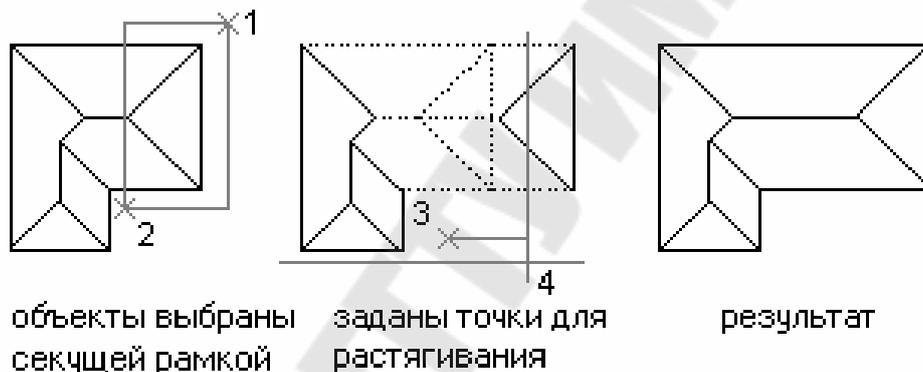


Рис. 2.110. Растягивание плана кровли

### 2.9.1.8. Обрезка, разрыв и расчленение 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.

Команда **ОБРЕЗАТЬ** может быть активирована в командной строке, из меню **Редактировать** → **Обрезать**, а также кнопкой  на ленте или панели инструментов «Редактирование». Команда отображает следующие запросы:

**Выберите режущие кромки** – выбор одного или нескольких объектов, которые будут использоваться в качестве границы для обрезки, т. е. режущей кромки.



**Выбрать все** – выбор всех объектов в чертеже в качестве границы обрезки.

**Выберите обрезаемый объект** – пользователь должен указать отдельные объекты, которые требуется обрезать, с помощью прицела либо другими способами, доступными через перечисленные далее опции. Если при этом удерживается нажатой клавиша Shift, то команда переключается в режим **удлинения** объектов.



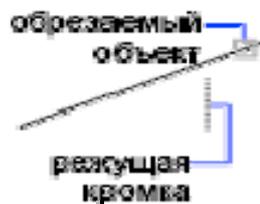
**Линия** – выбор объектов с помощью линии выбора. Пользователь должен указать начальную и конечную точки линии, пересекающиеся с ней объекты, помещаются в набор выбора для обрезки.

**Секрамка** – выбор объектов с помощью секущей рамки. Пользователь должен указать два противоположных угла динамической рамки, пересекающиеся с ней объекты, помещаются в набор выбора.

**Проекция** – задание режима проецирования, используемого при обрезке объектов:

- **Нет** – без проецирования. Обрезаются объекты, пересекающие режущую кромку в 3D-пространстве.
- **ПСК** – без проецирования. Обрезаются объекты, пересекающие режущую кромку в 3D-пространстве.
- **Вид** – проецирование вдоль текущего направления взгляда. Команда обрезает объекты, пересекающие кромку под текущим углом зрения.

**Кромка**– задание способа обрезки объекта: по продолженной кромке другого объекта или только до объекта, который пересекает подлежащий обрезке объект в трёхмерном пространстве:



- **С продолжением** – удлинение режущей кромки до пересечения с объектом.



- **Без продолжения** – объект обрезается только до режущей кромки, пересекающей его.



**Удалить** – удаление выбранных объектов, не выходя из режима команды **ОБРЕЗАТЬ**.

**Отменить** – отмена последнего действия команды **ОБРЕЗАТЬ**.

В примере на рис. 2.111 выполняется вычерчивание дверного проема в стене путем ее обрезки вдоль контура. Для обрезки выбраны режущие кромки (1) и (2) с помощью прицела и указаны участки стены (3) и (4), предназначенные для обрезки.

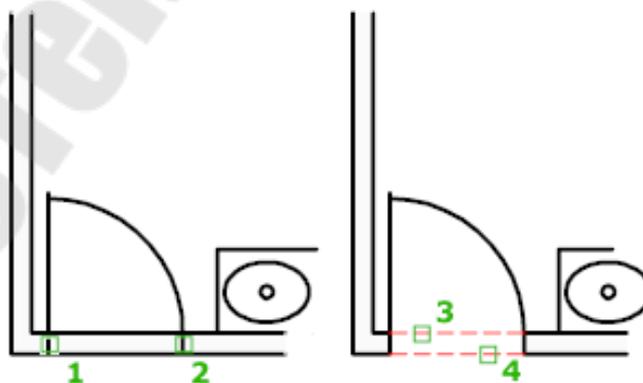


Рис. 2.111. Обрезка контура стены

Команда **РАЗОРВАТЬ** выполняет разрыв выбранного объекта между двумя указанными пользователем точками на объекте (рис. 2.112). Если точки находятся вне объекта, они автоматически проецируются на объект. Команда часто используется с целью создания пространства для вставки блока или текста в место предполагаемого разрыва.



Рис. 2.112. Разрыв объекта между точками (1) и (2)

Команда **РАЗОРВАТЬ** может быть активирована в командной строке, из меню **Редактировать**→**Разорвать**, а также кнопкой  на ленте или панели инструментов «Редактирование». Команда отображает следующие запросы:

**Выберите объект** – выбор объекта для разрыва. При выборе объекта прицелом, указанная на объекте точка считается первой точкой разрыва. Отвечая на следующий запрос, можно либо указать вторую точку, либо изменить первую.

**Первая точка** – замена исходной первой точки, в которой был выбран объект, на новую, выбранную пользователем.

**Вторая точка** – задание второй точки разрыва. Если вторая указанная точка не принадлежит объекту, выбирается ближайшая точка на объекте. При этом до фиксации точки предполагаемый результат разрыва будет интерактивно отображаться на экране.

Ниже приведен пример использования команды **РАЗОРВАТЬ** для вырезания части ребра прямоугольника.

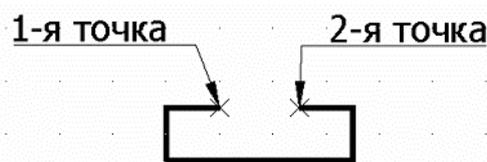
Команда: **РАЗОРВАТЬ**

Выберите объект:

Вторая точка разрыва или [Первая точка]: П

Первая точка: <указывается 1-я точка>

Вторая точка: <указывается 2-я точка>



Команда **РАСЧЛЕНИТЬ** выполняет расчленение составного объекта для изменения отдельных компонентов объекта (рис. 2.113). Можно расчленять любые объекты, включая блоки, полилинии и области, аннотативные массивы.

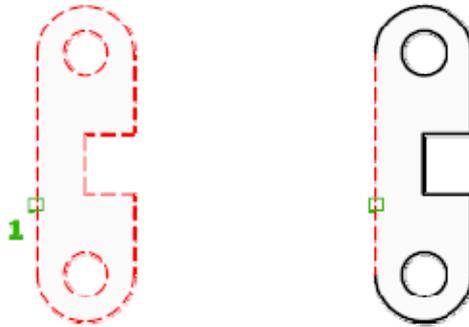


Рис. 2.113. Расчленение составного объекта

Команда **РАСЧЛЕНИТЬ** может быть активирована в командной строке, из меню **Редактировать**→**Расчленить**, а также кнопкой  на ленте или панели инструментов «Редактирование». Команда отображает один запрос **Выберите объекты** для расчленения. Для завершения выбора и работы команды необходимо нажать ENTER.

После выполнения команды свойства отдельные вычлененных объектов (цвет, тип и вес линий) могут изменяться по отдельности. Другие результаты расчленения имеют отличия, определяемые типом расчленяемого составного объекта.

Для расчленения объектов с одновременным изменением их свойств используют команду **ВЗОРВАТЬ**.

#### 1.9.1.7. Редактирование с помощью ручек

При выборе объектов до редактирования с помощью устройства указания на выбранных объектах появляются ручки, расположенные в опорных точках выбранных объектов. С помощью ручек можно изменить форму, перемещать или изменять объекты различными способами.

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.

Следующие объекты (рис. 2.114) содержат многофункциональные ручки, которые позволяют использовать параметры для конкретного объекта и, в некоторых случаях, для конкретной ручки:

- **2D-объекты** – линии, полилинии, дуги, эллиптические дуги, сплайны и объекты штриховки;
- **Объекты аннотаций** – объекты текста, размера и мультивыноски;
- **3D-тела** – 3D-грани, ребра и вершины.

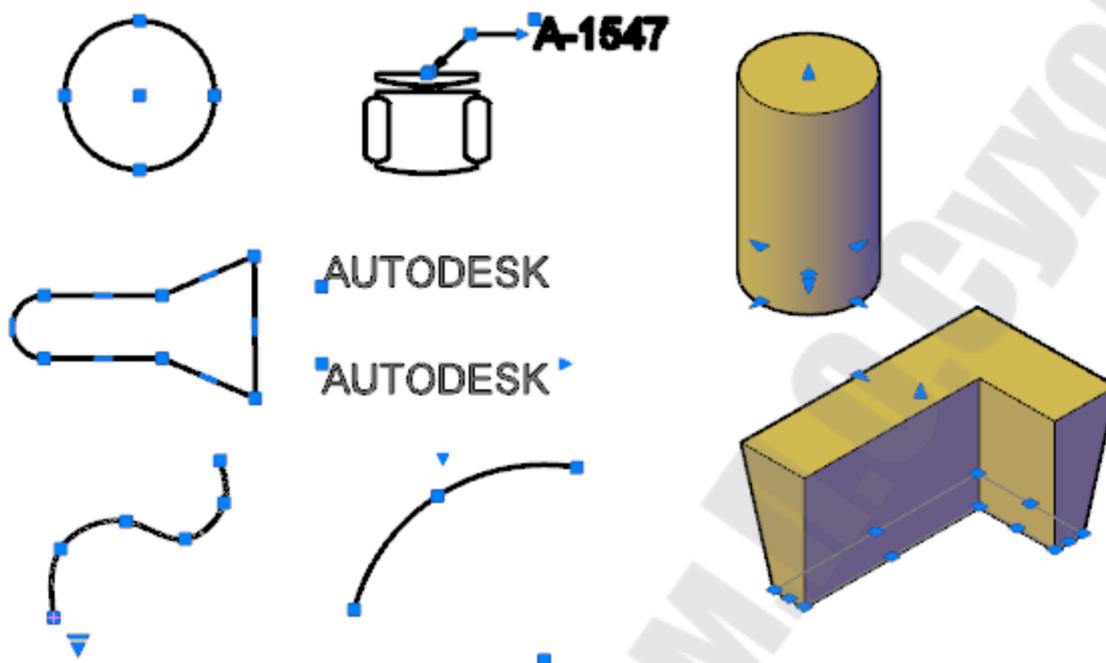
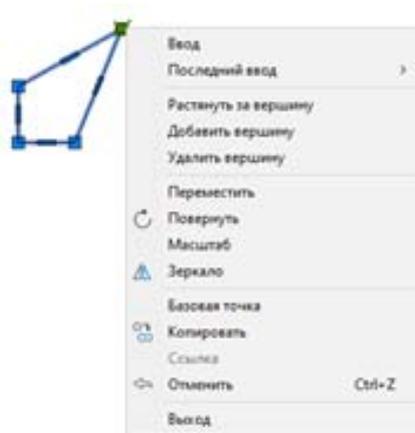


Рис. 2.114. Примеры расположения ручек

Для редактирования с помощью ручек нужно:

- 1) Выбрать объекты для редактирования. При этом на них появятся ручки. Для удаления какого-либо объекта из набора выбора, следует нажать клавишу SHIFT при выборе этого объекта.
- 2) Установить курсор на одной из ручек, которая становится активной и выделяется красным цветом. После этого можно выполнить одно из следующих действий:
  - зафиксировать активную ручку нажатием левой кнопки мыши для выполнения последующих команд;
    - последовательным нажатием клавиши ПРОБЕЛ в командной строке установить одну из команд редактирования: **РАСТЯНУТЬ** (используется по умолчанию), **ПЕРЕНЕСТИ**, **ПОВЕРНУТЬ**, **МАСШТАБ** или **ЗЕРКАЛО**;
    - выполнить необходимые действия в установленном режиме редактирования с использованием предлагаемых опций.
    - завершить работу, используя опцию **Выход** или нажатием клавиши ESC.
  - вызвать контекстное меню нажатием правой клавиши мыши и выбрать необходимое действие;



- дождаться появления контекстного меню активной ручки (зависит от расположения на объекте ручки и типа объекта) и выполнить доступные действия (рис. 2.115).

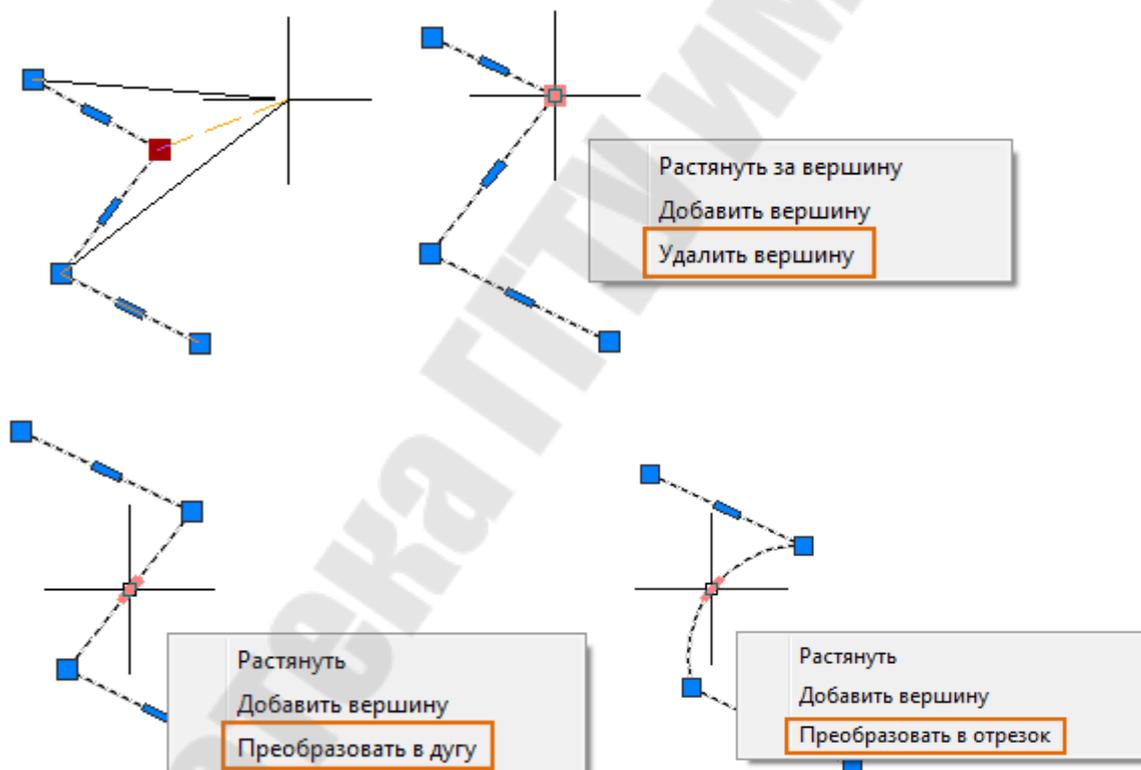


Рис. 2.115. Управление ручками полилинии из контекстного меню

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 **ДИАЛРУЧ** 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.

#### 2.9.1.10. Стирание объектов и очистка базы данных чертежа

Команда **СТЕРЕТЬ** удаляет указанные объекты из чертежа и может быть активирована в командной строке, из меню **Редактировать**→**Стереть**, а также кнопкой  на ленте или панели инструментов «Редактирование». Команда отображает следующие запросы: **Выберите объекты** – выбор объектов для удаления (рис. 2.116). Для окончания выбора и удаления необходимо нажать ENTER.



Рис. 2.116. Стирание объектов

Очистка чертежа от неиспользуемых элементов, таких как определения блоков, текстовые стили, слои и типы линий т.п. может быть выполнена с помощью команды **ОЧИСТИТЬ**, которая активизируется в командной строке, из меню **Редактировать**→**Удалять повторяющиеся объекты**, а также кнопкой  на ленте или панели инструментов «Редактирование».

Команда **ОЧИСТИТЬ** вызывает диалоговое окно «Очистка чертежа», в котором отображается список элементов (рис. 2.117), от которых можно очистить чертеж.

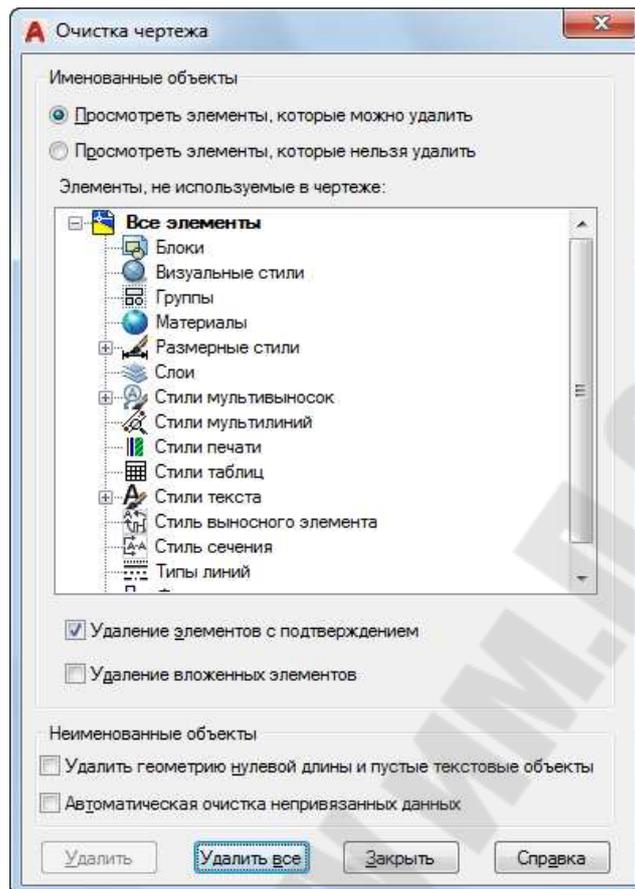


Рис. 2.117. Диалоговое окно «Очистка чертежа»

Управление очисткой чертежа от неиспользуемых элементов выполняется с помощью следующих параметров:

**Типы объектов** – группа переключателей, управляющих списком отображаемых элементов для очистки:

**Просмотреть элементы, которые можно удалить** – переключение на дерево с отображением именованных объектов, от которых можно очистить текущий чертеж.

**Просмотреть элементы, которые нельзя удалить** – переключение на дерево с отображением всех именованных объектов, от которых нельзя очищать текущий чертеж

**Элементы, не используемые в чертеже** – список элементов, которые не используются в текущем чертеже и могут быть удалены из него. Для того чтобы увидеть перечень доступных для удаления элементов какого-либо типа, нужно развернуть ветвь списка нажатием левой кнопки мыши на знаке "+" или двойным нажатием на имени типа. Для удаления элемента следует выбрать элемент

**Элементы, используемые в чертеже** – список именованных объектов, которые не могут быть удалены при очистке

чертежа. Чаще всего такие объекты либо используются в чертеже, либо являются стандартными элементами, удаление которых запрещено. Когда выбираются отдельные именованные объекты, под деревом выводится информация, почему нельзя удалить выбранный элемент

**Удаление элементов с подтверждением** – вызов диалогового окна для подтверждения удаления элементов.

**Удаление элементов с подтверждением** – удаление из чертежа всех неиспользуемых именованных объектов, содержащихся внутри других неиспользуемых именованных объектов.

**Неименованные объекты** – группа переключателей, управляющих очисткой неименованных объектов:

**Удалить геометрию нулевой длины и пустые текстовые объекты** – удаление геометрии нулевой длины (линии, дуги, полилинии и др.), а также многострочного или однострочного текста, содержащего только пробелы (без текста), из объектов, не являющихся блоками.

**Автоматическая очистка непривязанных данных** – удаление устаревших данных стиля линий DGN при открытии диалогового окна «Очистка».

**Очистить** – удаление выбранных элементов.

**Удалить все** – удаление всех выбранных элементов.

### **1.10. Блоки и их использование**

Одним из механизмов создания чертежа, кроме команд рисования и редактирования, является использование блоков объектов рисунка.

**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:

- создание стандартной библиотеки часто используемых символов, узлов и деталей;
- быстрое редактирование рисунков путем вставки, перемещения и копирования целых блоков, а не отдельных геометрических объектов;

– экономия дискового пространства путем адресации всех вхождений одного блока к одному и тому же описанию блока в базе данных рисунка.

### 2.10.1. Создание блоков в чертеже

Создание блока сводится к созданию его определения, в которое входят:

*имя блока*, под которым он хранится в базе данных чертежа и по которому к нему можно обратиться;

*базовая точка вставки*, которая используется для размещения блока при его вставке в чертеж и относительно которой компонуются все графические объекты, входящие в блок;

*графические объекты*, которые изображают некоторую деталь или условное обозначение элемента схемы.

На рис. 2.116 показана типичная последовательность действий для создания определения блока внутри чертежа:

- построение геометрических объектов;
- задание имени блока и точки вставки;
- выбор объектов, входящих в блок;
- сохранение блока в базе данных чертежа.

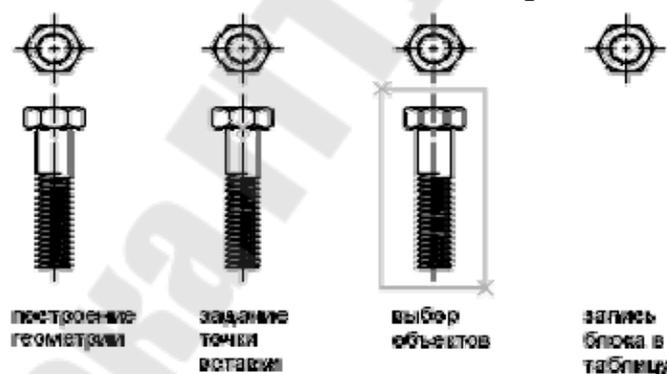


Рис. 2.116. Последовательность создания блока.

Команда **БЛОК** позволяет сформировать блок с помощью диалогового окна «Определение блока» (рис. 2.117) и может быть активирована в командной строке, из меню **Рисование**→**Блок**→**Создать**,

а также кнопкой  на ленте или панели инструментов «**Рисование**». При этом определение блока сохраняется в текущем чертеже.

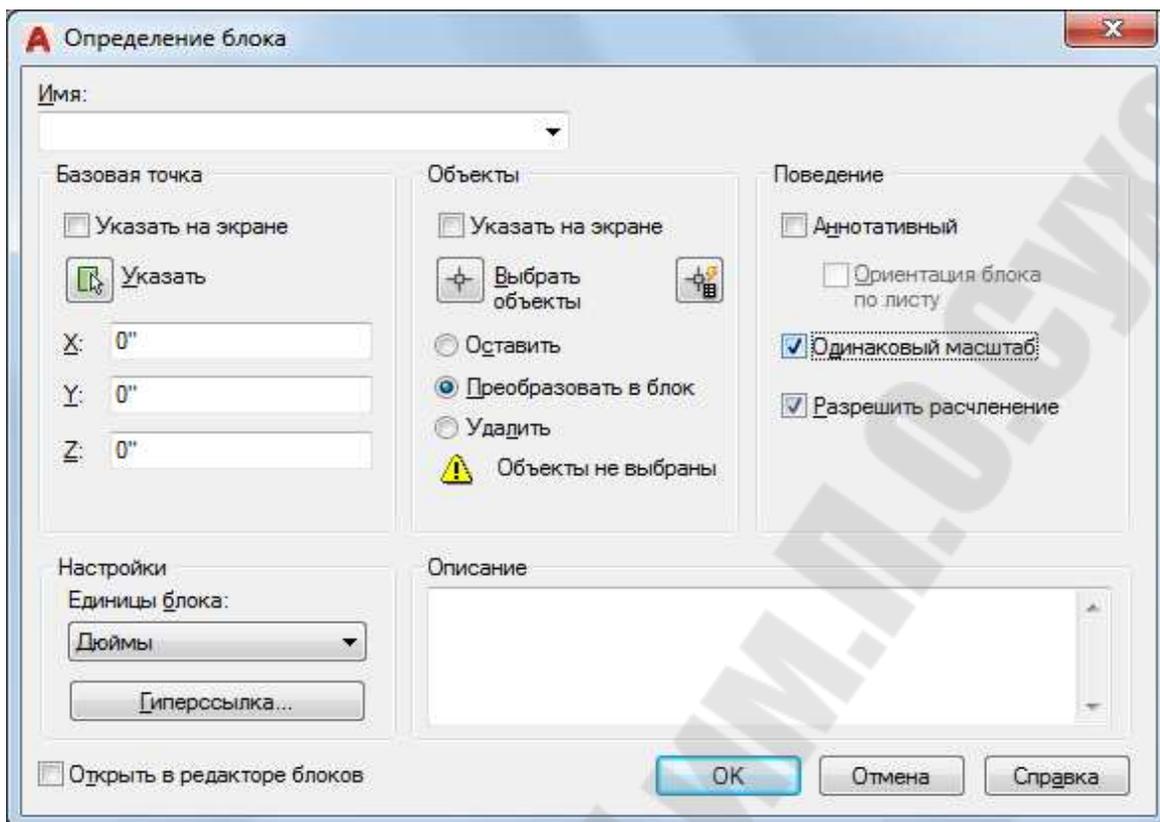


Рис. 2.117. Диалоговое окно «Определение блока»

В диалоговом окне «Определение блока» отображаются следующие параметры:

**Имя** – поле, в котором пользователь указывает имя нового блока с клавиатуры либо выбирает из раскрывающегося списка имя уже существующего блока. Имя может содержать до 255 символов и состоять из букв, цифр, пробелов и любых специальных символов, не используемых операционной системой.

**Группа «Базовая точка»** – содержит управляющие элементы для задания базовой точки вставки блока:

**Указать на экране** – переключатель для отображения запроса на указание базовой точки при закрытии диалогового окна. При его активации все другие способы определения базовой точки становятся недоступными.

**Указать** – кнопка, нажатие которой сворачивает диалоговое окно для указания пользователем базовой точки непосредственно курсором на чертеже.

**X, Y, Z** – поля для ввода числовых значений соответствующих координат с клавиатуры.

Группа «Объекты» – содержит управляющие элементы для определения объектов, включаемых в блок, а также поведения программы по отношению к ним после создания блока:

**Указать на экране** – переключатель для отображения запроса на указание объекта при закрытии диалогового окна. При его активации кнопка «Выбрать объекты» становится недоступной.

**Выбрать объекты** – кнопка, нажатие которой сворачивает диалоговое окно для указания пользователем объектов, которые будут помещены в блок. По завершении выбора объектов нажатие клавиши Enter возвращает в диалоговое окно.

**Быстрый выбор** – кнопка вызывает диалоговое окно «Быстрый выбор», в котором можно выбирать объекты по их свойствам с возможностью фильтрации этих свойств (рис. 2.118).

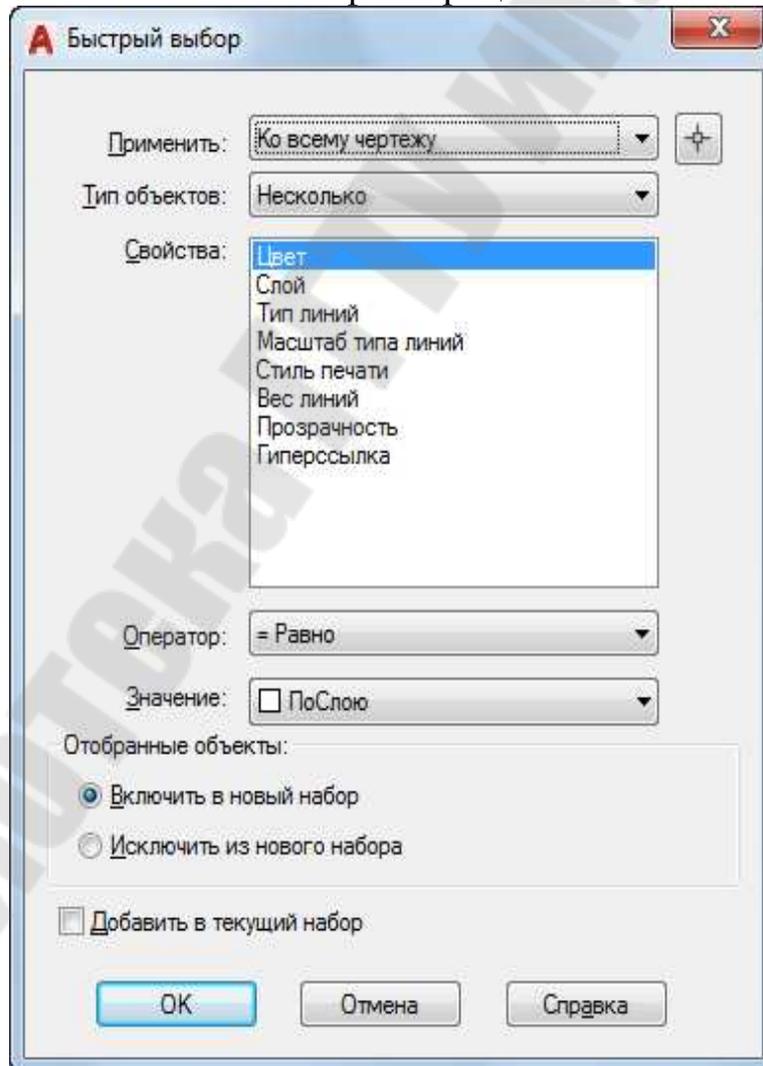


Рис. 2.118. Диалоговое окно «Быстрый выбор»

**Оставить** – выбранные объекты остаются в чертеже без изменений.

**Преобразовать в блок** – выбранные объекты преобразуются во входение только что созданного блока.

**Удалить** – выбранные объекты удаляются из чертежа.

**Группа «Поведение»** – содержит управляющие элементы для задания режимов поведения блока:

**Аннотативный** – установка аннотативного поведения блока.

**Ориентация блока по листу** – позволяет согласовать ориентацию вхождений блока на видовых экранах пространства листа с ориентацией листа. Данный параметр недоступен, если отключена опция "Аннотативный".

**Одинаковый масштаб** – переключатель установки защиты вхождения блока с применением разного масштаба по осям  $X$  и  $Y$ .

**Разрешить расчленение** – переключатель, устанавливающий возможность расчленения вхождения блока. При отключении этого режима, команда РАСЧЛЕНИТЬ не сможет разбить блок на отдельные объекты.

**Группа «Настройки»** - содержит управляющие элементы для настройки параметров блока:

**Единицы блока** – установка единиц вставки для вхождения блока.

**Гиперссылка** – вызов диалогового окна «Вставка гиперссылки», в котором можно связать гиперссылку с описанием создаваемого блока.

**Описание** – текстовое поле, в котором пользователь может описать блок.

**Открыть в редакторе блоков** – переключатель, активное состояние которого открывает текущее определение блока в редакторе блоков при нажатии ОК.

В диалоговом окне «Определение блока» также отображается информация о количестве выбранных объектов, а в просмотрном окне упрощенное изображение блока.

Команда **БЛОК** создает определение блока из выбранных объектов без использования диалогового окна, выдавая последовательно необходимые запросы в командной строке,

Далее приведен пример создания с помощью команды **БЛОК** условного обозначения резистора. Объекты, входящие в блок могут

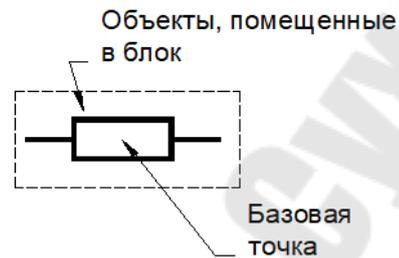
быть выбраны любым из возможных способов. После создания блока объекты, из которых он был сформирован, удаляются из чертежа.

Команда: **-БЛОК**

Имя блока (или ?): **РЕЗИСТОР**

Задайте базовую точку вставки или [Аннотативный]: <указываем точку>

Выберите объекты: <указываем объекты>



Блоки, созданные командой **БЛОК** доступны только в текущем рисунке. Для того, чтобы блок был доступен и в других чертежах, его необходимо записать в файл.

Команда **ПБЛОК** создает определение блока или преобразование уже имеющегося блока в указанный файл чертежа на диске с помощью диалогового окна «Запись блока на диск» (рис. 2.119). Этот файл в дальнейшем может использоваться для вставки блока в другие рисунки.

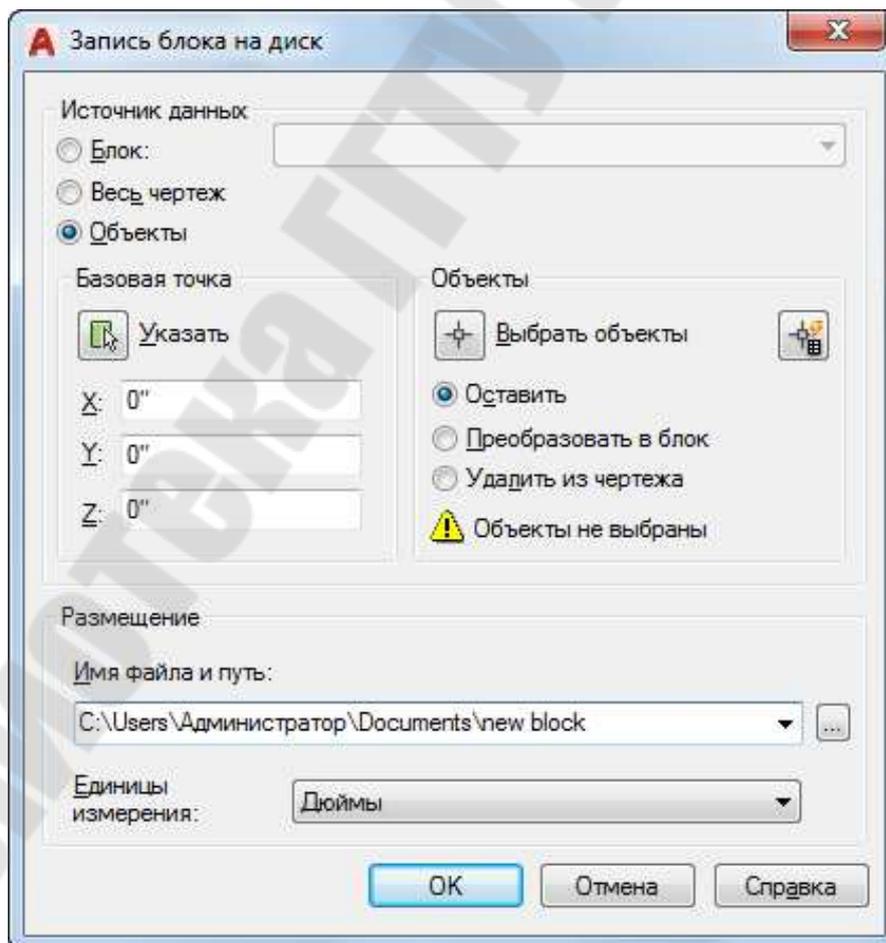


Рис. 2.119. Диалоговое окно «Запись блока на диск»

В диалоговом окне «Запись блока на диск» отображаются следующие параметры:

**Группа «Источник данных»** – содержит управляющие элементы для выбора блоков и объектов, записываемых в файл, а также задания базовой точки:

**Блок** – выбор уже существующего блока для записи в файл. Имя нужного блока выбирается из списка.

**Весь чертеж** – выбор текущего чертежа в качестве блока для сохранения в файле.

**Объекты** – выбор объектов для объединения их в блок и сохранения в файле. При этом управляющие элементы для указания базовой точки и выбора объектов аналогичны элементам диалогового окна «Определение блока».

**Имя файла и путь** – поле, в котором пользователь указывает имя и путь к файлу, в который требуется сохранить блок или объекты. Кнопка [...] вызывает стандартное диалоговое окно выбора файлов.

**Единицы измерения** – задание единиц измерения, которые будут использоваться для автоматического масштабирования при перетаскивании нового файла из Центра управления ТМ или вставке его в качестве блока в чертеж с другими единицами. Если выбрано значение «Безразмерный», блок вставляется в чертеж без масштабирования.

Создавая командой ПБЛОК внешние блоки, можно формировать библиотеки компонентов в виде отдельных файлов чертежей, сгруппированных по папкам.

Блок может включать в себя другие (вложенные) блоки (рис. 2.120). Единственное ограничение при использовании вложенных блоков – запрет ссылок из блока на самого себя. Использование вложенных блоков позволяет упрощать описания сложных блоков.

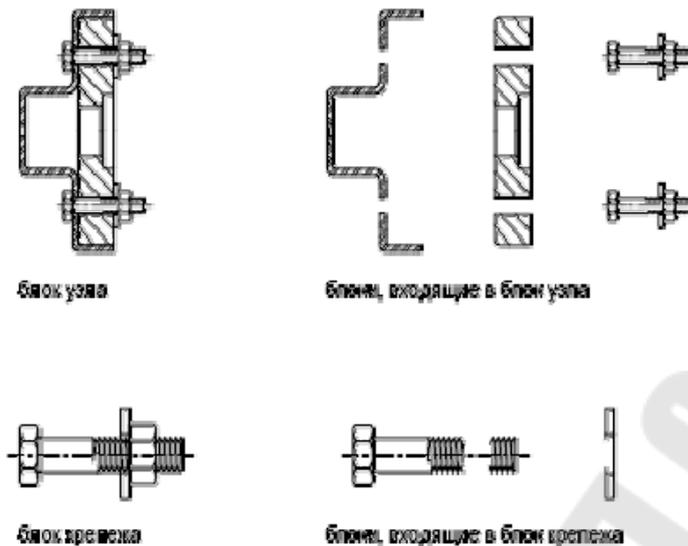


Рис. 2.120. Вложенные блоки

### 2.10.2. Вставка блоков

После создания блока его можно использовать, вставляя в текущий чертеж как обычный графический примитив. Пользователь может вставлять собственные блоки или блоки, предлагаемые в окне «Центр управления» или имеющиеся в инструментальных палитрах.

При вставке блока на рисунке создается *вхождение блока*. Вставка отдельных блоков и целых рисунков из внешних dwg-файлов в текущий рисунок производится командами **ВСТАВИТЬ** или **МВСТАВИТЬ**.

Команда **ВСТАВИТЬ** создает вхождение блока с помощью диалогового окна «Вставка» (рис. 2.121) и может быть активирована в командной строке, из меню **Вставка** → **Блок...**, а также кнопкой  на ленте или панели инструментов «*Вставка*».

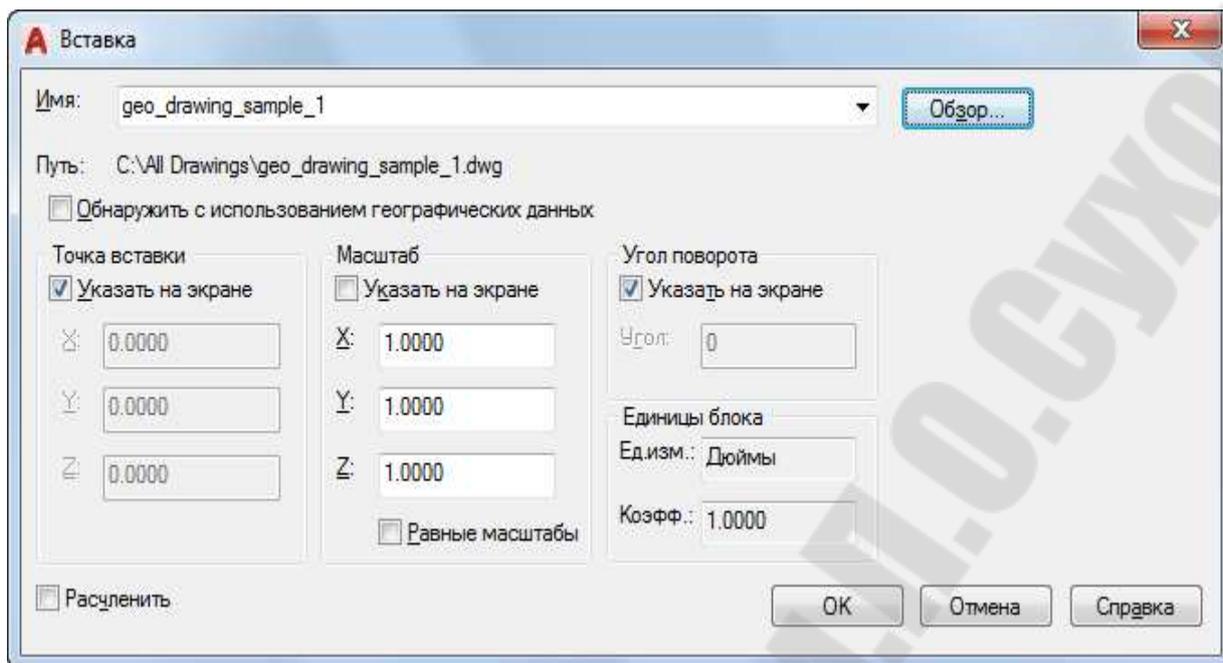


Рис. 2.121. Диалоговое окно «Вставка»

Диалоговое окно «Вставка» создает вхождение блока, предлагая пользователю определить следующие параметры:

**Имя** – задание имени вставляемого блока или файла чертежа. Кнопка «Обзор» открывает диалоговое окно «Выбор файла чертежа», в котором можно выбрать блок или файл чертежа для вставки, в поле «Путь» отображается текущий путь к внешнему файлу или блоку.

**Обнаружить с использованием географических данных** – вставка чертежа с использованием географических данных в качестве ссылки. Переключатель указывает, содержит ли текущий и вставленный чертеж географические данные. Этот параметр доступен, если оба чертежа содержат географические данные

**Описание** – поле, в котором отображается описание, сохраненное с блоком (если оно было задано пользователем).

**Образец** – окно, в котором отображается описание, образец указанного блока, который требуется вставить. Оранжевый значок вспышки молнии, отображаемый в правом нижнем углу образца блока, говорит о том, что блок динамический. Значок  показывает, что это аннотативный блок.

**Группа «Точка вставки»** – содержит управляющие элементы для задания точки вставки блока:

*Указать на экране* – задание точки вставки с помощью устройства указания на экране. В неактивном состоянии этого переключателя входные координаты задаются вручную.

*X, Y, Z* – поля для ввода числовых значений соответствующих координат с клавиатуры.

**Группа «Масштаб»** – содержит управляющие элементы для задания масштаба для вставки блока:

*Указать на экране* – задание масштаба блока с помощью устройства указания на экране. В неактивном состоянии этого переключателя масштаб задается вручную.

*X, Y, Z* – поля для ввода числовых значений масштабных коэффициентов по соответствующим осям с клавиатуры. Если какой-либо из масштабных коэффициентов *X*, *Y* или *Z* отрицателен, блок зеркально отображается в этом направлении.

*Равные масштабы* – переключатель устанавливает единый масштаб по всем трем направлениям (*X*, *Y* и *Z*).

**Группа «Угол поворота»** - содержит управляющие элементы для задания угла поворота вставляемого блока относительно точки вставки в текущей пользовательской системе координат:

*Указать на экране* – задание угла поворота блока с помощью устройства указания на экране. В неактивном состоянии этого переключателя масштаб задается вручную.

*Угол* – задание угла поворота блока в соответствующем поле.

**Группа «Единицы блока»** - отображает информацию о единицах блока по умолчанию:

*Ед. изм* – указывает значение параметра ЕДИНИЦЫ ВСТАВКИ для вставленного блока.

*Коэфф* – отображает масштабный коэффициент, который вычисляется на основе значения параметра ЕДИНИЦЫ ВСТАВКИ блока и единиц чертежа.

**Расчлнить** – переключатель, активное состояние которого приводит к расчленению блока на отдельные части при вставке в чертеж.

Команда **ВСТАВИТЬ** создает вхождение блока без использования диалогового окна, выдавая последовательно необходимые запросы в командной строке.

Команда **МВСТАВИТЬ** используется для множественной вставки блока с размещением в узлах прямоугольного массива. Кроме

параметров вставки блока (таким же как и в команде **ВСТАВИТЬ**, запрашиваются параметры прямоугольного массива – количество рядов/столбцов и расстояние между ними. Блоки, вставляемые по команде **МВСТАВИТЬ**, нельзя расчленить.

### **2.10.3. Изменение вхождений и определений блока, удаление блока**

*Редактирование вхождений блоков* можно выполнить, используя палитру свойств, которая дает возможность изменить положение, масштаб, угол поворота и другие свойства для вхождения блока. Эти изменения влияют только на этот экземпляр вхождения блока, а не на определение блока.

*Редактирование определения блока* (набора объектов, входящих в блок или их геометрии, точки вставки и др.) можно выполнить несколькими способами. Выбор метода зависит от того, необходимо ли внести изменения только в текущий чертеж или нужно изменить также исходный файл блока.

Определение блока можно изменить с использованием следующих методов:

**Изменение определения блока в текущем чертеже.** Самый простой способ редактирования блока в текущем чертеже – с помощью редактора блоков. Редактор блоков предоставляет удобный способ для определения и редактирования блоков, а также добавления динамического поведения для определений блоков. Изменения, внесенные и сохраненные в редакторе блоков, заменяют существующее определение блока, и все вхождения блока в чертеже немедленно обновляются.

Альтернативный способ изменения определения блока заключается в выполнении всех действий по созданию нового блока, имя которого должно совпадать с именем редактируемого определения блока. Можно выполнить вставку блока с его расчленением или расчленить уже имеющийся с помощью одноименной команды, а затем полученные таким образом объекты использовать для создания нового определения этого же блока с тем же именем, т. е. переопределить его.

**Изменение определения блока в исходном файле и его повторная вставка в текущий чертеж.** Обновление блока, который был создан в другом чертеже, и последующая вставка в текущий чертеж не инициируют автоматическое обновление (в отличие от вставки внешних ссылок). Для обновления блока, который был обновлен в другом чертеже, требуется его повторная вставка.

**Обновление определения блока из вставленного файла чертежа.** Изменение исходного чертежа блока не оказывает немедленного действия на текущий чертеж, куда вставлен этот блок. Чтобы обновить определение блока в файле чертежа, чертеж необходимо вставить повторно.

**Обновление определения блока из библиотеки компонентов (расширенное).** Вставка блока с помощью Центра управления не перезаписывает существующее определение блока. Для вставки определения блока, которое было обновлено в библиотеке блоков, используйте, например, команду ПБЛОК, чтобы сохранить блок в отдельном чертеже. Затем вставьте чертеж для перезаписи устаревшего определения блока.

Удаление вхождения блока выполняется аналогично удалению любого объекта на чертеже с помощью команды СТЕРЕТЬ. При этом определение блока сохраняется в чертеже, даже если все вхождения блока стерты. Чтобы исключить определение блока, его необходимо удалить из базы данных чертежа с помощью команды ОЧИСТИТЬ, вызывающего диалоговое окно «Очистка чертежа». Очистка чертежа от определения блока возможно только, после удаления всех вхождений блока.

#### **2.10.4. Работа с редактором блоков**

Редактор блоков предоставляет отдельную среду, предназначенную для создания и изменения определений блоков в текущем чертеже. добавления динамического поведения и динамических свойств для определений блоков.

Команда **БЛОКРЕД** открывает определение блока в диалоговом окне «Редактирование определения блока» (рис. 2.122). Команда активируется в командной строке или кнопкой  вкладки ленты или панели инструментов «Редактор блоков».

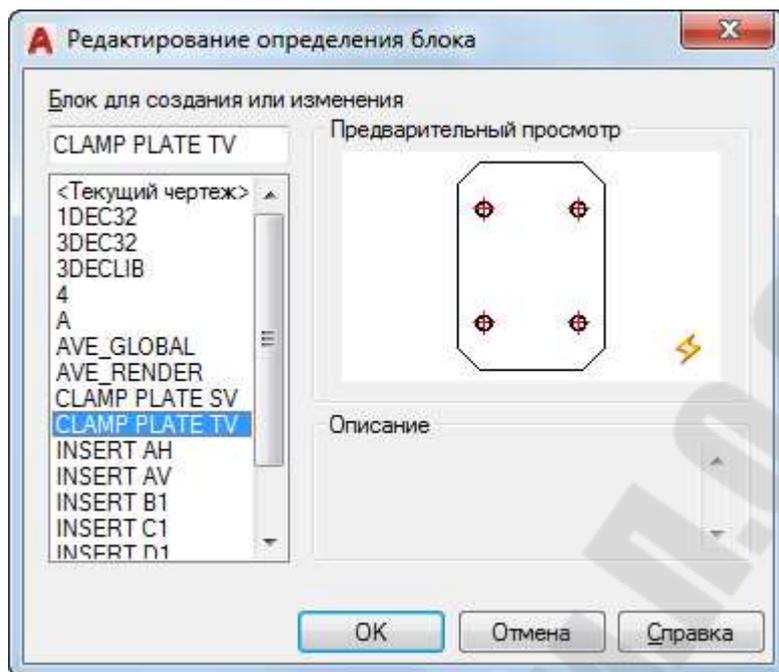


Рис. 2.122. Выбор блока для изменения

В диалоговом окне «Редактирование определения блока» необходимо выбрать в списке определение блока, который будет отредактирован в редакторе блоков, или ввести имя нового определения блока, который необходимо создать в редакторе блоков. В окне предварительного просмотра отображаются графические объекты блока, а в области «Описание» соответствующая информация, входящая в определение блока. При нажатии «ОК» диалоговое окно «Редактирование определения блока» закрывается и отображается редактор блоков (рис. 2.123).

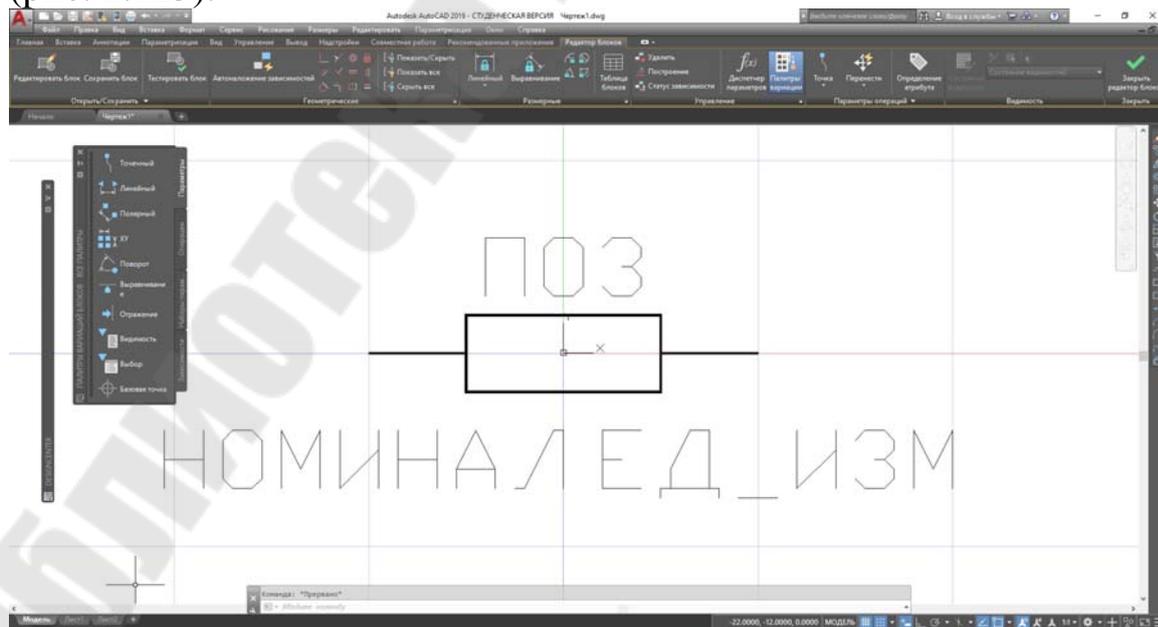


Рис. 2.123. Редактор блоков

В окне редактора блоков можно выполнить следующие действия:

- создать определение блока;
- добавить параметр операции;
- добавить геометрические или размерные зависимости;
- задать атрибуты;
- управлять состояниями видимости;
- проверить и сохранить определения блока.

### 2.10.5. Взаимодействие со слоями, цветом и типами линий

Объединяемые в блок объекты могут находиться на различных слоях, иметь различные цвета и типы линий. Можно задать режим, при котором информация об исходных слоях, цветах и типах линий объектов сохраняется, а при 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 плавающих слоев, цветов и типов линий при некорректном использовании усложняет работу. Во избежание этого рекомендуется придерживаться следующих правил:

1. 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 том числе находящимся во вложенных блоках) следует **явно** назначить слой, цвет и тип линии.

2. 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**.

3. Если требуется, чтобы для каждого вхождения блока цвет и тип линии задавались явно, нужно при создании блока установить для всех его объектов (в том числе находящихся во вложенных блоках) цвет и тип линии **ПОБЛОКУ**. Значения слоя, цвета и типа линии дос-

тупны для редактирования после вставки блока командой ДИАЛСВОЙ.

### 2.10.6. Организация блоков

Библиотеки блоков и инструментальные палитры можно использовать для организации блоков и управления ими.

Библиотека блоков может быть создана двумя способами:

– в виде **папок с наборами файлов**, каждый из которых является блоком, сохраненным командой ПБЛОК, или изначально созданный как самостоятельный чертеж отдельного элемента-блока;

– в виде **библиотек компонентов** – одного или нескольких файлов, в которых хранятся наборы родственных определений блоков.

Пользователь может использовать библиотеки блоков, поставляемые Autodesk и другими разработчиками, а также создавать свои собственные библиотеки. Эти определения блоков можно вставлять по отдельности в любой чертеж. Файлы библиотек блоков, кроме своего функционального предназначения, ничем не отличаются по структуре от других файлов чертежей.

После определения блока в чертеже библиотеки блоков (с помощью команды «БЛОК») можно задать короткое описание блока.

Также можно создать визуальный индекс каждого определения блока путем вставки его в чертеж библиотеки и включения текста с именем блока, датой создания, датой последнего внесения изменений, а также любых специальных инструкций и правил.

Для просмотра и копирования отдельных определений блоков из библиотеки блоков и других имеющихся файлов чертежей в текущий чертеж можно использовать Центр управления. При копировании одноименного определения блока уже имеющийся в чертеже блок не удаляется.

После добавления инструмента блока на инструментальную палитру можно выполнить вставку вхождения блока, перетащив его с инструментальной палитры на чертеж или указав его щелчком мыши и разместив на чертеже.

## 2.11. Атрибуты блоков

**Атрибут** представляет собой метку или тег для связывания с блоком каких-либо данных – текстовых или числовых. В атрибутах могут храниться номера деталей, стоимость, комментарии, фамилии владельцев и т. п. На рисунке 2.124 показан блок «стул» с четырьмя атрибутами: *тип*, *изготовитель*, *модель* и *цена*. Поскольку теги на-

строены как переменные, для каждого вхождения блока при его вставке будут запрашиваться эти сведения о каждом экземпляре стула на чертеже.

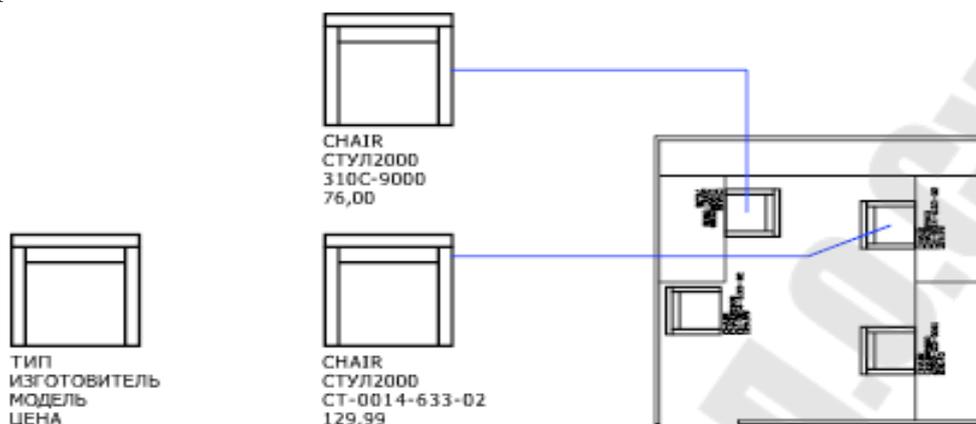


Рис. 2.124. Блок с атрибутами

В дальнейшем информацию, хранящуюся в атрибутах чертежа, можно экспортировать из чертежа с последующим использованием в электронных таблицах или базах данных для генерации различных спецификаций.

Если сведения об атрибутах планируется использовать в спецификации, рекомендуется создать список создаваемых тегов атрибутов. Теги понадобятся позже при создании файла шаблона атрибутов.

### 2.11.1. Определение и присоединение атрибутов к блоку

Команда **АТОПР** создает определения атрибута для хранения данных в блоке с помощью диалогового окна «Определение атрибута» (рис. 2.125) и может быть активирована в командной строке, из меню **Рисование** → **Блок** → **Определение атрибутов**, а также кнопкой  на ленте или панели инструментов «**Блок**».

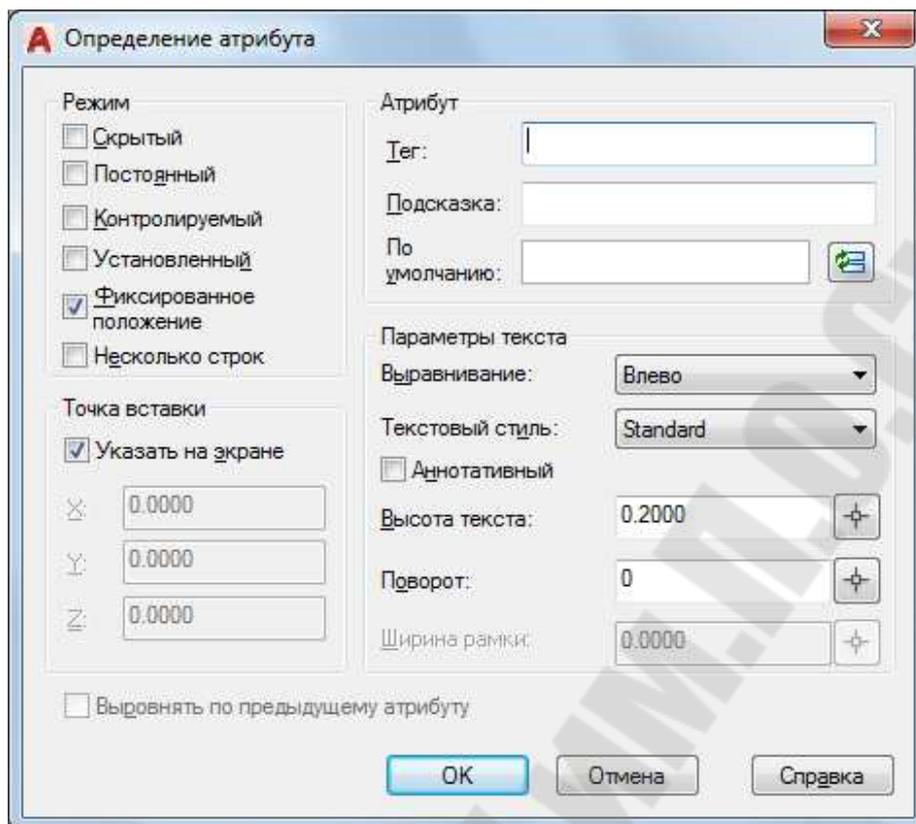


Рис. 2.125. Диалоговое окно «Определение атрибута»

Диалоговое окно «Определение атрибута» создает атрибут, предлагая пользователю определить следующие параметры:

**Режим** – группа элементов управления режимами работы атрибута:

**Скрытый** – указывает, что значение атрибута вставленного блока не должно быть видно на экране или выводиться на печать.

**Постоянный** – указывает, что значение атрибута вставленного блока фиксировано и не изменяется. Отключенное состояние флага означает, что атрибут переменный. При вставке блока с переменным атрибутом отображается запрос на ввод данных, сохраняемых вместе с блоком.

**Контролируемый** – позволяет проверить правильность значения атрибута во время процесса вставки блока с выводом запроса его значения.

**Установленный** – присвоение атрибуту значения, указанного в поле «По умолчанию» без вывода запроса при вставке блока. Параметр «Установленный» применяется только при запросе значений атрибутов, которые отображаются в командной строке (значение переменной ATTDIA равно 0).

**Фиксированное положение** – фиксация положения атрибута внутри вхождения блока. При отмене фиксации атрибута

его можно перемещать относительно остальной части блока с помощью ручек редактирования, а размер многострочных атрибутов можно изменить.

**Несколько строк** – значение атрибута может содержать несколько строк текста, также можно задать ширину границы атрибута.

**Атрибут** – группа элементов управления данными атрибута:

**Тег** – задание имени для идентификации атрибута. Тег может состоять из любых символов, кроме пробелов. Все строчные буквы автоматически преобразуются в прописные.

**Подсказка** – задание запроса пользователю, выводимого на экран при каждой вставке блока, содержащего данный атрибут. Если оставить поле подсказки пустым, AutoCAD будет использовать в качестве подсказки тег атрибута. Если в группе «Режим» включен параметр «Постоянный», поле «Подсказка» недоступно.

**По умолчанию** – значение, которое присваивается атрибуту по умолчанию, если пользователь при вставке блока не задаст его значение.

**Добавление поля** – кнопка вызова диалогового окна «Поле» (рис. 2.126), в котором можно вставить поле AutoCAD в качестве полного или частичного значения атрибута.

**Точка вставки** – группа элементов, определяющих положение атрибута:

**Указать на экране** – задание точки вставки атрибута на экране с использованием устройства указания после нажатия кнопки «Ок». В неактивном состоянии этого переключателя входные координаты задаются вручную.

**X, Y, Z** – поля для ввода числовых значений соответствующих координат с клавиатуры.

**Параметры текста** – группа элементов, определяющих текстовые свойства атрибута:

**Выравнивание** – выбор способа выравнивания текста атрибута.

**Текстовый стиль** – выбор текстового стиля атрибута.

**Аннотативный** – переключатель, указывающий на то, что атрибут является аннотативным. Если блок является аннотативным, ориентация атрибута совпадает с ориентацией блока.

**Высота текста** – поле для указания высоты текста атрибута. Пользователь может ввести значение или задать его на эк-

ране, нажав кнопку и указав расстояние между двумя точками.

**Поворот** – поле для указания угла поворота текста атрибута. Пользователь может ввести значение или задать его на экране, нажав кнопку и указав две точки отрезка. Угол поворота равен углу между горизонтальной осью и этим отрезком.

**Ширина рамки** – поле для указания максимальной длины текстовой строки многострочного атрибута от начала строки до точки перехода на следующую строку. Если задано значение 0,000, ограничение на длину строк текста отсутствует. Для однострочных атрибутов этот параметр недоступен.

**Выровнять по предыдущему атрибуту** – флаг размещения тега атрибута непосредственно под тегом предыдущего.

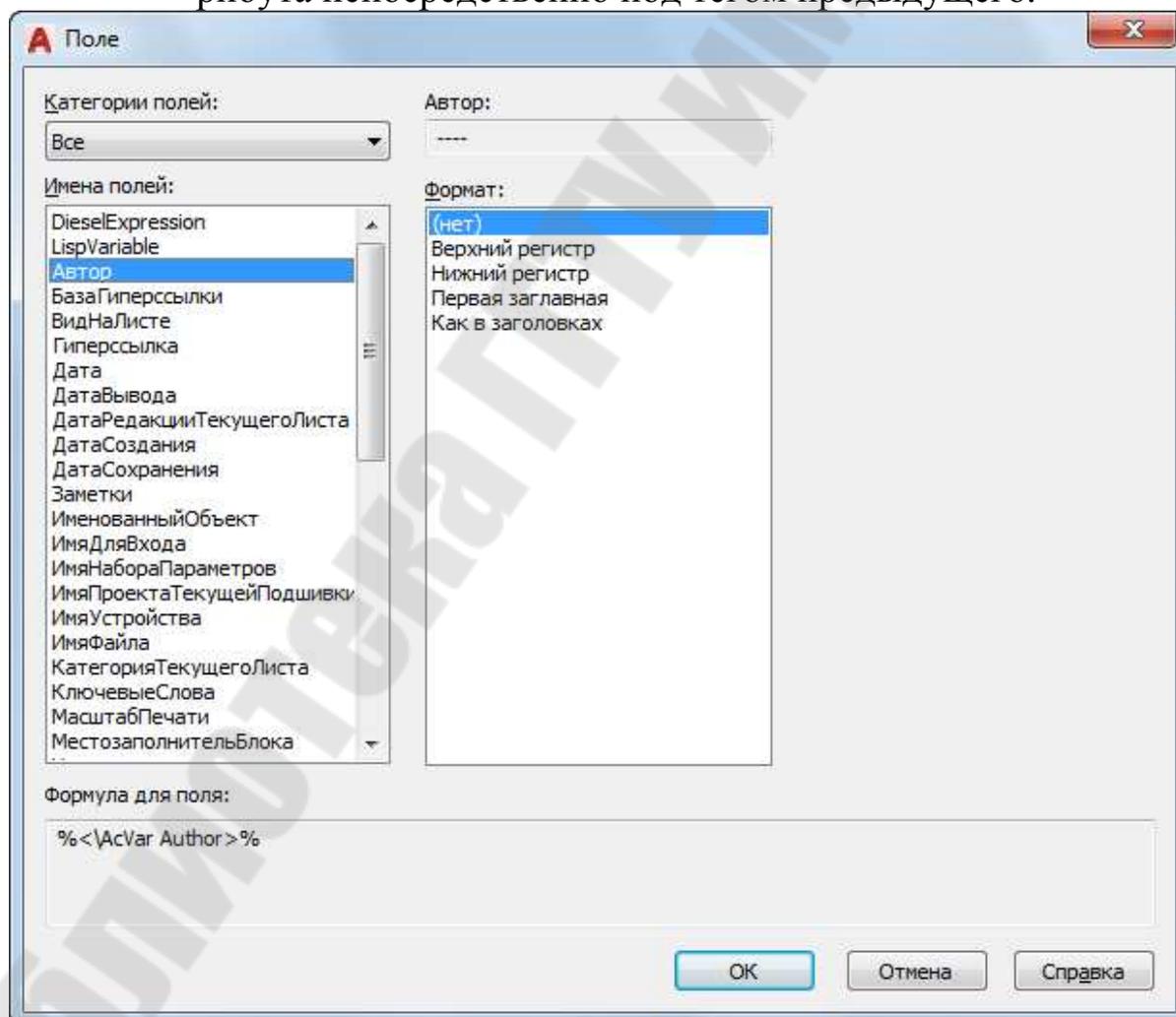


Рис. 2.126. Диалоговое окно «Поле»

После создания одного или нескольких определений атрибутов они присоединяются к блоку путем включения в набор объектов в процессе создания или переопределения этого блока.

В один блок можно включить несколько атрибутов. Например, можно определить атрибуты с тегами «Тип», «Изготовитель», «Модель», «Цена» и далее включить их в блок с именем СТУЛ (рис. 2.124).

При вставке блока поочередно будут выдаваться запросы для ввода пользователем значений переменных атрибутов. Обычно запросы выдаются в том же порядке, в каком выбирались атрибуты при формировании блока. Однако если атрибуты в ходе формирования блока были выбраны с помощью рамки или текущей рамки, запросы выдаются в порядке, обратном порядку создания атрибутов. Для изменения порядка запросов данных атрибутов при вставке вхождения блока можно воспользоваться *Диспетчером атрибутов блоков*.

В процессе работы с редактором блоков можно также использовать диалоговое окно «Порядок атрибутов» (команда «БЛОК-ПОРАТР») для изменения порядка запросов данных об атрибутах (при вставке ссылки на блок).

На рис. 2.127 показаны графические элементы для условных обозначений элементов электрической цепи – резистора и конденсатора, а также атрибуты ЭЛЕМЕНТ, ПОЗИЦИЯ, НОМИНАЛ и ЕД\_ИЗМ для размещения в них при каждом вхождении блока соответствующих данных, а также результаты вставки этих сформированных блоков в чертеж.

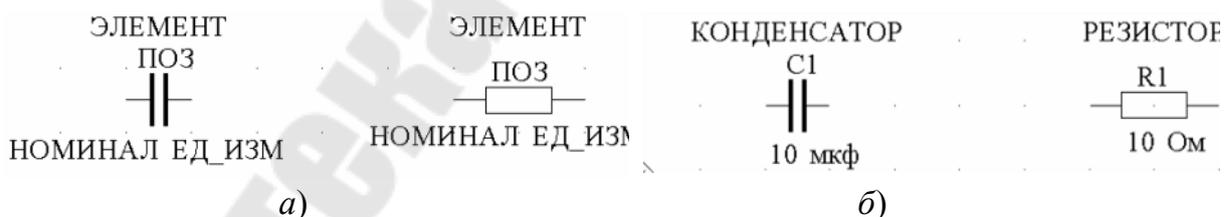


Рис. 2.127. Формирование блоков с атрибутами:  
а – объекты для записи в блоки; б – результаты вставки блоков

### Редактирование атрибутов, не связанных с блоками

Редактирование текстовой части атрибута, несвязанного с блоком, можно выполнить командой **ТЕКСТРЕД**, которая активизируется в командной строке или из меню **Редактировать** → **Объекты** → **Текст**, а также двойным щелчком правой кнопки мыши по атрибуту. Команда **ТЕКСТРЕД** вызывает диалоговое окно «Редактирование определения атрибута» (рис. 2.128).

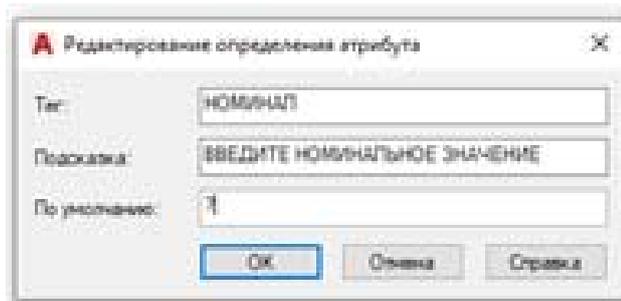


Рис. 2.128. Диалоговое окно «Редактирование определения атрибута»

Изменение всех параметров атрибута, а не только его текстовой части, возможно в диалоговом окне «Свойства», которое вызывается из контекстного меню или из главного меню **Редактировать** → **Свойства**.

### 2.11.3. Редактирование атрибутов, связанных с блоками

Редактирование атрибутов, связанных с конкретным блоком, осуществляется командой **АТРЕДАКТ**, которая может быть активирована в командной строке или двойным щелчком левой кнопки мыши по атрибуту блока, из меню **Редактировать** → **Объекты** → **Атрибуты** → **По одному**, а также кнопкой  на ленте или панели инструментов «**Блок**». Команда вызывает диалоговое окно «Редактор атрибутов блоков» (рис. 2.129) в котором возможно редактирование *параметров текста* (высота, наклон и т. п.) и свойств атрибута (слой, цвет и др.). Однако при этом нельзя изменить основные определения атрибута (режим отображения, имя и т. п.), так как эти изменения касаются не только выбранного блока, но и других вхождений блока.

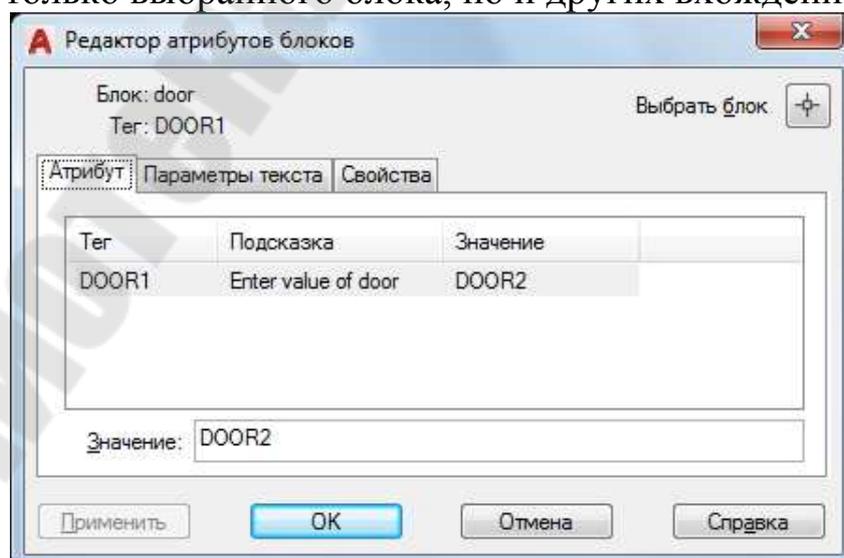


Рис. 2.129. Диалоговое окно вкладки «Атрибут» редактора атрибутов блока

Диалоговое окно «Редактор атрибутов блоков» при активной вкладке «Атрибут» содержит следующие параметры:

**Блок** – поле отображения имени блока, атрибуты которого редактируются.

**Тег**– поле отображения тега текущего атрибута, на который указывает курсор в списке атрибутов.

**Выбрать блок** – кнопка для выбора блока с помощью указывающего устройства и временным закрытием диалогового окна.

**Применить** – применение внесенных изменений без закрытия диалогового окна.

**Значение** – установка для выбранного атрибута нового значения.

Вкладка «Параметры текста» задает свойства, определяющие способ отображения на чертеже текста атрибута, и содержит следующие параметры (рис. 2.130):

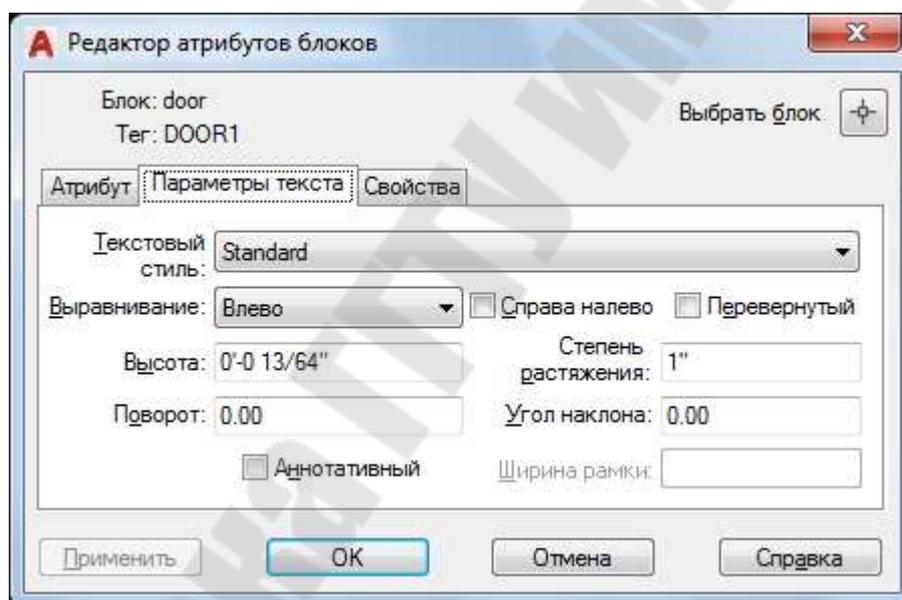


Рис. 2.130. Диалоговое окно вкладки «Параметры текста» редактора атрибутов блока

**Текстовый стиль** – установка стиля для текста атрибута и соответствующих этому стилю свойств.

**Выравнивание** – установка режима выравнивания текста атрибута (выравнивание по левому краю, по центру или по правому краю).

**Высота** – установка высоты текста атрибута.

**Поворот** – установка угла поворота текста атрибута.

**Аннотативный** – флаг активации свойства аннотативности атрибута.

**Справа налево** – включение/отключение режима отображения текста атрибута справа налево.

**Перевернутый** – включение/отключение режима отображения текста атрибута в перевернутом виде.

**Степень растяжения** – установка степени сжатия/растяжения текста атрибута: значения меньше 1,0 вызывают сжатие, а больше 1,0 вызывают растяжение.

**Угол наклона** – установка угла наклона текста атрибута от вертикальной оси.

**Угол наклона** – установка максимальной длины текстовой строки многострочного атрибута от начала строки до точки перехода на следующую строку. Значение 0,000 указывает на отсутствие ограничений по длине строки текста.

Вкладка «Свойства» задает слой, на котором находится атрибут, вес и тип линий, а также цвет текста атрибута (рис. 2.131):

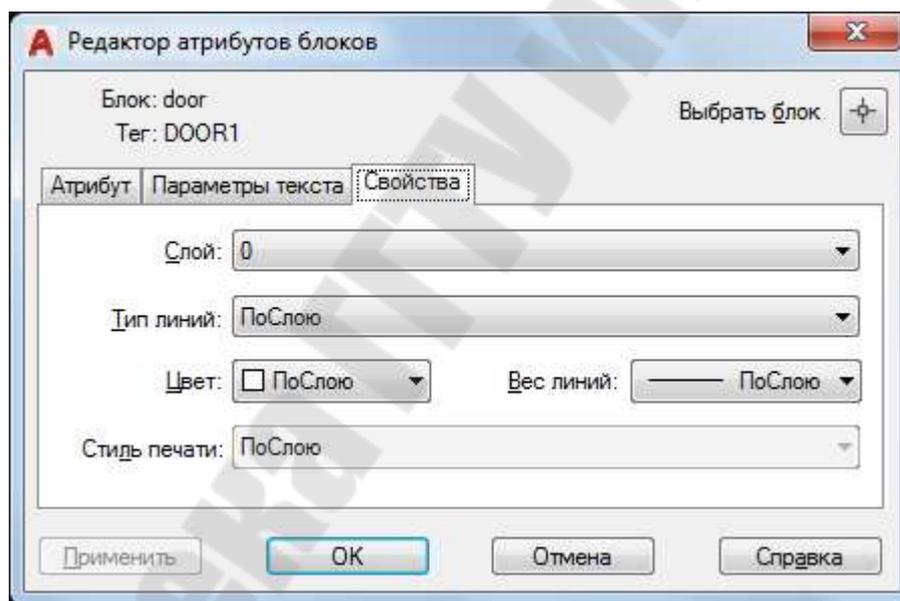


Рис. 2.131. Диалоговое окно вкладки «Свойства» редактора атрибутов блока

**Слой** – установка слоя для размещения атрибута.

**Тип линий** – установка типа линий атрибута.

**Цвет** – установка цвета атрибута.

**Вес линий** – установка веса линий атрибута.

**Стиль печати** – установка стиль печати атрибута.

Управление описаниями атрибутов в блоках текущего чертежа выполняет диспетчер атрибутов блоков (рис. 2.132), который активируется командой **ДИСПАТЬБЛК** в командной строке, из меню **Ре-**

дактировать → **Объекты** → **Атрибуты** → **Диспетчер атрибутов**, а также кнопкой  на ленте или панели инструментов «**Блок**».

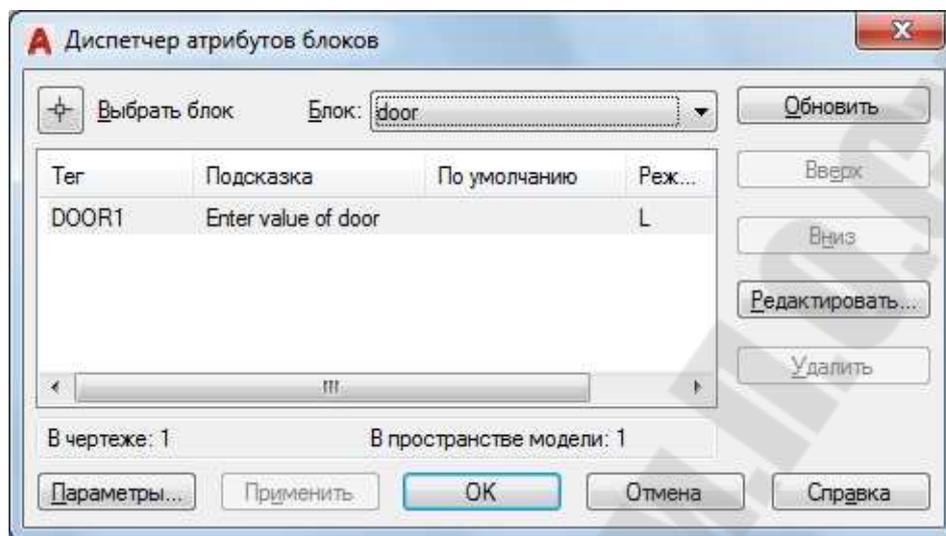


Рис. 2.132. Диалоговое окно «Диспетчер атрибутов блоков»

Диспетчер атрибутов блоков позволяет:

- редактировать определения атрибутов в блоках;
- удалять атрибуты из блоков;
- изменять порядок атрибутов, согласно которому запрашиваются значения атрибутов при вставке блока.

Атрибуты выбранного блока отображаются в списке атрибутов. По умолчанию в списке отображается тег, подсказка, значение по умолчанию, режим и аннотативные свойства атрибута. Для каждого выбранного блока под списком атрибутов даны сведения о количестве вхождений блока в текущем чертеже и на текущей вкладке.

Диспетчер атрибутов блоков предлагает следующие элементы управления и параметры:

**Выбрать блок** – кнопка для выбора блока с помощью указывающего устройства и временным закрытием диалогового окна.

**Блок** – список всех определений блоков, имеющих атрибуты, в текущем чертеже. В списке можно указать блок, атрибуты которого требуется модифицировать.

**Список атрибутов** – окно со списком всех атрибутов в выбранном блоке и их свойств: *Тег*, *Подсказка*, значение *По умолчанию*, *Режимы*.

**В чертеже** – поле, в котором отображается общее количество вхождений выбранного блока в текущем чертеже.

**В пространстве** – поле, в котором отображается количество вхождений выбранного блока в текущем пространстве модели или листа.

**Обновить** – обновление всех выбранных блоков с учетом измененных свойств атрибутов.

**Вверх/Вниз** – Перемещение выбранного тега атрибута вверх/вниз по порядку следования. Эта опция недоступна, если выбран постоянный атрибут.

**Редактировать** – вызов диалогового окна «Редактирование атрибута», в котором редактируются свойства атрибута.

**Удалить** – исключение выбранного атрибута из определения блока. Если перед выбором этой опции в диалоговом окне «Параметры» активизировать опцию «Применять к имеющимся вхождениям», атрибуты будут исключены из всех блоков текущего чертежа.

**Параметры** – управление набором свойств атрибутов, отображаемых в списке атрибутов.

**Применить** – применение внесенных изменения без закрытия диалогового окна.

Диалоговое окно «Редактирование атрибута», вызываемое по нажатию кнопки «Редактировать» Диспетчера атрибутов, содержит вкладки «Атрибут», «Параметры текста» и «Свойства».

Вкладка «Атрибут» (рис. 2.133) позволяет изменить тег, режим работы, значение по умолчанию, а также текст подсказки для ввода значения атрибута.

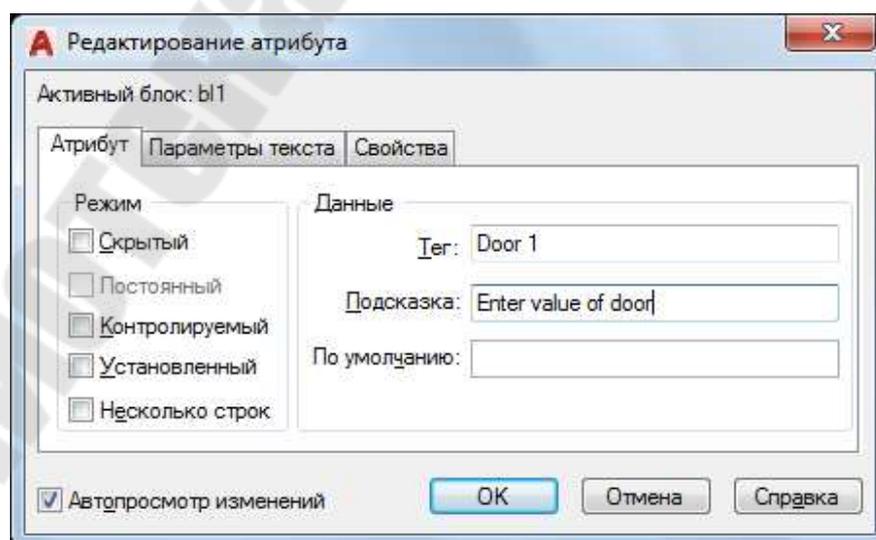


Рис. 2.133. Диалоговое окно «Редактирование атрибута»

Вкладка «Атрибут» предлагает для управления следующие параметры:

**Активный блок** – отображает имя блока, атрибуты которого необходимо отредактировать.

**Автопросмотр изменений** – управление режимом немедленного обновления чертежа после изменения видимых атрибутов. При выборе этой опции изменения атрибутов сразу отображаются на экране. Если опция не выбрана, этого не происходит.

**Режим** – группа элементов управления режимами работы атрибута.

**Данные** – группа элементов управления параметрами атрибута, которые появляются на экране – *Тег, Подсказка, По умолчанию*.

Вкладки «Параметры текста» и «Свойства» содержат параметры управления, аналогичные одноименным вкладкам диалогового окна «Редактор атрибутов блока» (рис. 2.130 и рис. 2.131).

Если необходимо изменить только значения атрибутов какого-либо блока, то удобно использовать команду **АТРЕД**, которая вызывает диалоговое окно «Редактирование атрибутов» (рис. 2.134).

Имя блока:	Door Tag
Tag #	6
Type	6-Plan. Bifold
Interior or Exterior?	Interior
Shape	Rectangular
Rise	-
Leaf Width	-
Width	5'-0"
Height	6'-8"
Rough Width	5'-2"
Rough Height	83"
Material	Knotty Pine
Glazing	-
Swing	-
Manufacturer	-
Remarks	Bifold Door

Рис. 2.134. Диалоговое окно «Редактирование атрибутов»

Диалоговое окно «Редактирование атрибутов» содержит следующие параметры:

**Имя блока** – название выбранного блока, атрибуты которого с текущими значениями отображаются в диалоговом окне.

**Список атрибутов** – содержит теги и значения первых 15 атрибутов блока, которые можно редактировать. Для вставки содержания информационного поля AutoCAD в качестве значения следует нажать правую кнопку мыши и выбрать пункт «Вставить поле» из контекстного меню, после чего в диалоговом окне «Поле» (рис. 2.126) выбрать соответствующее имя поля.

**Назад/Далее** – отображение восьми предыдущих/следующих значений атрибутов, если таковые имеются.

#### 2.11.4. Управление глобальной видимостью атрибутов

Управление глобальной видимостью атрибутов осуществляет команда **АТЭКР** путем переключения режимов их отображения на чертеже с помощью следующих опций:

**Нормальный** – видимость атрибутов определяется установленным режимом работы (скрытые или нет);

**Вкл** – все атрибуты на чертеже видны, в том числе и скрытые.

**Откл** – видимость всех атрибутов полностью отключается (рис. 2.135).

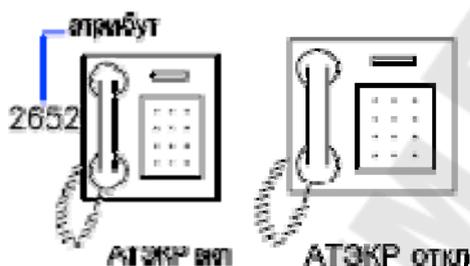


Рис. 2.135. Управление глобальной видимостью атрибутов

Переключение режимов видимости атрибутов можно выполнить с помощью соответствующих кнопок панели «Блок» ленты инструментов (рис. 2.136).

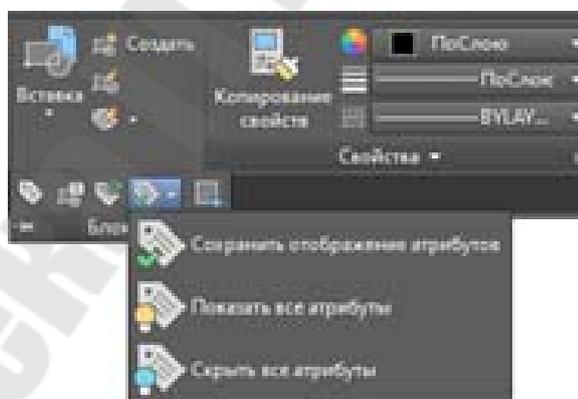


Рис. 2.136. Управление видимостью атрибутов с панели «Блок»

#### 2.12. Экспорт и извлечение данных из атрибутов блоков

Извлечение данных атрибутов - это удобный способ создания спецификаций и отчетов на основании этих данных, хранящихся в базе данных чертежа. Например, можно создать чертеж, где каждый блок представляет определенное производственное оборудование. Если с каждым блоком связаны атрибуты, в которых указана модель, производитель и стоимость оборудования, можно создать отчет о

стоимости оборудования. Возможность извлечь информацию атрибутов из блоков в табличный объект AutoCAD или внешний файл для использования в другом приложении экономит время и сокращает ошибки, которые могут возникнуть при повторном введении данных.

Далее рассмотрим инструменты экспорта данных из атрибутов во внешний файл различных форматов, а также процедуру извлечения данных из атрибутов блоков и других графических объектов чертежа во внешний файл или таблицу, внедряемую в текущий чертеж.

### 2.12.1. Экспорт данных из атрибутов блока во внешний файл

Извлечение данных атрибутов из рисунка в отдельный текстовый файл, который впоследствии может быть передан в какую-либо систему управления базами данных, осуществляется командой **АТЭКСП**. Перед тем как извлекать данные из атрибутов, вначале необходимо создать текстовый *файл шаблона*, описывающий структуру формируемого файла, куда должны выводиться данные.

В шаблоне построчно для каждого атрибута, из которого должны быть извлечены данные, через пробел указывается следующая информация:

- тег атрибута;
- тип данных: С – символьные (character) или N – числовые (numeric);
- максимальная длина поля для вывода данных;
- точность вывода числовых данных (число десятичных знаков).

Извлечение данных конкретного атрибута производится, только если его имя полностью совпадает с именем поля, заданным в файле шаблона. Если блок не содержит каких-либо из заданных в шаблоне атрибутов, их значения заменяются пробелами (для символьных) или нулями (для числовых). Блоки, не содержащие ни одного из перечисленных атрибутов, в выводе не участвуют. Каждое из полей, задающих вывод атрибутов, должно упоминаться в шаблоне не более одного раза.

Шаблон может включать в себя поля типа VL:xxx, перечисленные ниже. Первые 15 полей – общие; они описывают стандартные характеристики блока, остальные поля соответствуют атрибутам блоков, содержащим символьную (character) или числовую (numeric) информацию. Символами nnn обозначена длина поля в виде трехзначного числа, ddd – число знаков после десятичной запятой в числовых данных).

BL: LEVEL	Nnnn000	Уровень вложенности блока
BL: NAME	Cnnn000	Имя блока
BL: X	Nnnnddd	Координата X точки вставки
BL: Y	Nnnnddd	Координата Y
BL: Z	Nnnnddd	Координата Z
BL: NUMBER	Nnnn000	Счетчик блоков;
BL: HANDLE	Cnnn000	Метка блока;
BL: LAYER	Cnnn000	Имя слоя вставки блока
BL: ORIENT	Nnnnddd	Угол поворота блока
BL: XSCALE	Nnnnddd	Масштаб по X
BL: YSCALE	Nnnnddd	Масштаб по Y
BL: ZSCALE	Nnnnddd	Масштаб по Z
BL: XEXTRUDE	Nnnnddd	Составляющая X вектора выдавливания
BL: YEXTRUDE	Nnnnddd	Составляющая Y
BL: ZEXTRUDE	Nnnnddd	Составляющая Z
numeric	Nnnnddd	Числовой атрибут
character	Cnnn000	Символьный атрибут

Файл шаблона имеет формат текстового файла (TXT), который может быть создан редактором «Блокнот», либо редактором MS-Word (с сохранением файла в *txt*-формате).

Для извлечения данных атрибутов необходимо вызвать команду **АТЭКСП** из командной строки, активизирующую диалоговое окно «Извлечение атрибутов» (рис. 2.137).

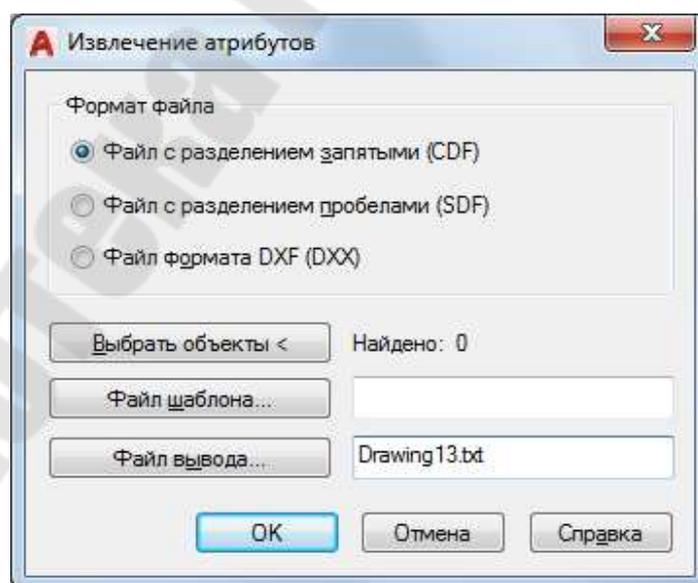


Рис. 2.137. Диалоговое окно «Извлечение атрибутов»

Диалоговое окно «Извлечение атрибутов» содержит следующие параметры:

**Формат файлов** – группа переключателей установки формата для извлечения данных из атрибутов:

**Файл с разделением запятыми (CDF)** – генерируется файл, содержащий по одной записи для каждого вхождения блока в чертеж. Поля записей разделяются запятыми, а символьные поля заключаются в апострофы (одиночные кавычки).

**Файл с разделением пробелами (SDF)** – генерируется файл, содержащий по одной записи для каждого вхождения блока в чертеж. Поля каждой записи имеют фиксированную длину, указанную в файле шаблона, поэтому не требуются ни разделители, ни ограничители символьных полей.

**Файл формата DXF (DXX)** – генерирует подмножество формата файла графического обмена AutoCAD, содержащее только описания вхождений блоков, атрибутов и признаков конца последовательности. Шаблон для вывода в формате DXF не требуется. Расширение имени файла .dxx отличает выходной файл от обычных файлов DXF.

**Выбрать объекты** – кнопка временно закрывает диалоговое окно и позволяет выбрать блоки, имеющие атрибуты, непосредственно на чертеже. Если объекты для обработки не указаны, команда АТЭКСП выводит данные всех обнаруженных атрибутов, отвечающих условиям шаблона. После того как диалоговое окно «Извлечение атрибутов» появляется вновь, справа от слова «Найдено» выводится количество выбранных объектов.

**Файл шаблона** – задание файла шаблона для вывода в форматах CDF и SDF. Необходимо ввести имя файла в поле или нажать кнопку «Файл шаблона», чтобы выполнить поиск уже существующих файлов шаблона в стандартном окне выбора файлов. По умолчанию файлы имеют расширение имени .txt.

**Файл вывода** – задание имени и положение файла, в который будут записаны извлеченные данные атрибутов. Необходимо ввести путь и имя файла для извлеченных данных атрибута либо нажать кнопку «Файл вывода», чтобы выполнить поиск уже существующих файлов шаблонов в стандартном окне выбора файлов. Расширение имени файла .txt добавляется к файлам CDF или SDF, а расширение .dxx добавляется к файлам DXF.

Пример файла-шаблона для экспорта атрибутов из блоков элементов электрической цепи на рис. 2.127, б и результаты этого экспорта представлены ниже.

#### Файл-шаблон “ШАБЛОН.TXT”

```
BL:NAME C008000 <Имя блока, 8 символов>
ЭЛЕМЕНТ C015000 <Название элемента схемы, 15 символов>
ПОЗ C004000 <Позиционное обозначение на схеме, 4 символа>
НОМИНАЛ N006002 <Номинальное значение, число в формате nnn.dd>
ЕД_ИЗМ C004000 <Единицы измерения номинала, 4 символа>
```

#### Файл вывода “РЕЗУЛЬТАТ\_ЭКСП.TXT” в формате SDF

```
R РЕЗИСТОР R1 10.00Ом
С КОНДЕНСАТОР C1 10.00мкф
```

#### Файл вывода “РЕЗУЛЬТАТ\_ЭКСП.TXT” в формате CDF

```
'R', 'РЕЗИСТОР', 'R1', 10.00, 'Ом'
'С', 'КОНДЕНСАТОР', 'C1', 10.00, 'мкф'
```

### 2.12.2. Извлечение данных из атрибутов блока

*Мастер извлечения данных* является наиболее эффективным способом извлечения информации из атрибутов блоков, вставленных в чертеж и пошагово организует процесс выбора чертежей, экземпляров блоков и атрибутов. Кроме того, *Мастер* можно использовать для извлечения значений свойств, связанных с другими типами геометрии, определенными в чертеже вместе с общей информацией о файле чертежа.

Мастер извлекает данные атрибутов в таблицу, которая вставляется в текущий чертеж на текущем слое. При обновлении таблицы данные атрибутов извлекаются повторно, а строки данных в таблице заменяются, при этом строка названия или строка заголовка сохраняются.

Кроме таблиц в чертеже, Мастер сохраняет извлеченные данные во внешний файл одного из форматов: с разделением запятыми (CSV), с разделением табуляциями (TXT), электронных таблиц MS-Excel (XLS) и MS-Access (MDB).

Мастер извлечения данных запускается командой **ДАНИЕИЗВЛ** в командной строке или кнопкой  в группе «Аннотации-Таблицы» предлагает пошаговые инструкции для извлечения

информации из объектов, блоков и атрибутов, включая информацию в текущем чертеже или других чертежах:

**Шаг 1. Начало** – запускает процесс извлечения данных (рис. 2.138).

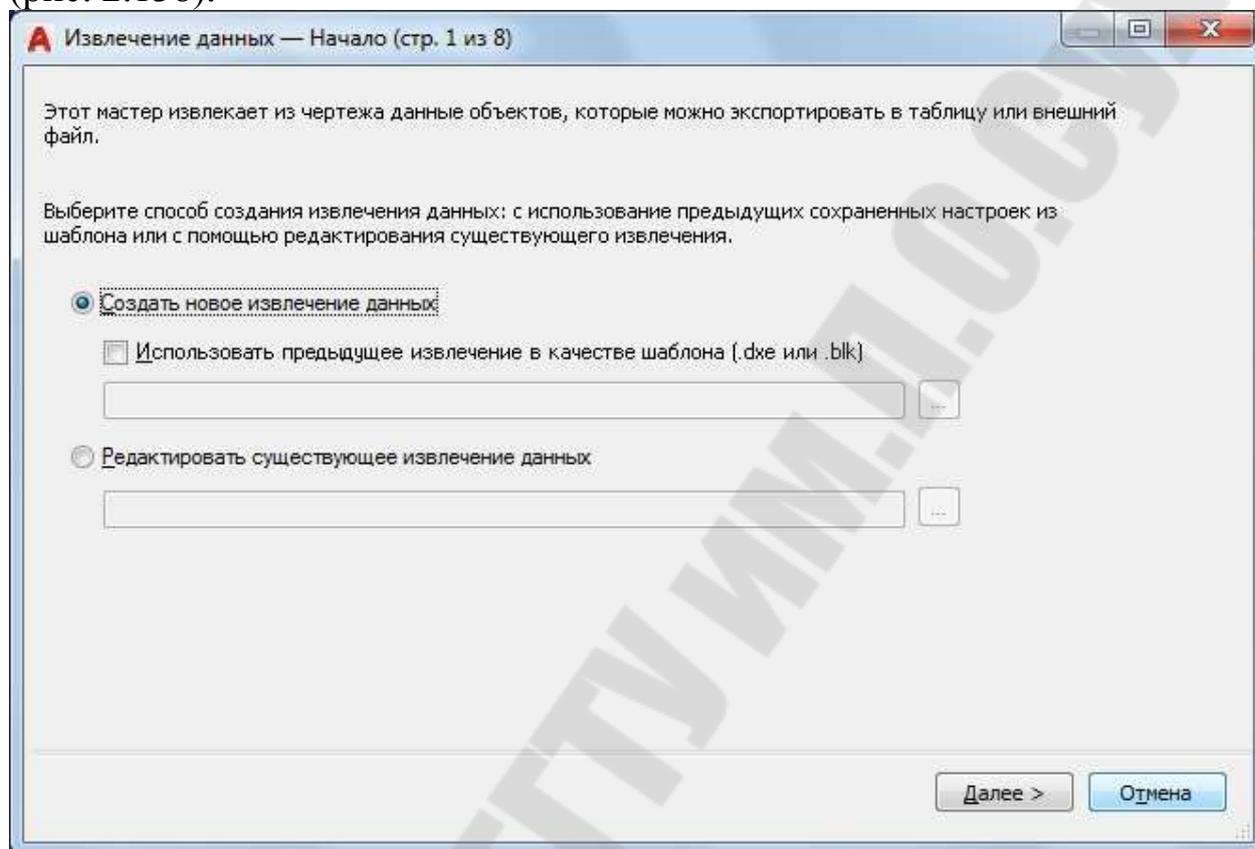


Рис. 2.138. Диалоговое окно «Извлечение данных–Начало»

Опции включают создание нового извлечения данных, использование шаблона или редактирование существующего извлечения данных:

**Создать новое извлечение данных** – создание нового извлечения данных и его сохранение в DXE-файле. Можно также указать файл предыдущего извлечения (DXE или BLK) для использования в качестве файла шаблона.

**Использование предыдущего извлечения в качестве шаблона** – использование параметров настройки, предварительно сохраненных в файле извлечения данных (DXE) или файле шаблона извлечения атрибутов (BLK). При переходе к следующим шагам Мастера каждая страница будет уже заполнена настройками, сделанными в файле шаблона, и которые можно изменить. Кнопка [...] позволяет выбрать файл в стандартном диалоговом окне выбора файлов.

**Редактирование существующего извлечения данных** – позволяет модифицировать существующий файл извлечения данных (DXE).

**Шаг 2. Определение источника данных** – выбор файлов чертежей, включая папки, а также отдельных объектов выбрать.

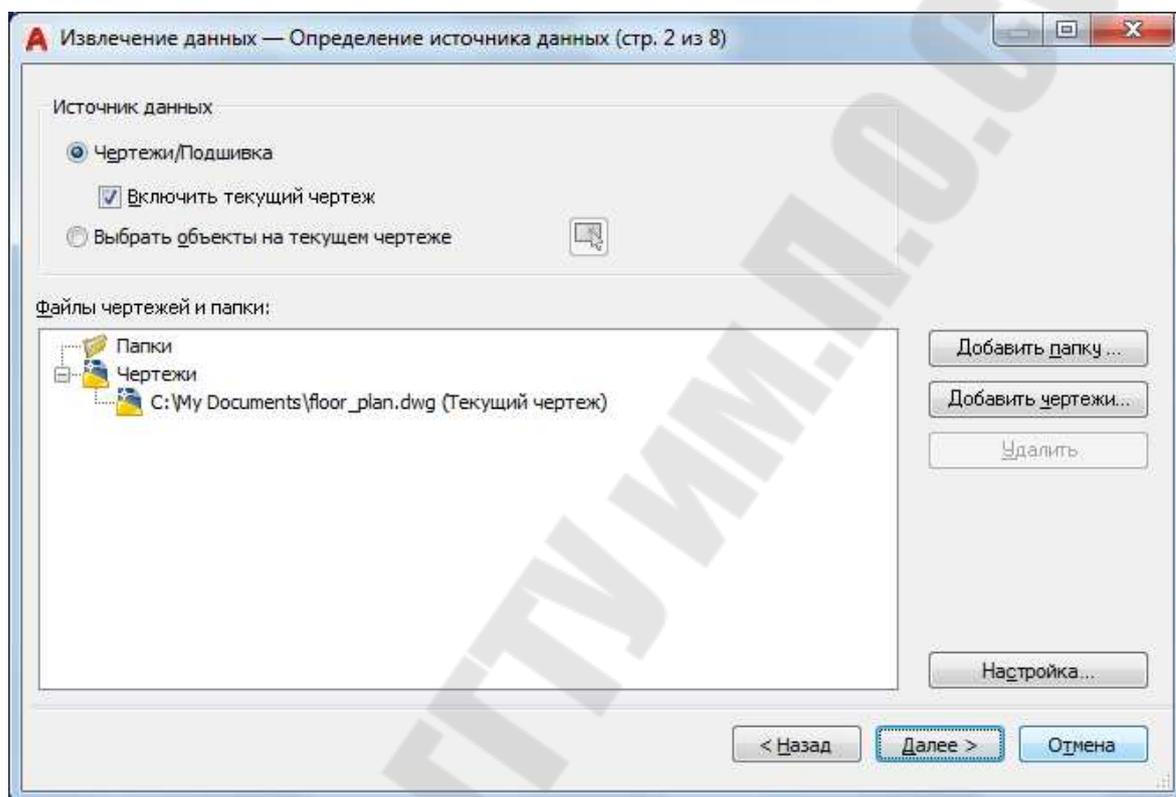


Рис. 2.139 Диалоговое окно «Извлечение данных – Определение источника данных»

Окно содержит следующие элементы управления:

**Источник данных** – управление возможными источниками данных, которыми могут быть:

**Чертежи/Подшивка** – делает доступными кнопки «Добавить папку» и «Добавить чертежи», давая возможность установить чертежи и папки для извлечения. Чертежи и папки для извлечения отображаются в просмотревом окне «Файлы чертежей и папки».

**Включение текущего чертежа** – включает текущий чертеж набор источников данных.

**Выбрать объекты на текущем чертеже** – делает доступной кнопку «Выбор объектов на текущем чертеже», позволяя выбрать отдельные объекты для извлечения данных.

**Выбор объектов** – кнопка для временного выхода из Мастера для выбора объектов и блоков на текущем чертеже.

**Файлы чертежей и папки** – окно, в котором отображаются файлы и папки чертежей. Отмеченные папки включаются в набор для извлечения.

**Добавить папки** – кнопка открывает диалоговое окно «Параметры добавления папок», в котором можно определить папки для включения их в извлечение данных.

**Добавить чертежи** – кнопка открывает стандартное диалоговое окно выбора файла, в котором можно указать чертежи, включаемые в извлечение данных.

**Удалить** – кнопка удаляет проверенные чертежи или папки, перечисленные в списке "Файлы и папки чертежей", из извлечения данных.

**Настройки** – кнопка отображает диалоговое окно «Извлечение данных – Дополнительные параметры» (рис. 2.140), в котором можно установить параметры извлечения данных.

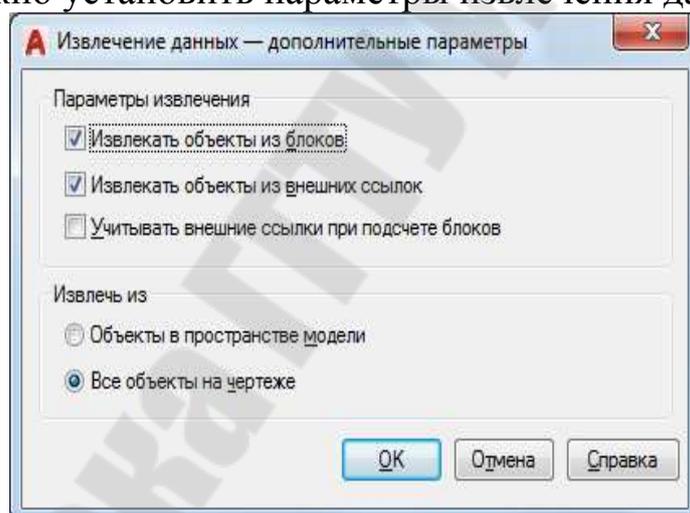


Рис. 2.140 Диалоговое окно «Извлечение данных – дополнительные параметры»

**Шаг 3. Выбрать объекты** – установка типов объектов (блоки и не-блоки) и информации для чертежей, которые будут извлечены (рис. 2.141).

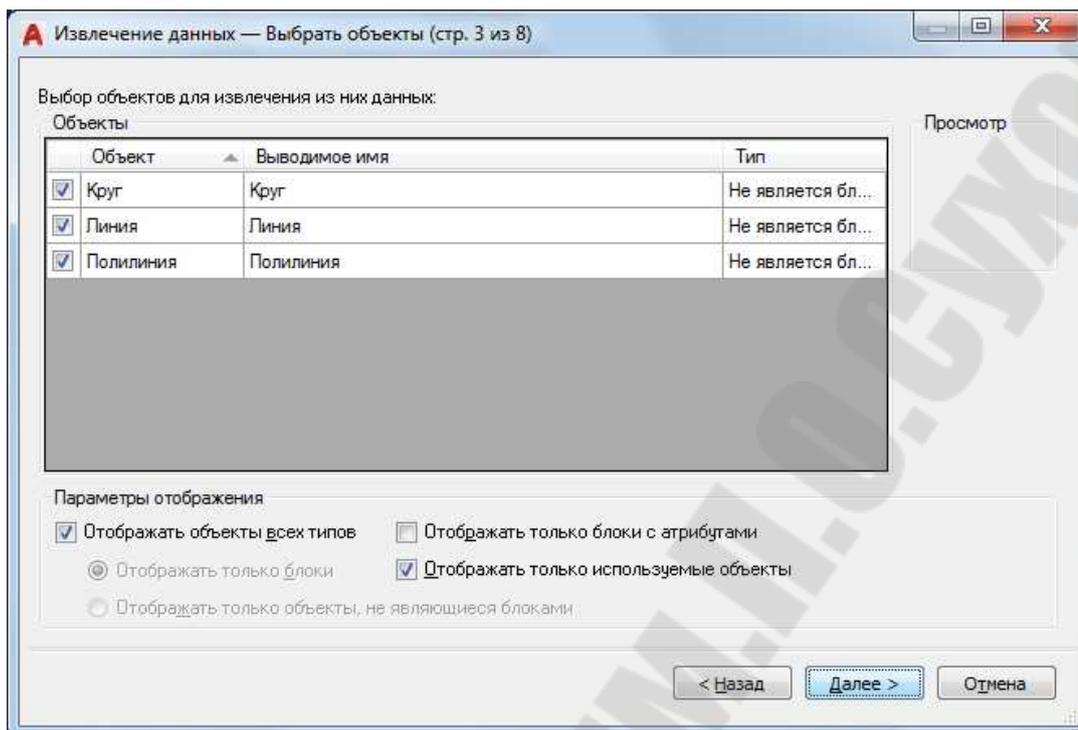


Рис. 2.141. Диалоговое окно «Извлечение данных – выбрать»

Окно содержит следующие элементы управления:

**Объекты** – список обнаруженных объектов для извлечения данных, оформленный в виде таблицы, которая содержит:

**Объект** – отображает каждый объект по его имени: блоки перечисляются по именам блоков, а не-блоки – по именам их объектов.

**Выводимое имя** – место для ввода дополнительного альтернативного имени для объекта, как только он появится в извлеченной информации. Для ввода имени необходимо, щелкнуть правой кнопкой мыши на списке и выбрать «Редактировать выводимое имя».

**Тип** – отображает, является объект блоком или нет.

**Образец** – область отображения миниатюры блока при просмотре списка объектов.

**Параметры отображения** – элементы управления формированием списка отображаемых объектов:

**Отображать объекты всех типов** – в списке объектов отображаются все типы объектов (блоки и не-блоки).

**Отображать только блоки** – в списке объектов отображаются только блоки.

**Отображать только объекты, не являющиеся блоками** – в списке объектов отображаются только не-блоки.

**Отобразить только блоки с атрибутами** – в списке объектов отображаются только блоки, содержащие атрибуты.

**Отобразить только используемые объекты** – в списке объектов отображаются только те объекты, которые существуют в выбранных чертежах.

**Шаг 4. Выбор свойств** – управление извлечением свойств объекта, блока и чертежа (рис. 2.142). В диалоговом окне построчно отображаются обнаруженные свойства обнаруженных объектов для извлечения данных, которые можно извлечь полностью или в зависимости от категории, к которой они относятся.

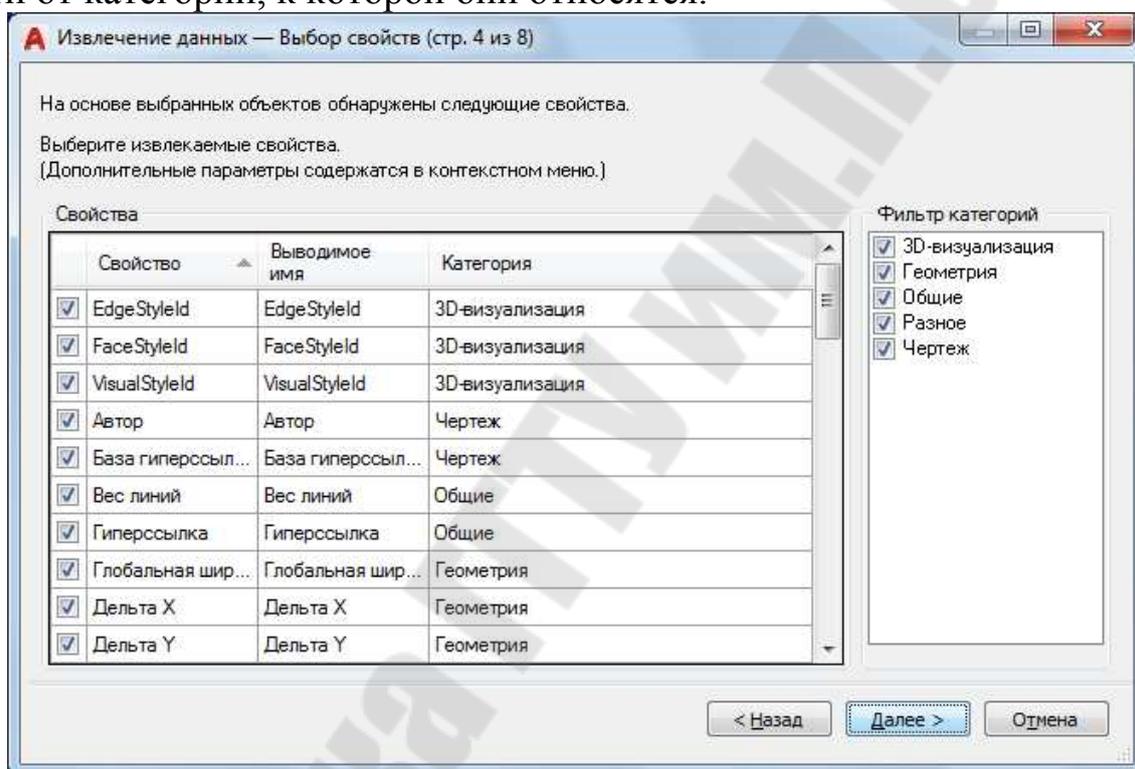


Рис. 2.142. Диалоговое окно «Извлечение данных – Выбор свойств»

Окно содержит следующие элементы управления:

**Свойства** – список обнаруженных свойств объектов для извлечения данных, оформленный в виде таблицы, которая содержит следующие колонки:

**Свойство** – отображает свойства объектов, выбранных на странице «Выбор объектов». Список свойств может быть отфильтрован по категориям. Щелчком правой кнопкой мыши на заголовке столбца можно вызвать контекстное меню для установки/снятия флажков со всех элементов, инвертирования набора выбранных элементов.

**Выводимое имя** – место для ввода дополнительного альтернативного имени свойства объекта, как только он появится в извлеченной информации. Для ввода имени необходимо, щелкнуть правой кнопкой мыши на списке и выбрать «Редактировать выводимое имя».

**Категория** – отображает категорию, к которой относится свойство. Категории аналогичны тем, которые перечислены в палитре свойств.

**Фильтр категорий** – список категорий свойств, помещенных в область «Свойства», для фильтрации этого списка. Доступные категории: *3D-визуализация, Атрибуты, Чертеж, Динамические блоки, Общие, Геометрия, Прочие, Образец, Таблица и Текст.*

**Шаг 5. Уточнение данных** – управление структурой таблицы извлечения данных: изменение порядка и сортировка столбцов, фильтрация результатов, добавление столбцов формул и итоговые строки, а также создание связи с данными таблицы Excel (рис. 2.143).

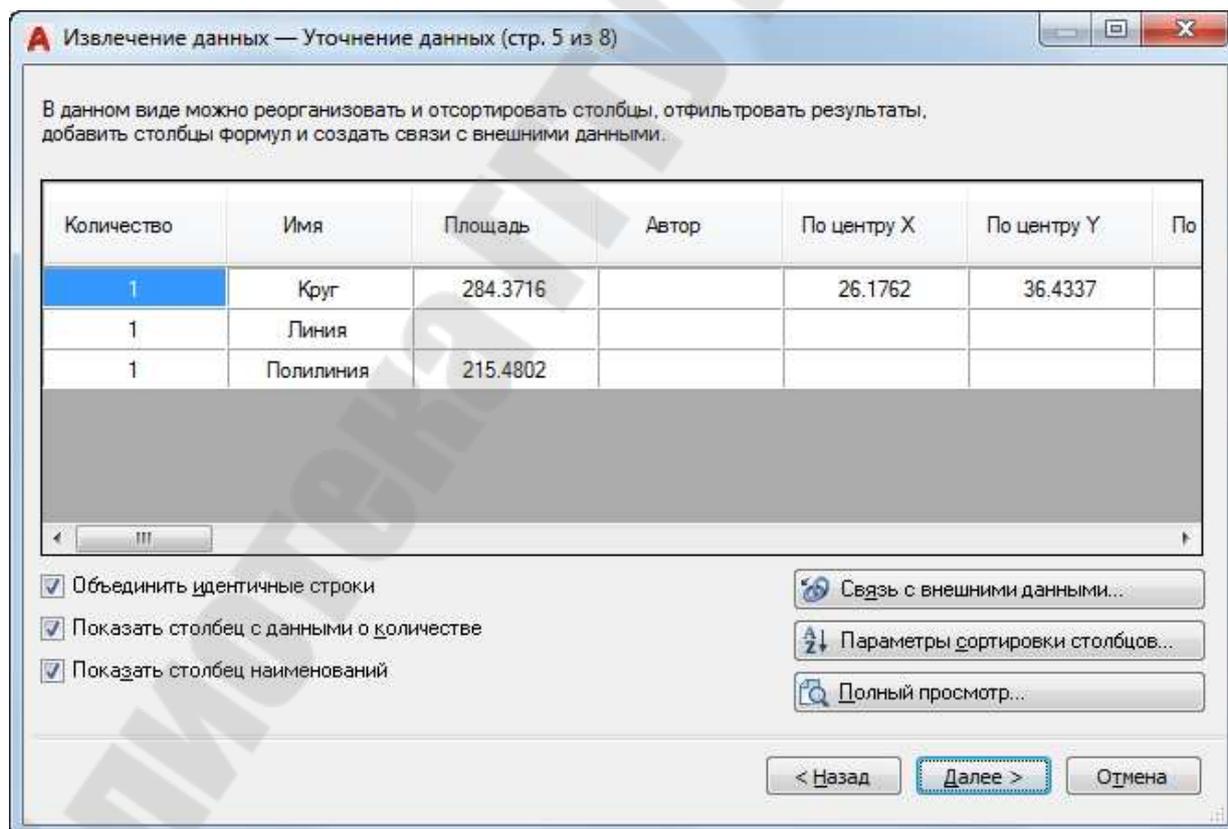


Рис. 2.143 Диалоговое окно «Извлечение данных – Уточнение данных»

Окно содержит следующие элементы управления:

**Таблица данных** – в столбцах перечислены свойства, указанные в окне «Выбор свойств». Столбцы «Количество» и «Имя» отображаются по умолчанию. Щелчок правой кнопкой мыши на любом заголовке столбца вызывает контекстное меню опций.

**Объединить идентичные строки** – группировка идентичных записей по строкам в таблице в одну строку с указанием количества всех объединенных объектов.

**Показать столбец с данными о количестве** – отображение столбца с данными о количестве объектов.

**Показать столбец с данными о количестве** – отображение столбца с именами объектов.

**Связь с внешними данными** – кнопка вызова диалогового окна «Связь с внешними данными», в котором можно создать связь между извлеченными данными чертежа и данными в таблице Excel.

**Параметры сортировки столбцов** – кнопка вызова диалогового окна «Сортировка столбцов», в котором можно отсортировать данные в нескольких столбцах.

**Полный просмотр** – кнопка отображает полный образец итогового файла вывода, включая связанные внешние данные, в текстовом окне.

**Шаг 6. Выбор типа вывода** - установка способа вывода результатов извлечения данных (рис. 2.144): в виде таблицы извлеченных данных с размещением в текущем чертеже или в файл одного из форматов XLS (электронные таблицы Excel), CSV (текст, разделенный запятыми), MDB (базы данных Access) и TXT (текст, разделенный символами табуляции).

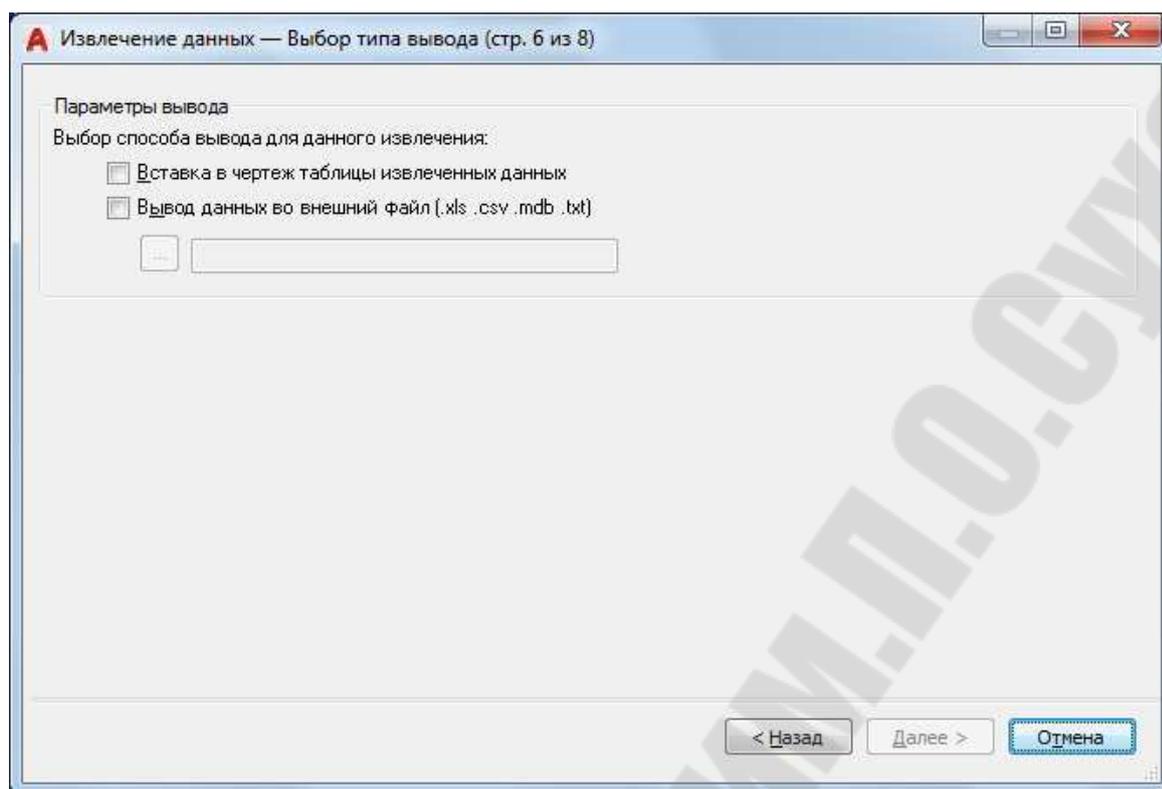


Рис. 2.144. Диалоговое окно «Извлечение данных – Выбор типа вывода»

Максимальное число столбцов, которые могут быть экспортированы в XLS- и MDB-файл, составляет 255.

**Шаг 7. Стили таблиц** – управление внешним видом таблицы извлечения данных. Данная страница отображается, если на странице «Выбор типа вывода» выбрана таблица текущем чертеже (рис. 2.145).

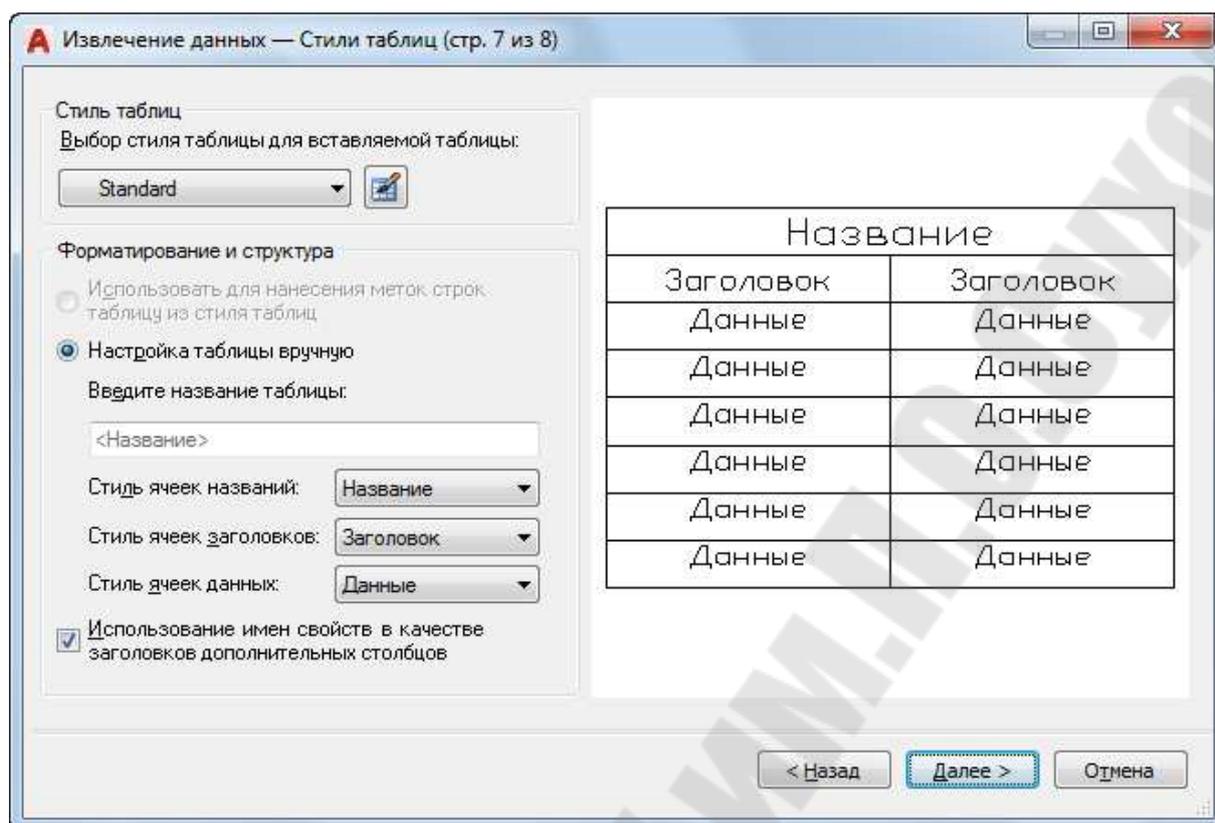


Рис. 2.145. Диалоговое окно «Извлечение данных – Стили таблиц»

Окно содержит следующие элементы управления:

**Стиль таблиц** – выбор стиля таблицы для вставки из выпадающего списка.

**Форматирование и структура** – группа настроек для организации информации в таблице извлеченных данных:

**Использовать для нанесения меток строк таблице из стиля таблиц** – создает таблицу извлечения данных с набором верхних строк, которые содержат ячейки-метки, и нижним набором строк-меток, которые содержат ячейки заголовка и итоговой строки. Извлеченная информация вставляется между верхними и нижними строками метки. Этот параметр доступен, только когда выбранный стиль таблицы содержит

**Ручная настройка таблиц** – позволяет вручную ввести заголовок таблицы и задать стили заголовка таблицы, заголовков столбцов и ячеек данных.

**Введите название таблицы** – ввод названия таблицы. Если выбран стиль таблицы по умолчанию СТАНДАРТ, в таблицу будет включена строка заголовка. Если выбран стиль таблицы без строки заголовка, данный параметр недоступен.

**Стиль ячеек названий** – установка стиля ячейки заголовка таблицы из выпадающего списка.

**Стиль ячеек заголовков** – установка стиля для строки заголовка из выпадающего списка.

**Стиль ячеек данных** – установка стиля для ячеек данных из выпадающего списка.

**Использование имен свойств в качестве заголовков дополнительных столбцов** – включение заголовков столбца и использование выводимого имени в качестве строки заголовка.

Результаты выбранных настроек отображаются в области предварительного просмотра макета таблицы

**Шаг 8. Отделка** - завершение процесса извлечения данных свойств объектов, которые были указаны в мастере, и вывод данных в соответствии с настройками, выполненными на шаге-6 в окне «Выбрать вывод» (рис. 2.146) нажатии кнопки «Готово»:

- если был выбран параметр «Вставка таблицы извлечения данных в чертеж», то будет выдан запрос на вставку таблицы в чертеж;
- Если был выбран параметр «Вывод данных во внешний файл», извлеченная информация сохраняется в указанном типе файла.

Если связывание данных и сопоставление столбцов для таблицы Excel были определены в диалоговом окне «Уточнение данных» кнопкой «Связь с внешними данными», то данные, выбранные в таблице, также извлекаются.

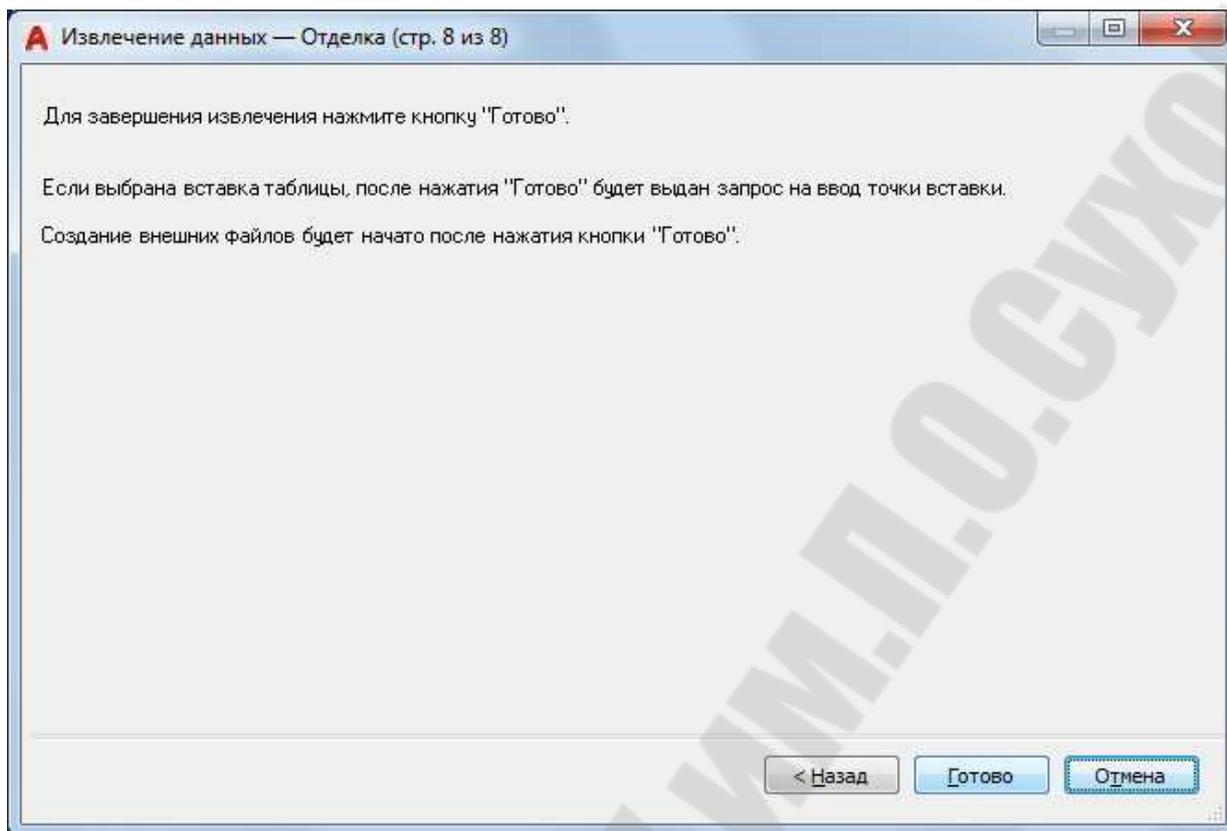


Рис. 2.146. Диалоговое окно «Извлечение данных – Отделка»

Если после извлечения в таблицу данных в чертеж внесены изменения, касающиеся этих данных (редактирование значений атрибутов, добавление новых блоков в чертеж и т. п.), то эти данные можно обновить без повтора процедуры извлечения, сохраняя исходные настройки извлеченных данных.

Для обновления информации в таблицах с ранее извлеченными данными необходимо выбрать таблицу, содержащую извлеченные данные, щелкнув правой кнопкой мыши вызвать контекстное меню и выбрать «Обновление связей с данными таблицы» (рис. 2.147).

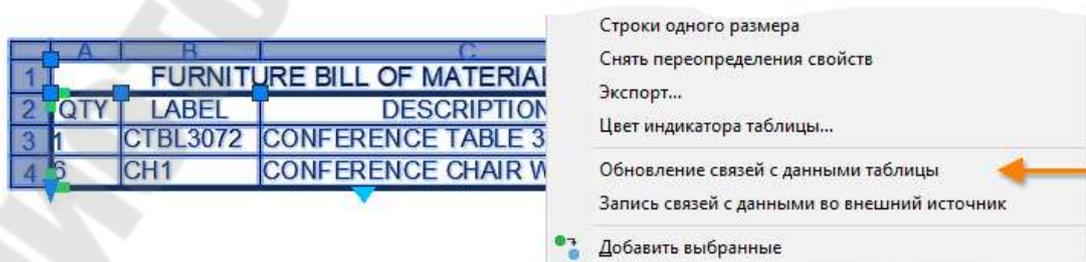


Рис. 2.147. Обновление извлеченных данных из контекстного меню

Если хотя бы одна таблица в чертеже содержит извлеченные данные, в строке состояния AutoCAD будет отображаться кнопка «Связи с данными», нажатие которой приводит к обновлению связей

с данными в чертеже (рис. 2.148). Системная переменная `DATALINKNOTIFY` определяет внешний вид и функции значка связи с данными.

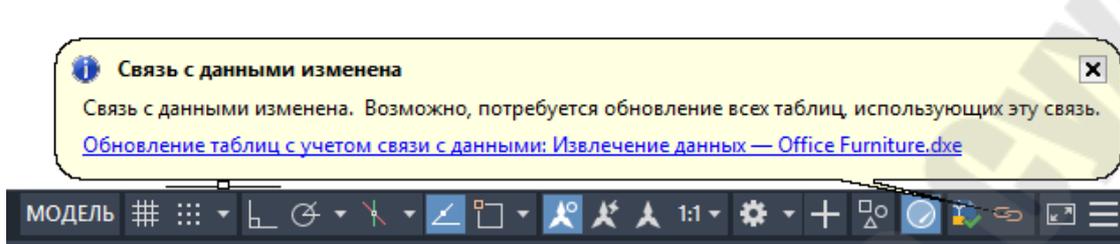


Рис. 2.148. Обновление извлеченных данных из строки состояния

### 2.13. Внешние ссылки

С текущим чертежом можно связывать другие чертежи в качестве внешних ссылок. Изменения, внесенные в ссылочный чертеж, автоматически отражаются в текущем чертеже при его открытии или при перезагрузке внешней ссылки.

Как и блоки, внешние ссылки представляют собой единые объекты текущего чертежа. Однако, применение внешних ссылок практически не увеличивает размер файла текущего чертежа и их нельзя расчленять. Как и блоки, внешние ссылки могут быть вложенными.

За счет вставки чертежей в виде внешних ссылок можно осуществлять следующие действия:

- координировать свои действия с действиями других разработчиков, ссылаясь на другие чертежи и учитывая изменения, произведенные в них другими участниками проекта;
- собирать главный чертеж из фрагментов, которые будут изменяться в ходе разработки проекта;
- выводить на экран только определенные фрагменты ссылок, подрезая их границы;
- отражать в главном чертеже самые последние изменения в связанных внешних файлах, так как при открытии чертежа производится автоматическая повторная загрузка всех чертежей, вставленных в качестве внешних ссылок;
- логически разделять имена слоев, размерных стилей, текстовых стилей и других именованных элементов главного чертежа и связанных с ним чертежей;
- осуществлять постоянное объединение (внедрение) связанных чертежей с текущим чертежом по завершению проекта и его готовности к архивации.

Для управления внешними ссылками предназначена команда **ВНСЫЛКА** через меню **Вставка**→ **Внешние ссылки** активизирующая диалоговое окно «Диспетчер внешних ссылок» (рис. 2.48). AutoCAD отображает в нем статус каждой из имеющихся ссылок и их взаимосвязи.

Команда **ВНСЫЛКА** управляет внешними ссылками с помощью палитры «Внешние ссылки» (рис. 2.149) и может быть активирована в командной строке, из меню **Вставка**→ **Внешние ссылки**.

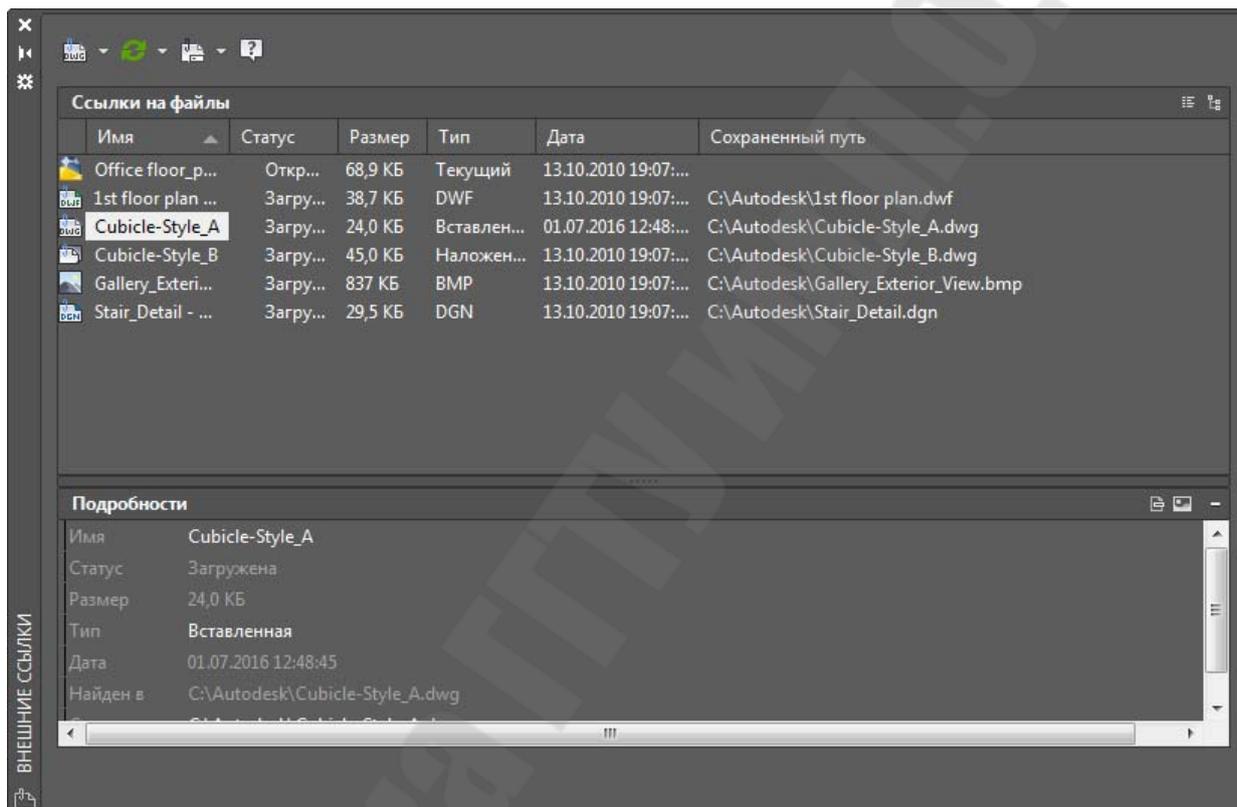


Рис. 2.149. Палитра «Внешние ссылки»

Палитра «Внешние ссылки» предназначена для упорядочения, отображения и управления ссылочными файлами, такими как файлы DWG (внешние ссылки), подложки DWF, DWFx, PDF или DGN, растровые изображения, облака точек (файлы RCS и RCP) и координационные модели (файлы NWD и NWC).

Непосредственно из палитры «Внешние ссылки» можно открыть только файлы DWG, DWF, DWFx, PDF и файлы растровых изображений.

Палитра «Внешние ссылки» содержит следующие инструменты управления:

**Присоединить**  – прикрепление к текущему чертежу файла одного из допустимых форматов.

**Обновить**  – обновление отображения списка или повторная загрузка всех внешних ссылок для отображения всех изменений в связанных файлах.

**Изменить путь**  – изменение пути к выбранным файлам.

**Ссылки на файлы** – окно со списком файлов, на которые указывают ссылки, включая такие сведения, как статус, размер, тип и дата создания. Двойной щелчок по имени файла позволяет изменить его имя. Двойной щелчок ячейки в столбце «Тип», чтобы изменить тип вставленного файла как вставки или наложения. Кнопки   переключают способ отображения внешних ссылок в окне – в виде таблицы или в виде дерева.

В колонке «Статус» отображается текущее состояние внешней ссылки:

*Загружена* – ссылка в настоящий момент вставлен в чертеж.

*Выгружена* – ссылка выгружена из чертежа. Выгруженный файл ссылки не отображается, но его можно отобразить командой *Обновить*.

*Не найдена* – не удастся найти файл ссылки по допустимым путям поиска.

*Не обработана* – невозможно прочитать файл ссылки.

*Разорвана* – ссылка прикреплена к другому файлу со статусом *Не обработана*, *Выгружена* или *Не найдена*.

*Не используется* – ссылка вместо отключения удалена с помощью инструментов удаления или очистки.

*Требуется обновление* – файл ссылки был обновлен или повторно сохранен, когда был открыт главный чертеж. Этот статус отображается одновременно со всплывающим уведомлением в строке состояния и указывает, что файл внешней ссылки был изменен.

В колонке «Тип» отображается тип вставленного файла ссылки. Файлы чертежа DWG (внешние ссылки) отображаются как вставки или наложения, для растровых изображений показывается формат (например, PNG), подложки DWF, DWFx, DGN и PDF выводятся списком в порядке вывода соответствующих им типов файлов.

**Подробности** – отображение сведений о выбранной ссылке или ее изображения предварительного просмотра. Переключение режима просмотра осуществляется кнопками   «Подробности» и «Миниатюра».

Если к чертежу прикреплены внешние ссылки, то в строке состояния AutoCAD отображается соответствующий значок (рис. 2.150). Если по адресу, указанному во внешней ссылке, не обнаружен чертеж, на значке ссылки появляется восклицательный знак. При нажатии на значке внешних ссылок открывается палитра «Внешние ссылки».

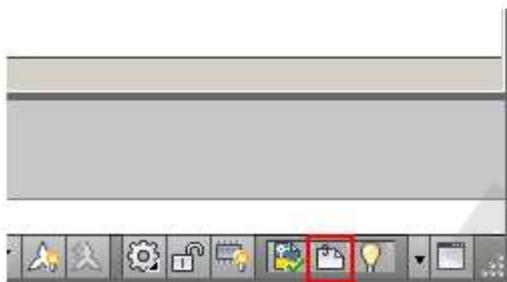


Рис. 2.150. Кнопка «Внешние ссылки» в строке состояния

Чтобы увидеть фрагменты чертежа, являющиеся внешними ссылками, необходимо указать в списке ссылок палитры «Внешние ссылки» на файл внешней ссылки, что приведет к выделению всех ее видимых экземпляров на чертеже (рис. 2.151). Также можно выбрать внешнюю ссылку на чертеже, чтобы выделить ее имя на палитре «Внешние ссылки».

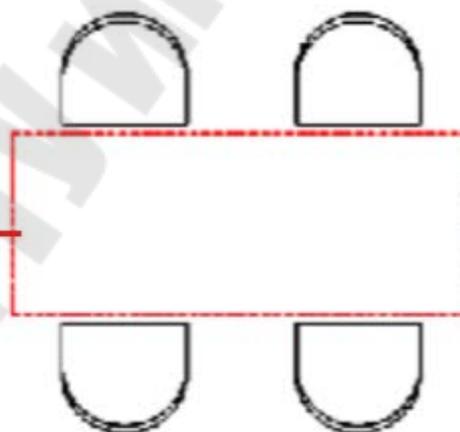
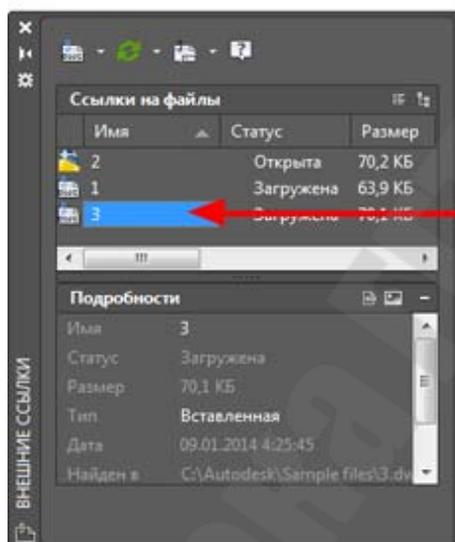
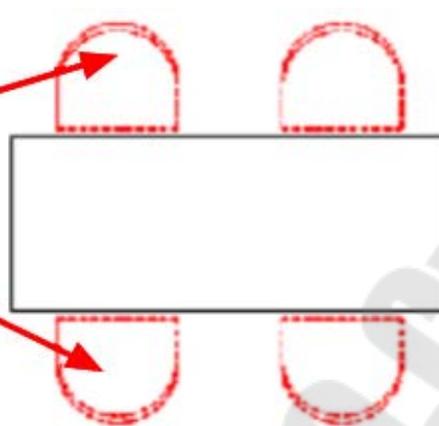
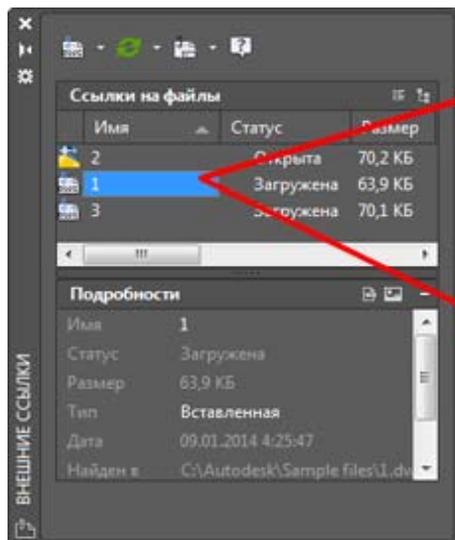


Рис. 2.151. Выделение фрагментов чертежа из внешних ссылок

При работе с панелью ссылок на файлы можно вывести на экран контекстное меню, нажав правую кнопку мыши на ссылках или на незаполненных областях панели.

Контекстное меню незаполненной области содержит следующие команды:

**Обновление всех ссылок** Обновление всех файлов ссылок.

**Выбрать все** Выбор всех ссылок на файлы, за исключением текущего чертежа.

<b><i>Вставить DWG</i></b>	Прикрепление выбранных файлов DWG как внешних ссылок.
<b><i>Вставка изображения</i></b>	Вставка ссылки на файл изображения.
<b><i>Присоединить DWF</i></b>	Вставка файла DWF или DWFx в качестве подложки.
<b><i>Присоединить DGN</i></b>	Вставка файла DGN в качестве подложки.
<b><i>Присоединить PDF</i></b>	Вставка файла PDF в качестве подложки.
<b><i>Присоединение облака точек</i></b>	Вставка файла облака точек в текущий чертеж.
<b><i>Присоединить координационную модель</i></b>	Вставка ссылок в координационные модели, такие как файлы NWD, NWC и Navisworks.
<b><i>Стиль подсказок</i></b>	Изменение подсказки, отображаемой при наведении курсора на элемент списка в палитре.
<b><i>Панель "Образец/Подробности"</i></b>	Включение и выключение отображения панели «Образец/Подробности».
<b><i>Заккрыть</i></b>	Закрывает палитру внешних ссылок.
<p>Контекстное меню выделенной ссылки на файл содержит следующие команды:</p>	
<b><i>Открыть</i></b>	Открытие выбранного файла ссылки в исходном приложении, т. е. в том, в котором этот файл был создан.
<b><i>Вставить</i></b>	Позволяет изменять такие настройки, как масштаб, точка вставки и тип пути. Кроме того, можно вставить другую страницу из вставленного файла PDF, другой лист из вставленного файла DWF или другое имя модели из вставленного файла DGN.
<b><i>Выгрузить</i></b>	Выгружает из чертежа выбранные ссылки на файлы.
<b><i>Обновить</i></b>	Обновляет выбранные ссылки на файлы.
<b><i>Удалить</i></b>	Удаляет вхождения выбранных ссылок на файлы.
<b><i>Внедрить</i></b>	Отображает диалоговое окно «Внедрение ссылок». Доступно только для файлов DWG.

<b>Тип внешней ссылки (Вставленная / Наложенная)</b>	Указание того, что выбран объект для вставки или наложения.
<b>Изменение типа пути</b>	Преобразование пути к ссылке из относительного в полный и наоборот, а также удаление пути к файлу.
<b>Выбор нового пути...</b>	Поиск нового расположения для ненайденного файла ссылки (исправить один) и возможность применения одного и того же нового расположения для других отсутствующих файлов ссылок (исправить все).
<b>Поиск и замена...</b>	Поиска среди выделенных ссылок тех, которые используют указанный путь, с последующей заменой всех вхождений данного пути на новый путь.

## 2. РАСЧЕТЫ УСТАНОВИВШИХСЯ РЕЖИМОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ

### 2.1. Техническая и математическая постановка задачи расчета установившегося режима

Расчеты установившихся режимов составляют часть общего объема исследований электроэнергетических систем, выполняемых как на стадии проектирования, так и в процессе эксплуатации этих систем. Эти расчеты необходимы для *выбора конфигурации* схемы электрической системы и параметров ее элементов, *анализа условий работы* электрической системы, ее устойчивости и оценки токов коротких замыканий, *определения наиболее экономичных режимов* ее работы.

**Целью расчета установившегося режима** электрической системы в общем случае является определение *параметров режима*, таких как напряжения в ее узловых точках, потоки мощности и токи в ветвях схемы замещения, показатели экономичности и качества работы электрической сети (потери мощности, потери напряжения, отклонения напряжения от номинальных значений и др.).

Кроме того, расчеты установившихся режимов позволяют ответить на ряд практически важных вопросов:

- возможна ли передача требуемой мощности от источников электроэнергии к потребителям;
- не превышают ли допустимых значений токи, протекающие по элементам электрической системы в нормальных и послеаварийных режимах;
- не выходят ли напряжения в узловых точках системы за заданные пределы.

Для выполнения расчета любого установившегося режима необходима информация о схеме электрической сети и ее параметрах, а также о потребителях (нагрузках) и источниках электроэнергии в узлах сети.

Сеть электрической системы в расчетах установившихся режимов представляется *схемой замещения* в виде линейной электрической цепи, конфигурация и параметры которой могут быть описаны матрицами обобщенных параметров.

### 3.2. Математическая модель электрической сети

Математическая модель электрической сети включает модели активных и пассивных элементов и их параметры (схемы замещения), топологическую модель схемы, математические выражения, связывающие искомые параметры с исходными данными.

#### 3.2.1. 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  $Y_{\text{л}} = G_{\text{л}} - jB_{\text{л}}$ . Значение  $G_{\text{л}}$ , соответствующее активной проводимости, обусловлено потерями на корону. Указанные параметры в расче-

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

**Трансформаторы** характеризуются Г-образной схемой замещения с сопротивлением короткого замыкания  $\underline{Z}_T = R_T - jX_T$  и проводимостью шунта намагничивания  $\underline{Y}_{ш} = G_{ш} - jB_{ш}$ , с идеальным трансформатором, характеризующимся только коэффициентом трансформации  $k_T \approx U_i/U_j$ .

**Реакторы** поперечной компенсации и нерегулируемые **конденсаторные батареи** моделируются ветвями, соединенными с «землей» (шунтами), для которых предусмотрено задание  $\underline{Z}_{ш} = r_{ш} - jx_{ш}$  или  $\underline{Y}_{ш} = g_{ш} - jb_{ш}$ . Емкостные сопротивления установок продольной компенсации моделируются линейными элементами  $r_{л} \approx 0$ ,  $x_c = 1/\omega C$ .

**Источники питания (энергии)** могут быть представлены в виде источника напряжения с ЭДС  $E$  и внутренним сопротивлением  $Z$ , либо в виде источника тока  $J$ , значение которого равно току установившегося режима  $I$ , причем последний обычно отображают так называемым *задающим* током.

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

$$\underline{J}_j = \frac{P_j - jQ_j}{* \underline{U}_j}. \quad (3.1)$$

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:  $|\underline{U}_{Г_j}| = \text{const}$ , хотя в ряде случаев источники питания могут быть заданы и постоянными значениями активных и реактивных мощностей ( $P_{Г_j} = \text{const}, Q_{Г_j} = \text{const}, Q_{Г_j} = \text{const}$ ) аналогично нагрузкам. Кроме того, один из источников (как правило, наиболее мощная электрическая станция), играющий роль балансирующего, задается комплексным значением напряжения ( $U_{\delta} = \text{const}$ ).

**Нагрузка** (потребители электроэнергии) имеет схему замещения либо в виде сопротивления  $Z$ , либо (аналогично ИП) в виде источника тока, равного взятому с обратным знаком току нагрузки, либо в виде

задающего тока.

Исходными данными о нагрузках реальных электрических систем при их проектировании и эксплуатации обычно служат значения потребляемых 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.  $\underline{S}_{H_i} = f(U_i)$ .

### 3.2.2. 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. Для этого требуется иметь формализованный подход к составлению уравнений, который был бы одинаков для схем любой сложности и конфигурации. Такой подход может быть разработан на основе аналитического представления конфигурации схемы замещений с помощью элементов теории графов и алгебры матриц.

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. **Граф** 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.

Схема 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  $\mathbf{M}$  (первая матрица инциденций) и матрица соединений ветвей в независимые контуры  $\mathbf{N}$  (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  $m$ .

$$\mathbf{M}_{\Sigma} = (m_{ij}), \quad i = 1, \dots, n; \quad j = 1, \dots, m. \quad (3.2)$$

Номера строк  $i$  соответствуют номерам вершин, а номера столбцов  $j$  – номерам ребер. Элементы матрицы  $\mathbf{M}_{\Sigma}$  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  $\mathbf{M}_{\Sigma}$  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  $\mathbf{M}_{\Sigma}$  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  $m$ .

$$\mathbf{N} = (n_{ij}), \quad i = 1, \dots, k; \quad j = 1, \dots, m. \quad (3.3)$$

Номера строк  $i$  соответствуют номерам независимых контуров, а номера столбцов  $j$  – номерам ветвей. Элементы матрицы  $\mathbf{N}$  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  $\mathbf{N}$  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. 3.1 приведены направленный граф и соответствующие ему матрицы инцидентий.

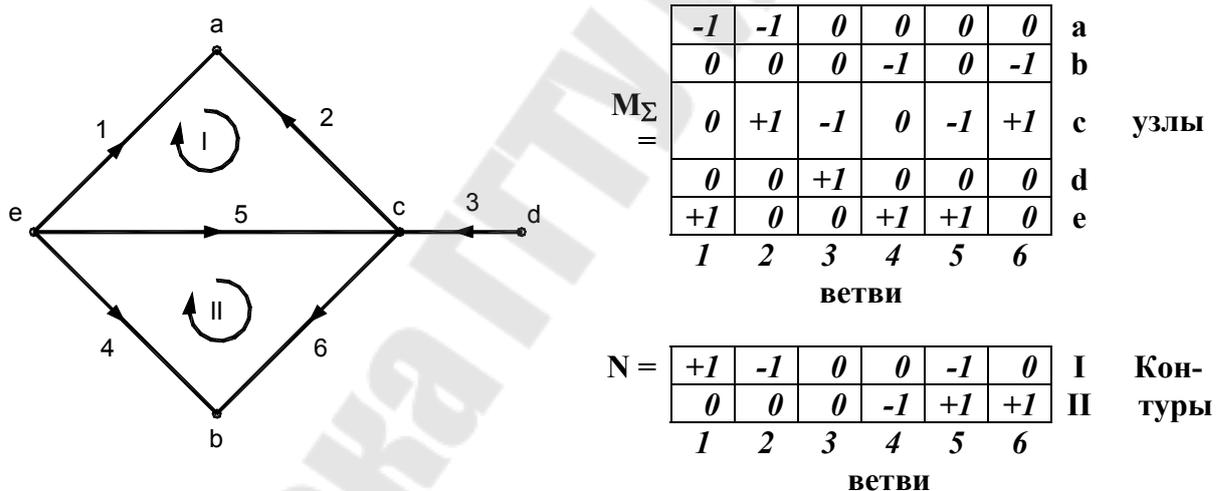


Рис. 3.1. Направленный граф и матрицы инцидентий

Матрицы  $M_{\Sigma}$  и  $\mathbf{N}$  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 уравнения*, которые характеризуются как простотой формирования, так и большими возможностями эффективной организации процесса их решения. Контурные уравнения формируются несколько сложнее, однако и они имеют определенную рациональную область применения.

### 3.2.3. Матричные уравнения установившегося режима электрической сети

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

$$\underline{Y}_y \underline{U}_\Delta = \underline{J} - \underline{M} \underline{Z}_B^{-1} \underline{E} \quad \text{или} \quad \underline{U}_\Delta = \underline{Z} \underline{J} - \underline{Z}_B \underline{M} \underline{Z}_B^{-1} \underline{E}, \quad (3.4)$$

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:

$$\begin{aligned} \underline{U}_y &= \underline{Z} \underline{J} + \underline{U}_0; \\ \underline{I} &= \underline{Z}_B^{-1} \underline{M}'_t \underline{U}_\Delta. \end{aligned} \quad (3.5)$$

Здесь  $\underline{M}'_t$  – 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  $\underline{M}$  отсутствует строка, отвечающая балансирующему (совпадающему с базисным) узлу, а в матрице  $\underline{M}'$  отсутствует строка, отвечающая базисному узлу. Если базисный и балансирующий узлы совпадают, то вместо  $\underline{M}'_t$  употребляется матрица  $\underline{M}_t$ .

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

$$\underline{Z}_k \underline{I}_k = \underline{E}_k - \underline{N} \underline{Z}_B \begin{Bmatrix} \underline{M}_\alpha^{-1} \\ 0 \end{Bmatrix} \underline{J}; \quad \underline{I} = \underline{N} \underline{I}_k + \begin{Bmatrix} \underline{M}_\alpha^{-1} \\ 0 \end{Bmatrix} \underline{J}. \quad (3.6)$$

где  $\underline{Z}_k = \mathbf{N}\underline{Z}_B\mathbf{N}_t$  – квадратная матрица контурных сопротивлений:

$\mathbf{I}_k$  – матрица контурных токов;

$\mathbf{I}$  – столбец токов в ветвях;

$\mathbf{M}_\alpha$  – подматрица первой матрицы соединений  $\mathbf{M}$ , характеризующая связь ветвей дерева с ее узлами:

$$\mathbf{M} = \mathbf{M}_\alpha \mathbf{M}_\beta; \quad (3.7)$$

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

### 3.3. Методы решения уравнений установившегося режима

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.

Уравнения установившегося режима электрической системы трехфазного переменного тока, связывающие мощности, задающие токи и напряжения узлов, при отсутствии ЭДС в ветвях имеют вид:

$$\begin{aligned} \underline{S}_y &= 3\underline{U}_d \cdot \underline{J}, \\ \mathbf{Y}_y(\underline{U} - \underline{U}_\alpha) &= \underline{J}, \end{aligned} \quad (3.8)$$

где  $\underline{S}_y$  – столбец мощностей источников или потребителей, подсоединенных к узлам схемы замещения системы;

$\underline{U}_d = \text{diag}(\underline{U}_j)$ , – диагональная матрица напряжений в узлах схемы замещения;

$\underline{U}$  – столбец напряжений в узлах схемы;

$\underline{U}_\alpha$  – столбец, каждый элемент которого равен напряжению в балансирующем узле  $\underline{U} - \underline{U}_\alpha = \underline{U}_\Delta$ ;

$\underline{J}$  – столбец задающих токов в узлах (символом отмечаются комплексно-сопряженные величины).

Система (7.8) нелинейных и линейных уравнений при заданных мощностях узлов в общем случае может быть решена только итерационным методом.

Основным средством расчета установившихся режимов сложных электрических систем, а также решения других задач, в которых расчет установившегося режима является неотъемлемой частью, служат ЭВМ.

Разработка эффективных алгоритмов расчетов установившихся режимов требует максимального учета всех специфических особенностей, которыми характеризуются схемы замещения реальных электрических систем и соответствующие им матрицы обобщенных параметров. Эти особенности необходимо учитывать как при формировании уравнений установившегося режима, так и при выборе наиболее рационального метода их решения и, прежде всего, рассматриваемых ниже методов решения систем линейных алгебраических уравнений.

**Методы решения** можно разделить на две большие группы: **прямые** и **итерационные**.

К **прямым** относятся методы, позволяющие получить решение в результате конечного числа арифметических операций, зависящего только от вычислительной схемы, а также от порядка и структуры матрицы коэффициентов системы уравнений. В математике методы этой группы называются также **точными**, поскольку, если исходные данные заданы точно и вычисления выполняются точно, то решение также получается точным.

К **итерационным** относятся методы, с помощью которых решение системы линейных алгебраических уравнений получается как предел последовательных приближений, вычисляемых посредством единообразных операций. В математике итерационные методы называются **приближенными**, поскольку даже в предположении, что вычисления ведутся без округлений, они позволяют получить решение системы уравнений лишь с заданной точностью.

Практически в основе всех прямых методов решения линейных алгебраических уравнений установившегося режима электрической системы лежит метод последовательного исключения неизвестных, называемый **методом Гаусса**. К числу наиболее характерных вычислительных схем этого метода относятся алгоритмы **с обратным ходом** и **без обратного хода**.

Решение системы из  $n$  линейных алгебраических уравнений вида









Процесс по методу Зейделя сходится, причем быстрее, чем по методу простой итерации, т. е. при одинаковых начальных приближениях неизвестных и одинаковой заданной точности решение по методу Зейделя получается за меньшее число итераций.

*Достаточное условие* сходимости итерационного процесса по методу простой итерации или методу Зейделя определяется только соотношением элементов матрицы коэффициентов  $A$ :

$$\sum_{\substack{i=1 \\ j \neq i}}^n |a_{ij}| < |a_{ii}|, \quad i = 1, \dots, n, \quad (3.20)$$

т. е. итерационный процесс будет сходящимся, если сумма элементов  $i$ -й строки матрицы коэффициентов  $a_{ij}$  без диагонального  $a_{ii}$  будет меньше по модулю этого диагонального элемента.

## **4. РАСЧЕТ РЕЖИМОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ В ПРОГРАММЕ МУСТАНГ**

### **4.1. Общая характеристика и возможности программы**

Комплекс МУСТАНГ предназначен для выполнения на ПЭВМ расчетов по моделированию *установившихся режимов (УР) и переходных электромеханических 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.

Программа имеет оконный интерфейс. Диалог с пользователем осуществляется через главное меню, предоставляющее доступ к основным, сгруппированным по назначению, командам управления работой программы (рис. 4.1).

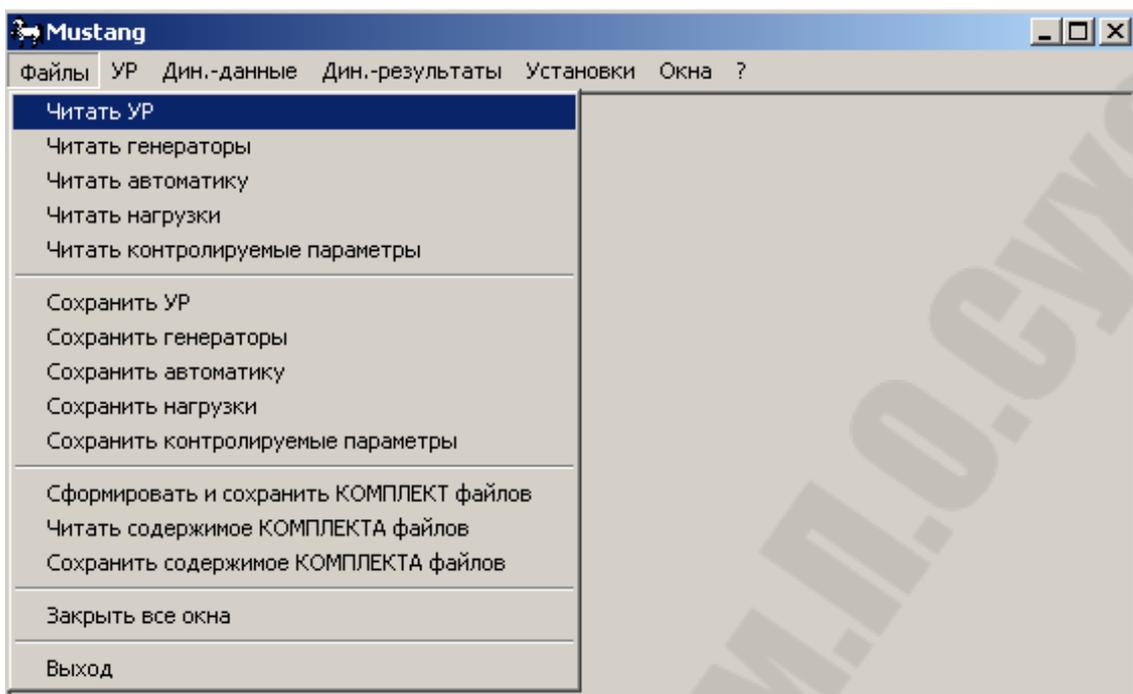


Рис. 4.1. Главное меню и раздел «Файлы» программы МУСТАНГ

Главное меню программы содержит следующие разделы:

**Файлы** – содержит команды чтения/сохранения файлов с исходными данными для расчета установившегося режима электрической сети, а также данными для расчета переходных процессов в электрической сети и моделирования работы автоматики (параметры схемы замещения генераторов, электрической нагрузки, параметры работы средств автоматики, набор контролируемых параметров, которые должны быть определены в результате расчета). Файлы данных в зависимости от содержащейся в них информации имеют различные расширения. Файлы для расчета установившегося режима имеют расширение REG.

**УР** – содержит команды подготовки исходных данных и расчета установившегося режима электрической сети.

**Дин.-данные** – содержит команды подготовки исходных данных и расчета переходных процессов в электрической сети.

**Дин.-результаты** – содержит команды просмотра результатов расчета переходных процессов в электрической сети.

**Установки** - содержит команды настройки работы программы МУСТАНГ.

**Окна** – управление рабочими окнами в программе МУСТАНГ.

Окончание работы программы осуществляется из меню **Файл**→**Выход** (либо нажатием в главном меню клавиши Esc).

## 4.2. Ввод исходных данных и выполнение расчетов

### 4.2.1. Структура исходных данных и их подготовка

При подготовке исходных данных для расчета на основании схемы электрической сети необходимо составить схему замещения и пронумеровать ее узлы. После этого конфигурация схемы замещения и ее параметры вводятся в программу МУСТАНГ. Далее рассмотрим пример подготовки исходных данных и результаты расчета установившегося режима для электрической сети, приведенной на рис. 4.2.

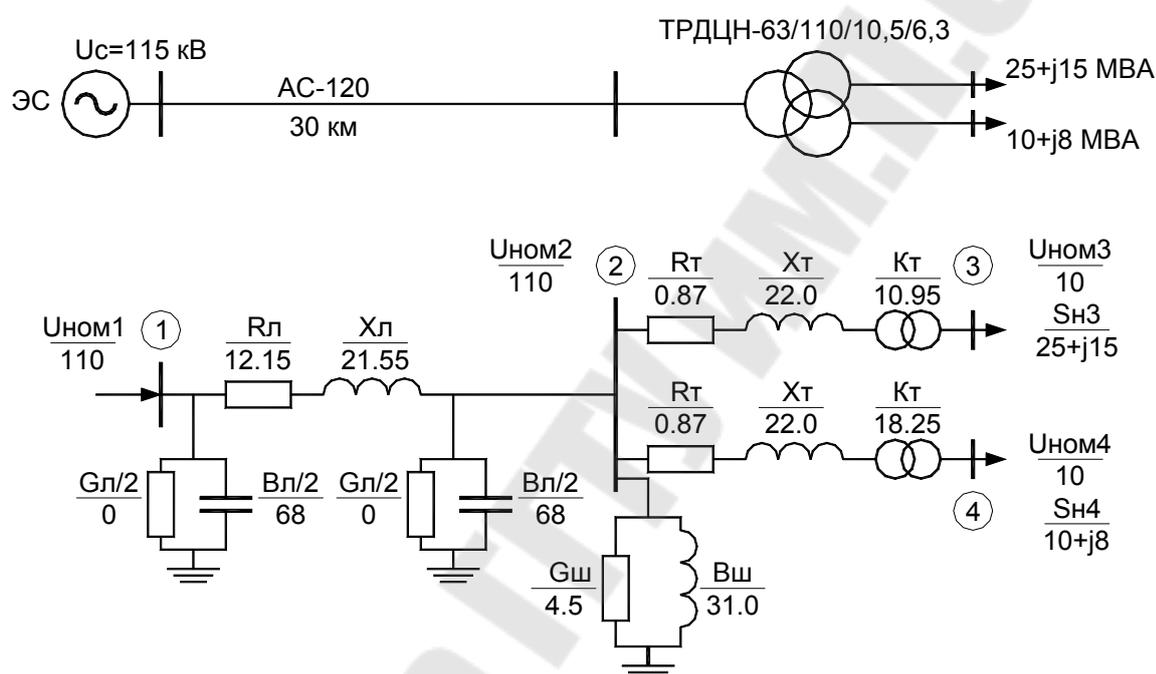


Рис. 4.2. Электрическая сеть и схема замещения

Подготовка исходных данных и расчет установившегося режима электрической сети выполняется с помощью меню **УР→Исходные данные. Результаты** (рис. 4.3).

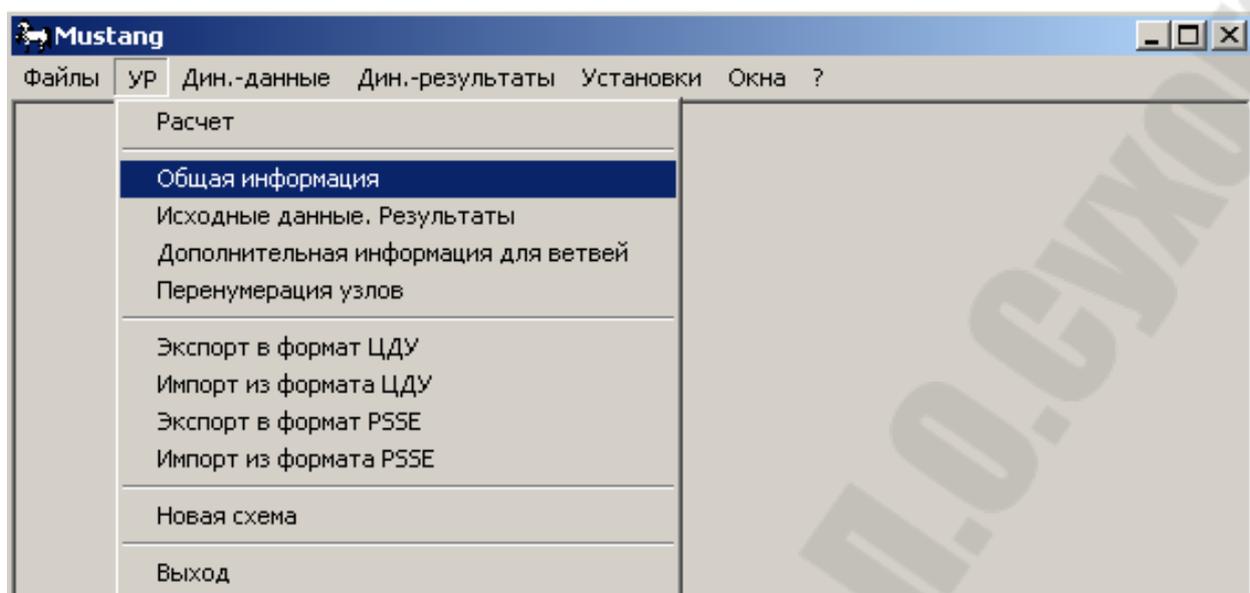


Рис. 4.3. Раздел «УР» главного меню программы МУСТАНГ

Для очистки текущих данных и подготовки новой схемы электрической сети можно использовать пункт меню **Новая схема**.

Ввод исходных данных или их редактирование осуществляется с помощью пункта меню **Исходные данные. Результаты**, после чего открывается диалоговое окно «Исходные данные. Результаты». В диалоговом окне с помощью вкладки «Исходные данные» необходимо описать схему замещения электрической сети, включая ее топологию и параметры, информацию по источникам питания и электрическим нагрузкам.

Исходные данные для расчета установившегося режима электрической сети в программе МУСТАНГ структурированы по следующим блокам, доступ к которым осуществляется через соответствующие вкладки диалогового окна (рис. 4.4):

**Узлы** – параметры узлов электрической сети.

**Ветви** – параметры ветвей электрической сети.

**СХН** – коэффициенты для моделирования статических характеристик электрических нагрузок в узлах электрической сети.

**ВПТ** – данные о вставках постоянного тока (ВПТ).

**МППТ** – данные о подстанциях многоподстанционных передач постоянного тока (МППТ).

**МППТ участки** – данные об участках многоподстанционных передач постоянного тока.

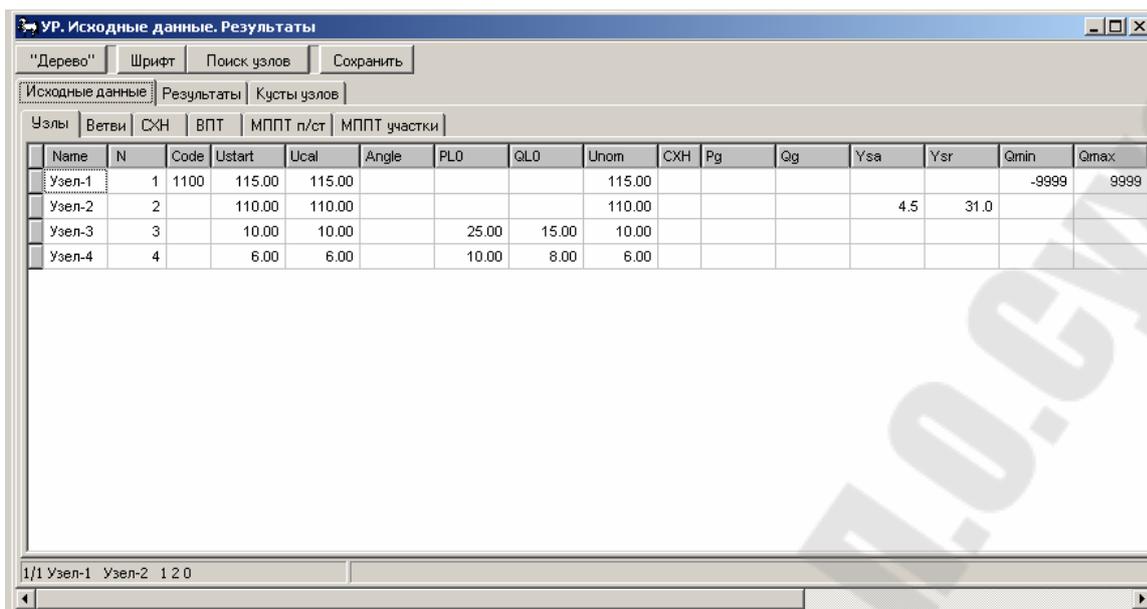


Рис. 4.4. Диалоговое окно «Исходные данные. Результаты»

Ввод информации осуществляется построчно в соответствующие поля таблиц исходных данных с помощью *табличного редактора*, который позволяет вводить и редактировать данные в отдельных полях (ячейках) таблицы, производить операции со строками, столбцами и отдельными полями информации. Поля информации могут быть как числовыми (целые и реальные), так и символьными. Операции, которые можно использовать в табличном редакторе, приведены ниже:

Insert	Вставка в конец таблицы новой строки
Delete	Удаление символов справа от текущей позиции курсора
Shift + ↑ Shift + ↓	Выделение строки (работает инвертно)
Ctrl + C	Копирование выделенных строк в буфер обмена данных
Ctrl + N	Сброс признака выделения строк
Ctrl + E	Выделить строку для удаления (работает инвертно)
Ctrl + D Ctrl + L	Логическое отключение строки (работает инвертно)
Ctrl + F	Логическое отключение поля. Работает инвертно

Кроме того, при работе с редактором можно использовать контекстное меню (вызывается щелчком правой кнопки мыши), которое предоставляет следующие функции:

<b>Сортировка строк</b>	Сортировка таблицы по убыванию или возрастанию по любому столбцу/группе
<b>Фильтр</b>	Установка фильтра для локализации данных
<b>Видимость столбцов</b>	Установка признаков скрытия столбцов
<b>Атрибуты столбцов</b>	Установка ширины поля и количества знаков после запятой
<b>Суммы столбцов</b>	Получение суммарных значений столбцов в отдельном окне
<b>Графики</b>	Отображение значений столбцов в виде графиков
<b>Инверсия выделенных строк</b>	Для всех строк, у которых отсутствует признак выделенной строки, данный признак устанавливается. Для всех строк, у которых присутствует признак выделенной строки, данный признак сбрасывается
<b>Выбор шрифта</b>	Установка нового шрифта/размера шрифта
<b>Вывод на принтер</b>	Вывод таблицы на любой установленный в системе принтер
<b>Вывод в TXT файл</b>	Вывод таблицы в текстовом виде в выбранный файл
<b>Вывод в DBF файл</b>	Вывод таблицы в файл базы данных типа dBase
<b>Отключенные строки в начало</b>	Все отключенные строки выносятся в начало таблицы
<b>Очистка столбца</b>	Очистка любого столбца (заполнение полей столбца пробелами или нулями). Если имеются выделенные строки, операция производится для выделенных строк

<b>Умножение столбца на коэффициент</b>	В случае, если имеются выделенные строки, данная операция производится для выделенных строк
<b>Столбец + константа</b>	Производится увеличение значений полей столбца на указанную величину. Если имеются выделенные строки, операция производится для выделенных строк
<b>Копирование столбцов</b>	Производится копирование значений полей одного или суммы нескольких столбцов в указанный столбец. Если имеются выделенные строки, операция производится для всех выделенных строк
<b>Копировать строки в конец таблицы</b>	Производится копирование выделенных строк в конец таблицы
<b>Очистить таблицу</b>	Удаление всех строк таблицы
<b>Сохранить таблицу</b>	Сохранение внесенных изменений в промежуточный файл

Перемещение по ячейкам таблицы осуществляется с помощью мыши кликом левой кнопкой на требуемой ячейке. Ввод значений в ячейки осуществляется с клавиатуры.

#### 4.2.2. Ввод параметров узлов электрической сети

Для ввода параметров узлов используется вкладка «Узлы» диалогового окна «Исходные данные. Результаты». Окно содержит таблицу колонки которой соответствуют параметрам узлов (перечислены в шапке таблицы), а строки соответствуют конкретному узлу электрической сети (рис. 4.4).

Каждый  $i$ -й узел электрической сети характеризуется при расчете установившегося режима следующими параметрами (см. рис. 4.5, а):

$P_{н_i}, Q_{н_i}$  – активная и реактивная нагрузка, МВт;

$U_{нор_i}$  – номинальное напряжение, кВ;

$U_i, \delta_i$  – расчетные модуль напряжения, и фаза, кВ и град;

$P_{Г_i}, Q_{Г_i}$  – активная и реактивная генерируемая в узел мощность МВт;

$G_{ш_i}, B_{ш_i}$  – активная и реактивная проводимость шунта между узлом и землей, мкСм.

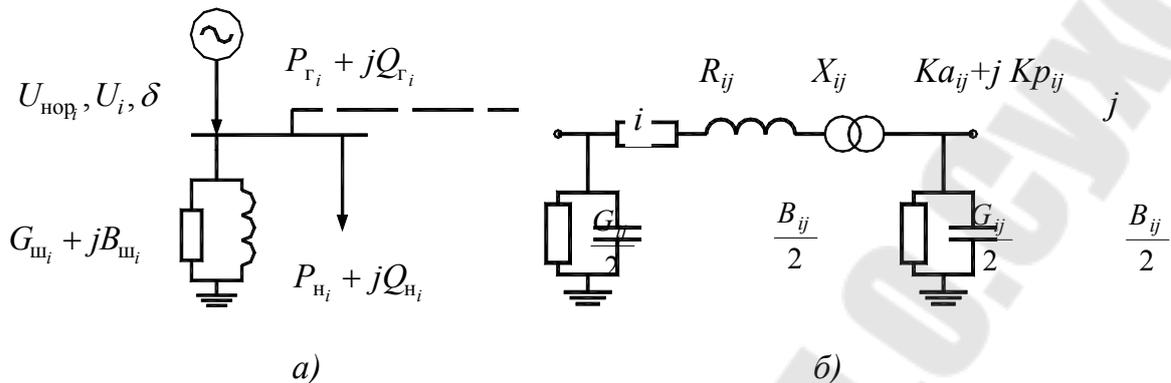


Рис. 4.5. Схема замещения узла (а) и ветви (б) электрической сети

Реактивная мощность генератора  $Q_g$  может быть задана фиксированной либо свободной изменяющейся величиной в пределах ограничений  $Q_{g_{max}}$  и  $Q_{g_{min}}$ . Для того чтобы программа могла определить, какой узловой параметр зафиксирован (является неизменным) используется **код узла** – четырехзначное число **UδPQ**, каждый разряд которого содержит признак фиксации **напряжения U**, **угла напряжения δ**, **активной P** и **реактивной Q** генерируемой мощности в узле; «1» – означает фиксацию параметра, «0» – параметр «свободен». Например: 1100 – в узле зафиксированы модуль и угол напряжения, а величины  $P_g$  и  $Q_g$  определяются в результате решения уравнений установившегося режима (что характерно для «балансирующего» узла энергосистемы бесконечной мощности); 1010 – в узле зафиксированы модуль напряжения  $U$  и  $P_g$  (что характерно для узла, к которому подключен генератор), 0 или 11 – для нагрузочного узла.

Отметим, что для определенности системы уравнений установившегося режима хотя бы одна активная и хотя бы одна реактивная мощности источников не должны быть фиксированы (балансирующие мощности). В общем случае все активные и реактивные мощности могут быть свободными.

Таблица параметров узлов содержит следующие колонки:

**Name** - название узла (до 8 символов);

**N** - номер узла от 1 до 1000000000;

**Code** - признаки фиксации напряжения, угла напряжения, активной и реактивной генерируемой мощности в узле; задается двоичным 4-разрядным числом **UδPQ**, в котором «1» означает фиксацию данного параметра, «0» – данный параметр «свободен»,

т.е. определяется при решении уравнений УР. Например: 1100 – для энергосистемы бесконечной мощности зафиксированы  $U$  и  $\delta$ ; 1010 – для генератора электростанции зафиксированы  $U$  и  $P$ ; 0011 – для нагрузочного узла (принимается по умолчанию, если значение в ячейке не указано);

**Ustart** - модуль исходного напряжения в узле, кВ;

**Ucal** - модуль расчетного значения напряжения, кВ;

**Angle** - угол напряжения, град.;

**PL0** - активная электрическая нагрузка узла, МВт;

**QL0** - реактивная электрическая нагрузка, мвар;

**Unom** - модуль нормального напряжения в узле при расчете нагрузки узла по СХН, кВ;

**СХН** - номер СХН активной  $P_{наг}$  и реактивной  $Q_{наг}$  нагрузок в узле;

**Pg** - активная мощность генерации в узле, МВт;

**Qg** - реактивная мощность генерации в узле, мвар;

**Qmin** - нижний предел генерируемой реактивной мощности, мвар;

**Qmax** - верхний предел генерируемой реактивной мощности, мвар;

**Ysa** - активная проводимость шунта в узле, мкСм;

**Ysr** - реактивная проводимость шунта в узле, мкСм.

#### 4.2.3. Ввод параметров ветвей электрической сети

Для ввода параметров ветвей используется вкладка «Ветви» диалогового окна «Исходные данные. Результаты». Окно содержит таблицу, колонки которой соответствуют параметрам ветвей (перечислены в шапке таблицы), а строки соответствуют конкретной ветви электрической сети (рис.4.6).

Name Ni	Name Nj	Ni	Nj	№	DispName	Rij	Xij	Gij	Bij	KTa	KTr	Gpi	Bpi	Gpj	Bpj
Узел-1	Узел-2	1	2			12.50	21.55						67.5		67.5
Узел-2	Узел-3	2	3			0.87	22.00			10.952					
Узел-2	Узел-4	2	4			0.87	22.00			18.254					

Рис. 4.6. Исходные данные параметров ветвей электрической сети

Каждая ветвь  $i-j$  между узлами схемы замещения представляется П-образной схемой замещения (рис. 4.5, б), в которую входят следующие параметры:

$R_{ij}, X_{ij}$  – активное и реактивное сопротивление ветви, Ом,

$G_{ij}, B_{ij}$  – активная и реактивная продольные проводимости, обусловленная потерями на корону и зарядной мощностью, мкСм,

$Ka_{ji}, Kr_{ji}$  – продольная и поперечная составляющие коэффициента трансформации.

В ветви может быть только один трансформатор у конечного узла  $j$ . Коэффициент трансформации задается отношением напряжения в точке  $i$  к напряжению узла в точке  $j$ :  $K_{ij} = U_i/U_j$ . При этом сопротивление ветви должно быть приведено к напряжению начального узла  $i$ .

Таблица параметров ветвей содержит следующие колонки:

**Name Ni (Nj)** – названия узлов, ограничивающих ветвь  $i - j$ , недоступны для редактирования в данной таблице, информация данных полей автоматически переносится из таблицы узлов (исходные данные);

**Ni и Nj** – номера узлов, ограничивающих ветвь;

**№** – номер ветви в параллели: задается, если в схеме имеются параллельные ветви (начальные и конечные узлы совпадают), то им следует задавать номер параллельности, например:

$\langle I \rangle$	$\langle J \rangle$	$\langle N_{\Pi} \rangle$
319 – 349	1	
319 – 349	2	
349 – 319	3	

**G<sub>ij</sub>, B<sub>ij</sub>** – поперечные активная и реактивная (с учетом знака +/- для индуктивного/емкостного характера) проводимости ветви, мкСм;

**R<sub>ij</sub>, X<sub>ij</sub>** – продольные активное и реактивное сопротивления ветви, Ом;

**G<sub>pi(j)</sub>, B<sub>pi(j)</sub>** – активная и реактивная (с учетом знака +/- для индуктивного/емкостного характера) проводимости линейного шунта со стороны узла  $i$  ( $j$ ), мкСм.

**K<sub>ta</sub>, K<sub>tr</sub>** – продольная и поперечная составляющие комплексного коэффициента трансформации.

#### 4.2.4. Ввод параметров статических характеристик нагрузки

При необходимости учета влияния напряжения в узле нагрузки на величину потребляемой активной и реактивной мощности можно задать математические зависимости, учитывающие это влияние, в виде статических характеристик активной и реактивной нагрузки (СХН) по напряжению в виде полиномов следующего вида:

$$P_{\text{H}}(U_*, f_*) = P_{\text{H}0} \cdot (a_0 + a_1 \cdot U_* + a_2 \cdot U_*^2 + a_3 \cdot f_*);$$

$$Q_{\text{H}}(U_*, f_*) = Q_{\text{H}0} \cdot (b_0 + b_1 \cdot U_* + b_2 \cdot U_*^2 + b_3 \cdot f_*);$$

где  $P_{\text{H}0}$  и  $Q_{\text{H}0}$  – активная и реактивная мощности нагрузки при  $U = U_{\text{ном}}$ ;

$a_0, a_1, a_2$  – коэффициенты статических характеристик активной нагрузки;

$b_0, b_1, b_2$  – коэффициенты статических характеристик реактивной нагрузки.

Используя вкладку «СХН» диалогового окна «Исходные данные. Результаты» (рис. 4.7) пользователь может создать несколько СХН, каждая из которых будет иметь номер  $N = 1, 2, 3, \dots, 30$  и соответствующие коэффициенты  $a_0$ - $a_3, b_0$ - $b_3$ .

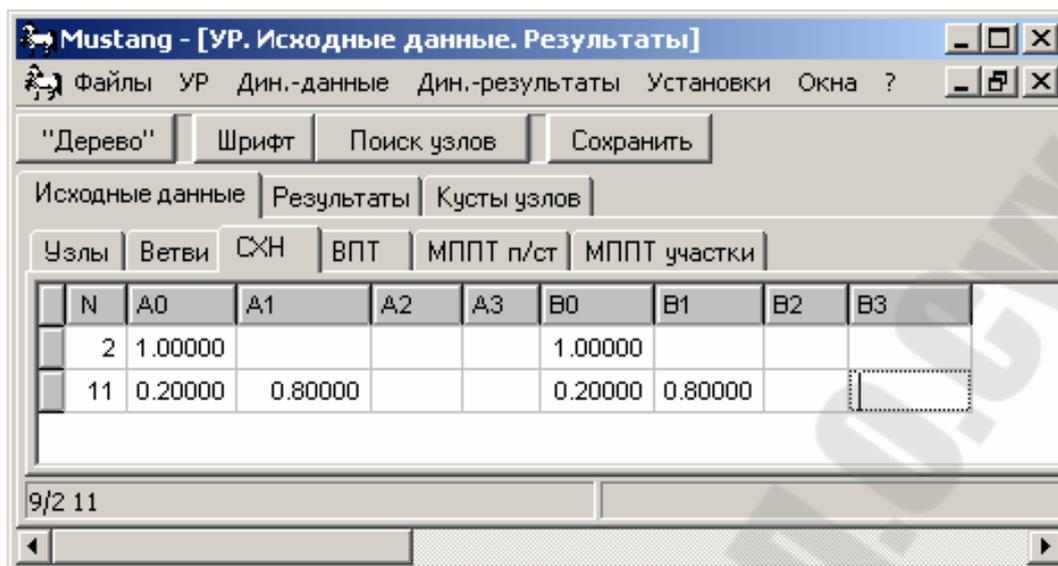


Рис. 4.7. Исходные данные для моделирования статических характеристик электрической нагрузки

Номер СХН может быть указан для учета влияния напряжения на величину потребляемой активной и реактивной мощности в параметрах конкретных узлов электрической сети.

#### **а. Выполнение расчетов и анализ результатов**

Запуск расчета установившегося режима для текущей схемы электрической сети выполняется из меню **УР**→**Расчет**. В процессе расчета итерационные значения контролируемых параметров режима, а также константы и настройки управления вычислениями отображаются в окне «Расчет УР» (рис. 4.8). Одновременно содержание этого окна сохраняется в файле SSPREP.TXT.

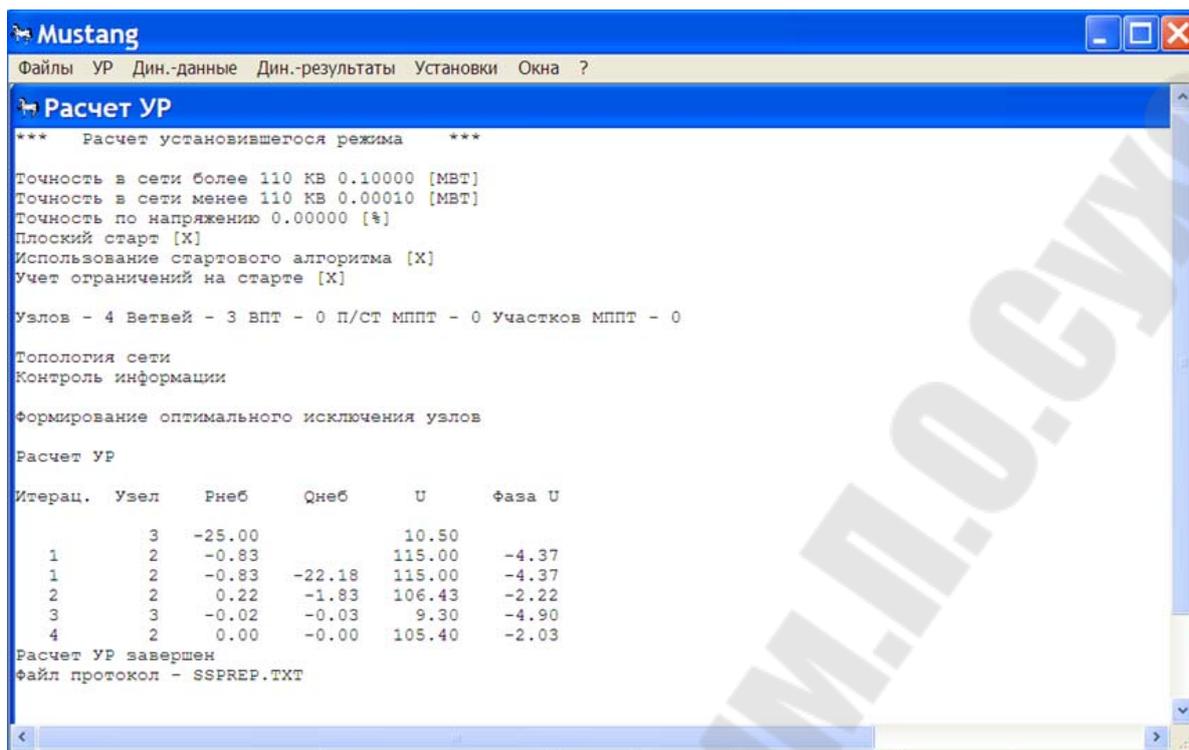


Рис. 4.8. Окно просмотра процесса расчета

В случае некорректности исходных данных программа выдает сообщения о выявленных ошибках.

По достижении заданной точности расчета процесс завершается с выдачей сообщения на экран. При невозможности выполнить расчет с заданной точностью программа выдает сообщение «Режим не балансируется». В случае небалансировки режима рекомендуется:

- 1) проверить правильность ввода исходных данных (коэффициентов трансформации, сопротивлений ветвей, номинальных напряжений в узлах, величины нагрузок);
- 2) увеличить допустимое количество итераций.
- 3) уменьшить точность расчета и в случае балансировки режима постепенно ее увеличивать;

Управление допустимым количеством итераций и точностью расчетов возможно с помощью соответствующих констант в диалоговом окне «Общая информация» (рис. 4.9), которое доступно из меню **УР→Общая информация**.

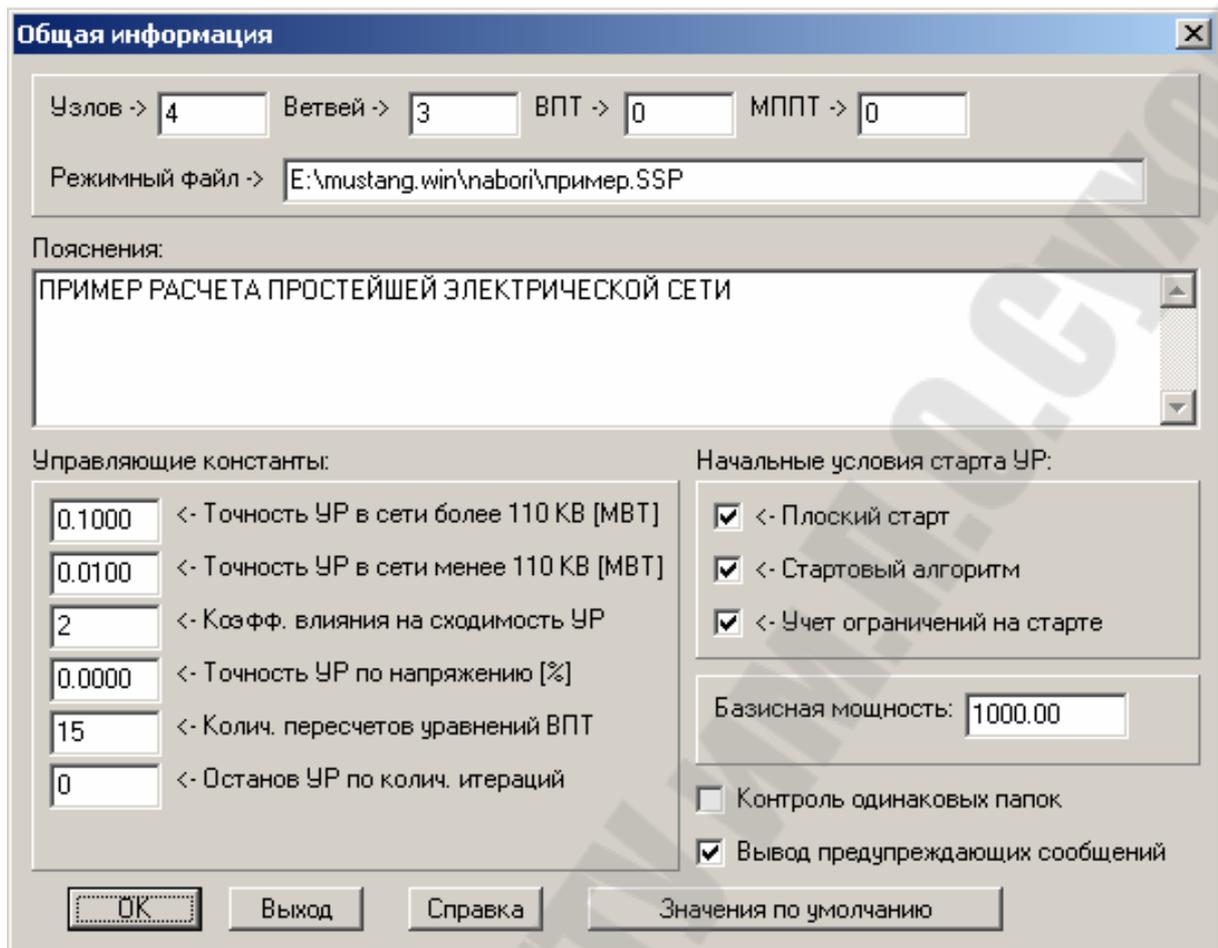


Рис. 4.9. Диалоговое окно «Общая информация»

Кроме управляющих констант в диалоговом окне «Общая информация» возможно управление начальными условиями расчета УР, а также отображаются путь к режимному файлу и обобщенные показатели электрической сети (количество узлов, ветвей, ВПТ и МППТ). При необходимости в области «Пояснения» можно разместить поясняющую информацию или комментарии к текущему расчету.

Для просмотра и анализа результатов расчета установившегося режима электрической сети используется вкладка «Результаты» диалогового окна «Исходные данные. Результаты». С помощью соответствующих вкладок диалогового окна можно просмотреть результаты расчетов в разрезе узлов (рис. 4.10, а) и ветвей (рис. 4.10, б).

УР. Исходные данные. Результаты

"Дерево" Шрифт Поиск узлов Сохранить

Исходные данные Результаты Кусты узлов

Узлы Ветви Небалансы Суммарные параметры Пограничные связи Заданные сечения и составляющие Найденные сечения и составляющие ВПТ МППТ

Name	N	Code	Ucal	Angle	PL	QL	Pd	Qc	Unom	CXH	Pg	Qg	Ps	Qs	Qmin	Qmax
Узел-1	1	1100	115.00						115.00		37.3	30.8			-9999	9999
Узел-2	2	11	105.41	-2.0					110.00				0.1	0.3		
Узел-3	3	11	9.30	-4.9	25.00	15.00			10.00							
Узел-4	4	11	5.68	-3.1	10.00	8.00			6.00							

а)

УР. Исходные данные. Результаты

"Дерево" Шрифт Поиск узлов Сохранить

Исходные данные Результаты Кусты узлов

Узлы Ветви Небалансы Суммарные параметры Пограничные связи Заданные сечения и составляющие Найденные сечения и составляющие ВПТ МППТ п/ст МППТ участки

Name Ni	Name Nj	Ni	Nj	Np	DispName	Ui	Pij	Qij	lij	Ppi	Qpi	Uj	Pji	Qji	lji	Ppj	Qpj	dPn	dQn	dPlin	dQlin	Pkor	Qg/Qx	KTa	KTr	
Узел-1	Узел-2	1	2			115.0	37.3	30.8	0.24			0.9	105.4	-35.1	-25.4	0.24		0.8	2.16	3.72	2.16	3.72				
Узел-2	Узел-3	2	3			105.4	25.0	16.8	0.17				9.3	-25.0	-15.0	1.81			0.07	1.80	0.07	1.80			10.952	
Узел-2	Узел-4	2	4			105.4	10.0	8.3	0.07				5.7	-10.0	-8.0	1.30			0.01	0.34	0.01	0.34			18.254	

б)

Рис. 4.10. Результаты расчетов УР в разрезе узлов (а) и ветвей (б) электрической сети

Результирующие параметры узлов оформляются в виде таблицы, аналогичной таблице исходных данных, но с заполненной колонкой расчетных значений модулей напряжений  $U_{cal}$  и соответствующих им углов (колонка «**Angle**»), а вместо шунтовых проводимостей  $Y_{sa}$  и  $Y_{sr}$  выводятся значения мощностей  $P_s$  и  $Q_s$ , выделяемых на этих проводимостях.

В таблице параметров ветвей для каждой линии  $i-j$  выводятся следующие расчетные параметры режима:

$U_i, U_j$  - модуль напряжения в узле I и J соответственно, кВ;

$P_{ij}, Q_{ij}$  - активная и реактивная мощности в начале линии, МВт и Мвар;

$P_{ji}, Q_{ji}$  - активная и реактивная мощности в конце линии, МВт и Мвар;

$I_{ij}, I_{ji}$  - модуль тока в начале и в конце линии, кА;

$P_{pi}, P_{pj}$  - активная мощность на линейном шунте проводимостей  $G_{pi}$  и  $G_{pj}$  у узлов I и J соответственно, МВт;

$Q_{pi}, Q_{pj}$  - реактивная мощность на линейном шунте проводимостей  $B_{pi}$  и  $B_{pj}$  у узлов I и J соответственно, МВАр;

$dP_n, dQ_n$  - нагрузочные потери активной и реактивной мощности на связи I-J, т.е. потери на сопротивлениях  $R_{ij}$  и  $X_{ij}$ , МВт и.

$dP_{lin}, dQ_{lin}$  - линейные потери активной и реактивной мощности на связи I-J, МВт и МВАр, т.е. полные потери на связи, но без учёта линейных реакторов.

$dP_{kop}$  - потери активной мощности на корону, т.е. потери на активной составляющей проводимости на землю  $G_{ij}$ , разнесённой по П-образной схеме замещения связи, МВт.

$Q_g$  - суммарная генерация реактивной мощности на связи, т.е. мощность на емкостной составляющей проводимости на землю  $B_{ij}$ , разнесённой по П-образной схеме замещения связи, Мвар.

С помощью вкладки «Небалансы» можно проанализировать сбалансированность режима по мощностям в узлах электрической сети (рис. 4.11).

Name	N	Code	Pneb	Qneb	Ucal	Angle	Pg	Qg	Qmin	Qmax
Узел-1	1	1100			115.00		37.30	30.86	-9999	9999
Узел-2	2	11	0.0000	-0.0000	105.40	-2.03				
Узел-3	3	11	-0.0000	-0.0000	9.30	-4.90				
Узел-4	4	11	-0.0000	-0.0000	5.68	-3.15				

Рис. 4.11. Анализ балансов мощностей в узлах электрической сети

Вкладка «Суммарные параметры» (рис. 4.12) показывает развернутый баланс по активной и реактивной мощности – генерируемой, потребляемой и потерь мощности различных видов (нагрузочных в линиях, на корону, в шунтовых элементах и реакторах).

#### 4.4. Работа с кустами узлов электрической сети

Вкладка «Кусты узлов» диалогового окна «Исходные данные. Результаты» позволяет использовать поузловое (учитывающее связанность узлов) представление информации УР сети в структурно-графическом виде *узел*→*отходящие связи* (рис. 4.13).

Узел-2 2 Code = 11 Ustart = 110.0 Ucal = 105.4 Ps = 0.0 Qs = 0.3 PNEB = 0.0000 QNEB = -0.0000	25.1 + j16.8	-25.00 - j15.00	Узел-3	3
	0.165	1.811	9.30	
	10.0 + j8.3	-10.000 - j8.000	Узел-4	4
	0.071	1.303	5.675	
	-35.1 - j25.5	37.3 + j30.9	Узел-1	1
0.238	0.243	115.0		
Sp = +j0.7	Sp = +j0.9			

Рис. 4.12. Суммарные параметры электрической сети

Mustang - [УР. Исходные данные. Результаты]

Файлы УР Дин.-данные Дин.-результаты Установки Окна ?

"Дерево" Шрифт Поиск узлов Сохранить

Исходные данные Результаты Кусты узлов

Узлы Ветви Небалансы Суммарные параметры Пограничные связи Заданные сечения и составляющие Найденные сечения и составляющие ВПТ МППТ п/ст МППТ участки

Название	Pg	Qg	Pнс	Qнс	Pн	Qн	Ps	Qs	dPн	dQн	dPлн	dQлн	Pкор	Qg/Qx	Pp	Qp
	37.3	30.9	37.3	30.9	35.0	23.0	0.0	0.3	2.25	5.87	2.25	5.87				1.6

1/1 Узел-1 Узел-2 1 2 0

Рис. 4.13. Кустовое представление узла электрической сети

Кустовое представление узла электрической сети содержит следующие элементы:

*текущий узел* – изображается в виде прямоугольника, внутри которого размещена информация с параметрами этого узла;

*смежные узлы* – узлы с которыми соединен текущий узел и изображаются в виде шин с указанием расчетного напряжения (генераторные узлы с кодом 1010, 1100 отображаются зеленым цветом);

*отходящие связи* – связи, которыми соединен текущий узел со смежными узлами с отображением мощности в начале и в конце линии, а также величины токов и мощностей, выделяемых на линейных шунтах.

Управление информацией при «покустовом» отображении узла осуществляется двойным щелчком левой кнопки мыши в зависимости от объекта, на который указывает курсор:

по смежному узлу – смежный узел становится текущим и относительно него строится новый куст смежных ветвей;

по текущему узлу – вызов панель коррекции информации текущего узла (рис. 4.14);

по отходящей связи - вызов панели диалога для коррекции информации данной отходящей ветви (рис. 4.15).

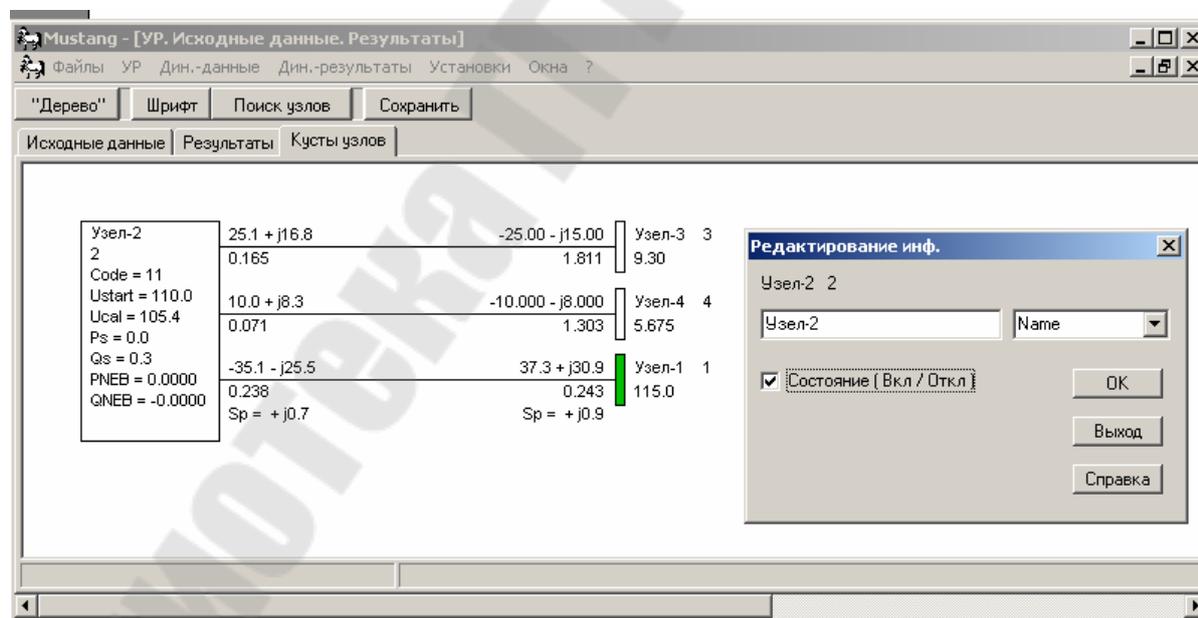


Рис. 4.14. Коррекция информации для текущего узла

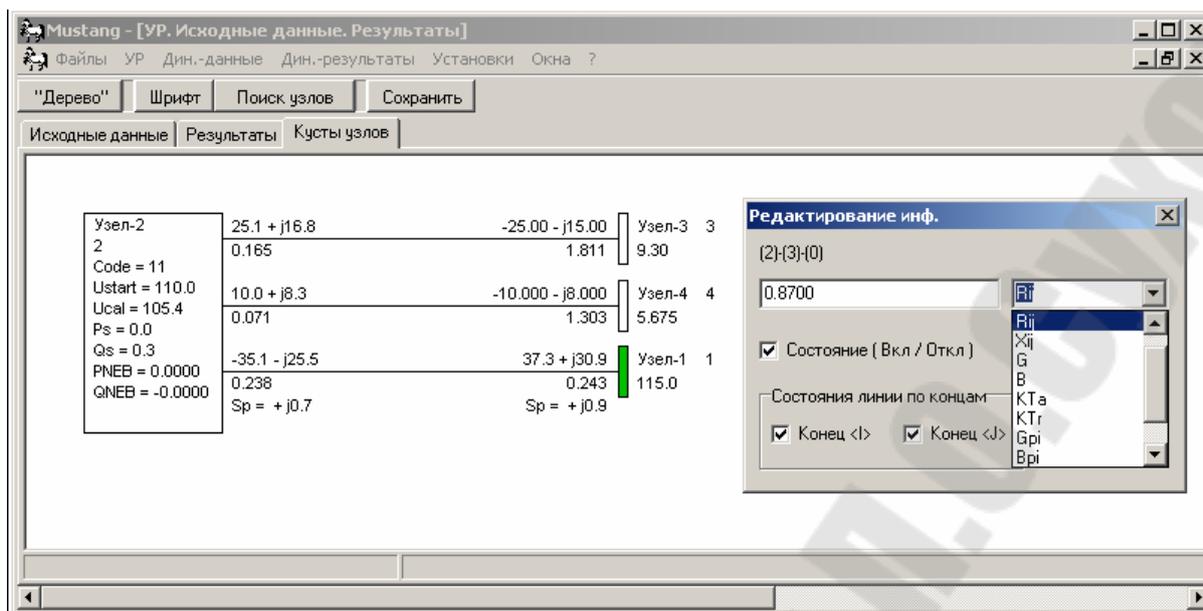


Рис. 4.15. Коррекция информации для отходящей связи текущего узла

Щелчок правой кнопки мыши в области окна кустового отображения узла вызывает контекстное меню окна кустового отображения узлов (рис. 14.16).

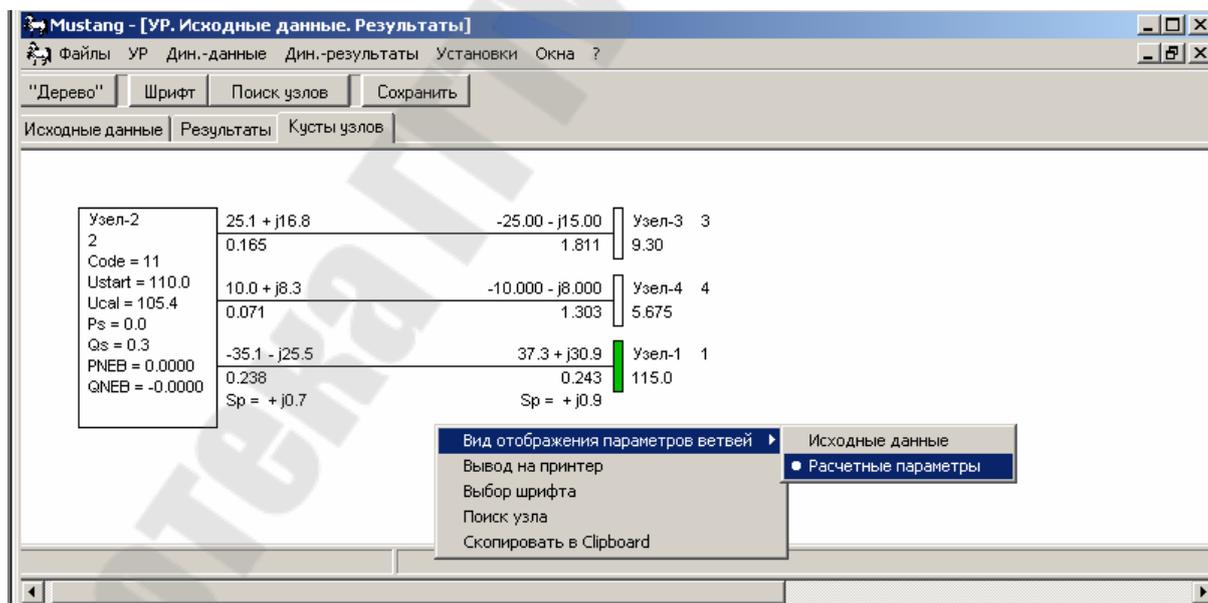


Рис. 4.16. Контекстное меню окна кустового отображения узлов

Контекстное меню содержит следующие функции:

**Вид отображения параметров ветвей** – позволяет переключать отображение параметров исходных данных (рис. 4.17, а) или параметры, вычисленные в результате расчета УР (рис. 4.17, б);

**Вывод на принтер** – вывод куста узлов на печатающее уст-

ройство.

**Выбор шрифта** – вызов окна настроек гарнитуры шрифта, его размеров, цвета и эффектов.

**Поиск узлов** – вызов списка всех узлов электрической сети с возможностью выбора в качестве текущего любого из них.

**Скопировать в Clipboard** – копирование в буфер обмена изображения куста узлов.

Узел-2 2 Code = 11 Ustart = 110.0 Ucal = 105.4 Ps = 0.0 Qs = 0.3 PNEB = 0.0000 QNEB = -0.0000	$Z = 0.870 + j22.000$	KT = 10.952	Узел-3	3
			9.30	
	$Z = 0.870 + j22.000$	KT = 18.254	Узел-4	4
			5.675	
		$Z = 12.500 + j21.550$	Узел-1	1
	$Y_p = +j67.5$	$Y_p = +j67.5$	115.0	

a)

Узел-2 2 Code = 11 Ustart = 110.0 Ucal = 105.4 Ps = 0.0 Qs = 0.3 PNEB = 0.0000 QNEB = -0.0000	$P_{ij} + jQ_{ij}$	$P_{ji} + jQ_{ji}$	Узел-3	3	
	$I_{ij}$	$dP_{kop} + jQ_g$	$I_{ji}$	$U_j$	
	$10.0 + j8.3$		$-10.000 - j8.000$	Узел-4	4
	0.071		1.303	5.675	
	$-35.1 - j25.5$		$37.3 + j30.9$	Узел-1	1
0.238		0.243	115.0		
$S_p = +j0.7$		$S_p = +j0.9$			

b)

Рис. 4.17. Кустовое представление узла электрической сети (a) в режиме «Исходные данные и (b) в режиме «Расчетные параметры»

## 5. РАСЧЕТ ТОКОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ В ПРОГРАММЕ ТКZ-3000

### 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 том числе 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.

Запуск в работу комплекса программ ТКZ-3000 осуществляется командным файлом **TKZ3000.BAT**. При успешном запуске на экране появится его окно с главным меню (рис. 5.1), позволяющим обратиться к различным модулям программы путем выбора пункта меню либо нажатием соответствующей функциональной клавиши.

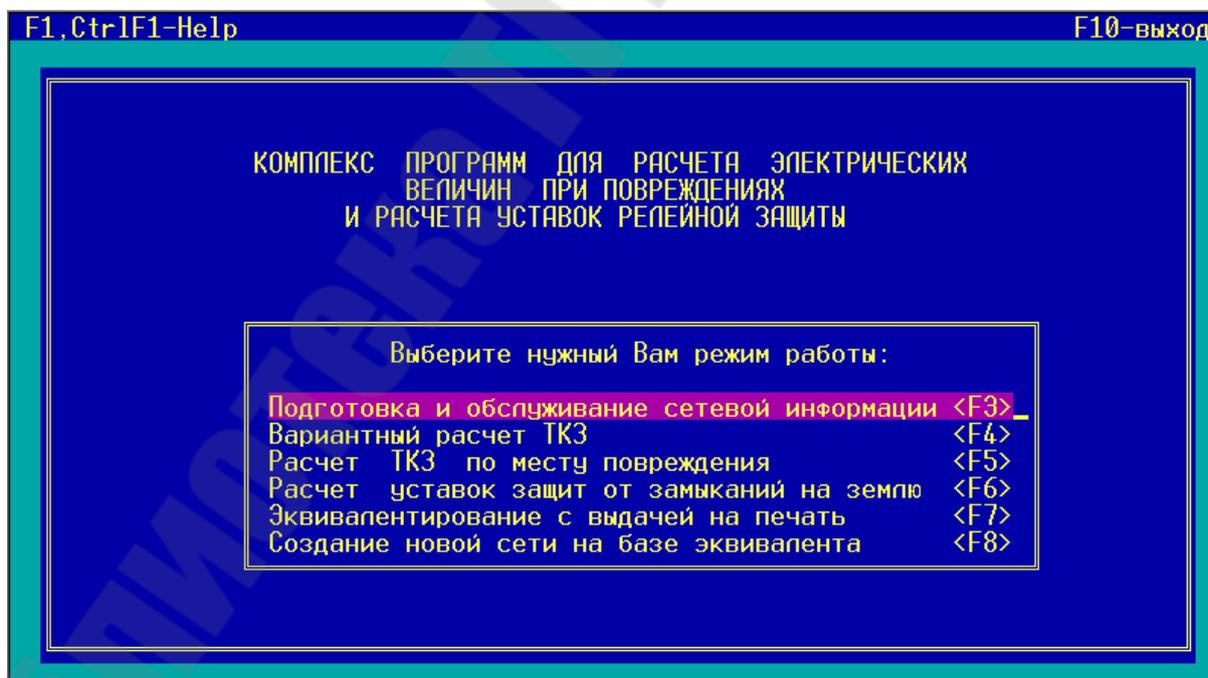


Рис. 5.1. Главное меню программы ТКZ-3000

## 5.2. Подготовка и обслуживание сетевой информации

Модуль *подготовки и обслуживания сетевой информации* позволяет выполнять различные действия с исходной информацией, которые перечисляются в подменю (рис. 5.2).

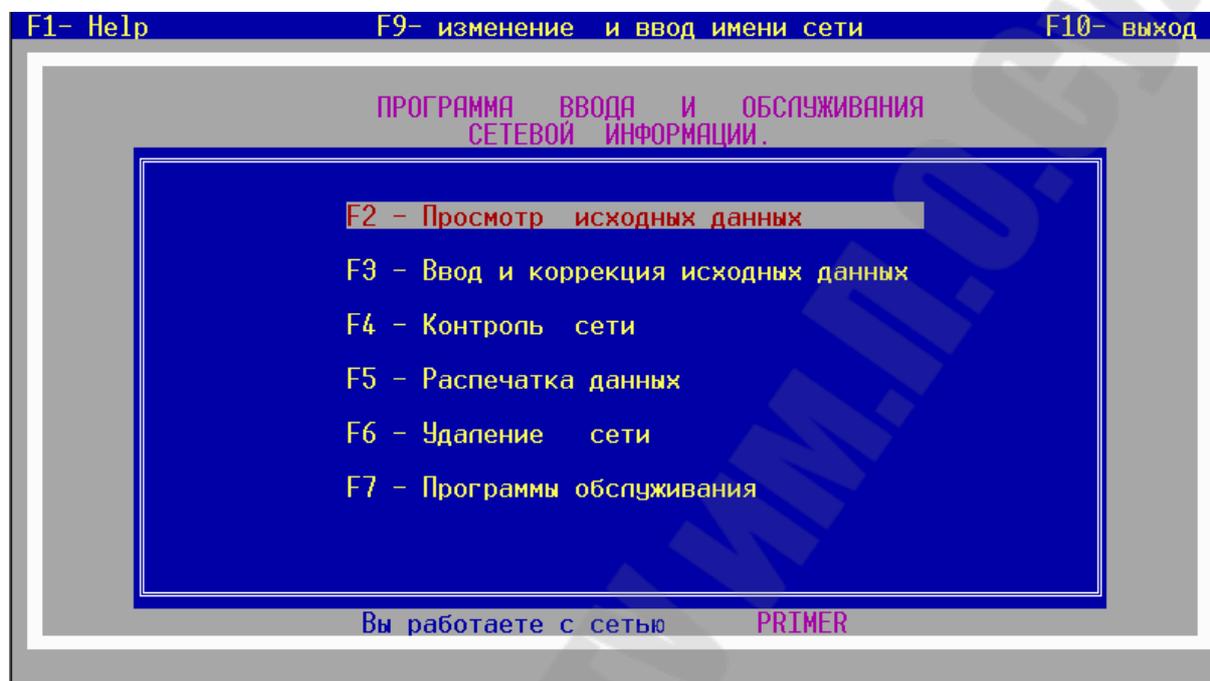


Рис. 5.2. Меню ввода и обслуживания сетевой информации

**Просмотр исходных данных** – просмотр всех видов сетевых данных, размещенных в таблицах. При этом возможны все манипуляции с данными, предусмотренные в подсистеме ввода, но без сохранения изменений.

По умолчанию программа всегда загружает для работы исходные данные сети, с которой пользователь работал в последний раз. Имя сети отображается в окне программы. Для загрузки другой сети с диска или объявления новой используется клавиша F9.

**Ввод и коррекция исходных данных** – ввод новых исходных данных или редактирование уже имеющихся для загруженной сети.

Исходной информацией для выполнения расчетов являются схемы замещения электрической сети *прямой, обратной и нулевой* последовательностей, параметры которых указываются в именованных единицах и без 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. Переключение между таблицами прямой/обратной и нулевой последовательности схемы замещения выполняется с помощью меню (рис. 5.3).

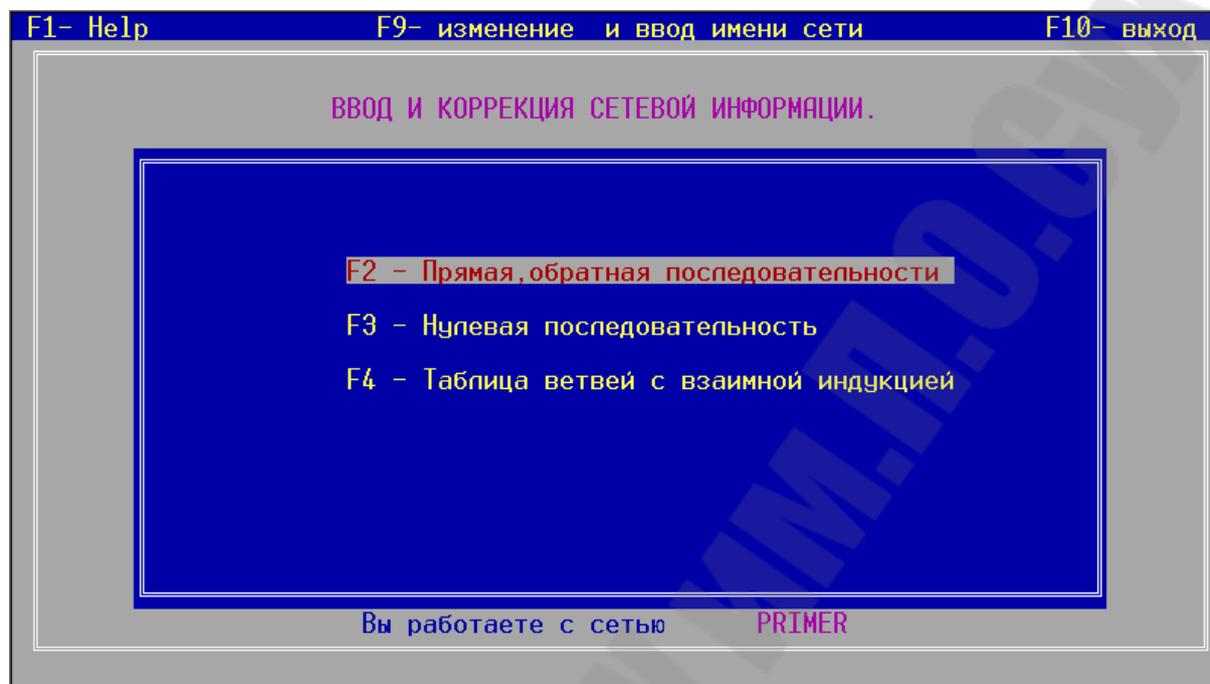


Рис. 5.3. Меню ввода и коррекции сетевой информации

Ввод схем замещения прямой и обратной последовательности совмещен в одной таблице, так как их топологии предполагаются совпадающими. Параметры обратной последовательности вводят лишь для тех элементов, у которых  $Z1 \neq Z2$ .

При задании схемы прямой последовательности нужно руководствоваться следующей таблицей:

Тип	Пар	Y1	Y2	R1(2)	X1(2)	E/K/B(с)	F	N <sub>эл</sub>
0	?	+	+	+	+	—	—	?
1	?	+	+	—	—	—	—	—
3	?	+	+	+	+	K <sub>тр</sub>	—	?
4	?	+	+	+	+	Э.Д.С.	+	—
5	?	+	+	+	+	Емк. пров	—	?

Здесь: «+» – параметр обязательно задается, «–» параметр не задается; «?» – параметр можно задавать или не задавать.

Колонки таблицы содержат следующую информацию:

**Тип** – типы ветвей:

0 – простая ветвь;

- 1 – ветвь с нулевым сопротивлением;  
 3 – трансформаторная ветвь;  
 4 – генераторная ветвь;  
 5 – ветви с емкостной проводимостью;
- Пар** – номер ветви в параллели с другими ветвями;  
**У1, У2** – начальный и конечный узлы;  
**R1(2)** – продольное активное сопротивление прямой (обратной) последовательностей, Ом;  
**X1(2)** – продольное реактивное сопротивление прямой (обратной) последовательностей, Ом;  
**E, F** – модуль ЭДС [кВ] и ее угол [град] для генераторной ветви;  
**K<sub>тр</sub>** – коэффициент трансформации  $K_{тр} = U(Y1)/U(Y2)$  для трансформаторных ветвей;  
**B** – емкостная проводимость для ветвей с емкостной проводимостью, мкСм;  
**N<sub>эл</sub>** – 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 У1.

В таблице нулевой последовательности могут быть указаны все ветви кроме генераторных типа <4>. При задании схемы нулевой последовательности нужно руководствоваться следующей таблицей:

Тип	Пар	У1	У2	R0	X0	K/B (с)
0	?	+	+	+	+	—
1	?	+	+	—	—	—
3	?	+	+	+	+	$K_{тр}$
5	?	+	+	+	+	Емк. пров

На рис. 5.4 представлена схема электрической сети и схемы замещения прямой и нулевой последовательности.

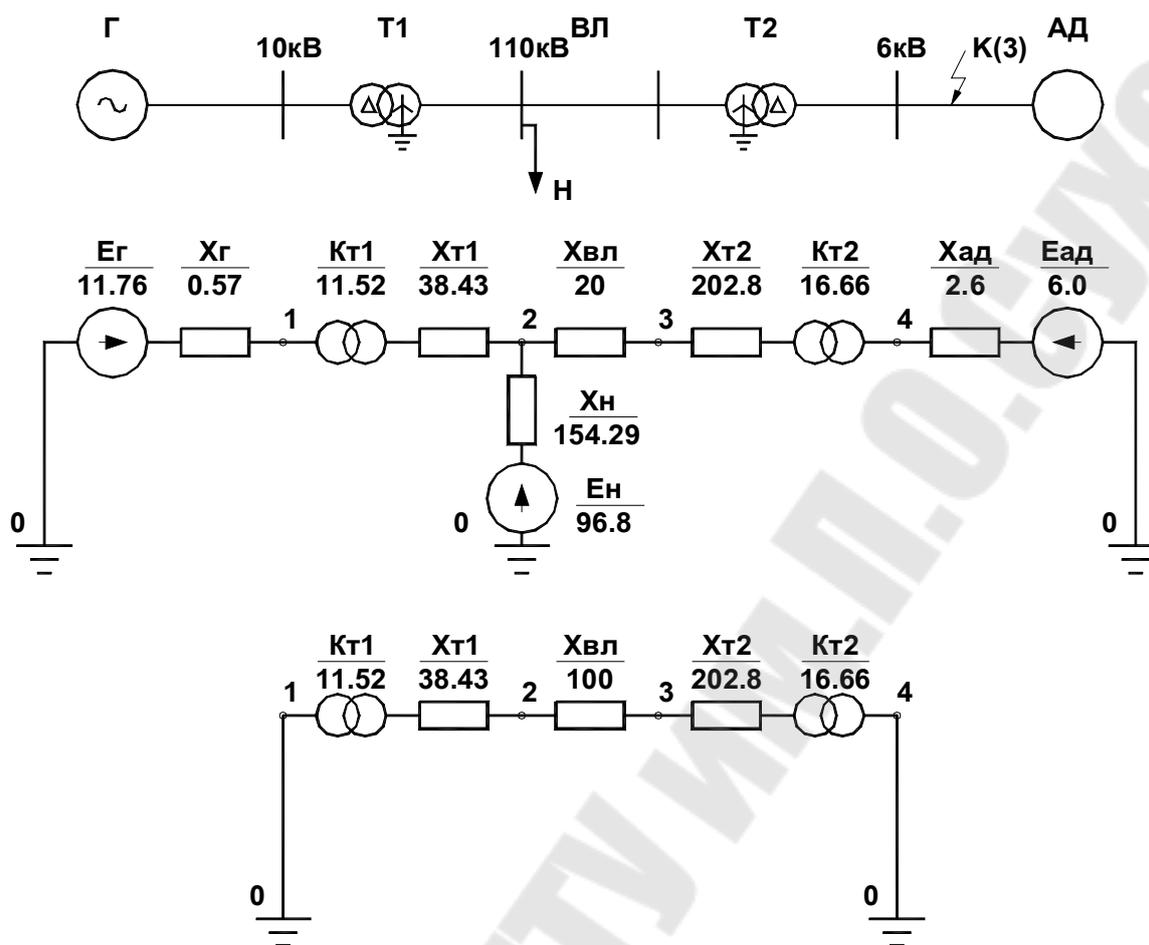


Рис. 5.4. Схемы электрической сети (а) и схемы замещения прямой (б) и нулевой (в) последовательностей

Предварительно узлы схем замещения должны быть пронумерованы, причем нулевой узел всегда соответствует нулевой точке. Таблицы с параметрами схем замещения прямой и обратной последовательности программы ТКЗ-3000 приведены на рис. 5.5.

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 последовательность).

F1-Нелр		F10-Выход		Сеть: PRIMER		Строка 1		Число связей 6	
Тип	Пар	Узел-1	Узел-2	R1	X1	E;K;B(с);	Фаза	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	

Для ввода параметров обратной последовательности нажмите F7

a)

F1-Нелр		F10-Выход		Сеть: PRIMER		Строка 1		Число связей 6	
Тип	Пар	Узел-1	Узел-2	R2	X2	E;K;B(с);	Фаза	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	

Для ввода параметров прямой последовательности нажмите F7

б)

Рис. 5.5. Таблицы с параметрами схем замещения прямой (а) и обратной последовательностей

Вызов таблицы для ввода или коррекции параметров схемы замещения нулевой последовательности выполняется из меню (рис. 5.3). Таблица параметров нулевой последовательности как и схема замещения не содержит генераторных ветвей и их параметров (рис. 5.6)

F1-Help F10-Выход INS Сеть: PRIMER Строка 1 Число связей 5						
Тип	Пар	Узел-1	Узел-2	R0	X0	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

Рис. 5.6. Таблицы с параметрами схем замещения нулевой последовательности

После ввода данных в любой из таблиц и возврате в меню программа предлагает сохранить исходные данные по каждой схеме замещения в отдельных файлах с общим именем сети и соответствующими расширениями:

- имя.f1p** – для прямой последовательности;
- имя.f0b** – для обратной последовательности;
- имя.f0p** – для нулевой последовательности;
- имя.fws** – для ветвей с взаимоиндукцией.

**Контроль сети** – позволяет проверить корректность и полноту ввода информации. Программа тестирует исходные данные по нескольким критериям, выбор которых осуществляет пользователь с из меню (рис. 5.7).

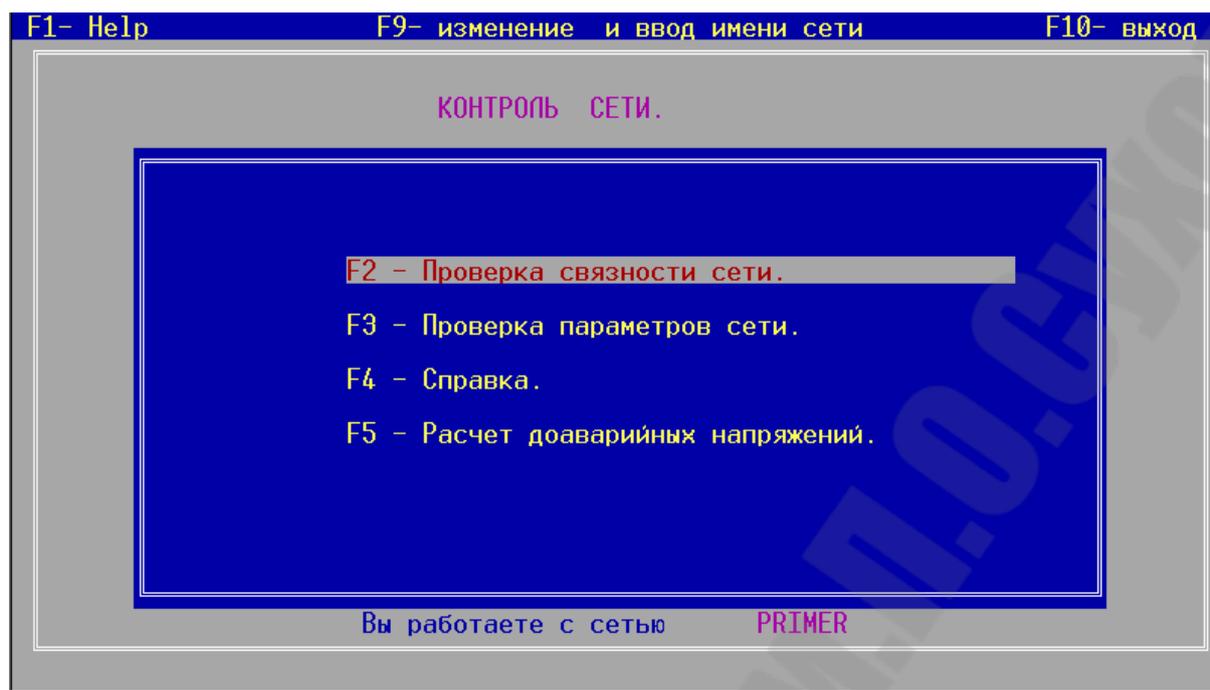


Рис. 5.7. Таблицы с параметрами схем замещения нулевой последовательности

Проверка корректности подготовки исходных данных выполняется по следующим критериям:

**связность сети** - проверяется отдельно по каждой последовательности схемы замещения. При обнаружении разрыва в текстовый файл *имя.prs* и на экран выводятся все группы узлов, не связанных между собой;

**параметры сети** (полноты задания) – проверяется:

- наличие сопротивлений  $R$  и  $X$  для ветвей типа <0>, <3>, <4>, <5>; Э.Д.С. 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.

**Расчет доаварийных напряжений** – выполняется для проверки правильности задания коэффициентов трансформации. Программа выводит на экран или в файл *<имя>.pus* ожидаемые напряжения в узлах расчетной сети, значения которых должны соответствовать номинальным.

С помощью пункта меню *Справка по сети* можно сформировать обобщенные данные по расчетной сети: количество узлов, количество ветвей различных видов по каждой последовательности схемы замещения, которые выводятся на экран и в файл *имя.spr*.

**Распечатка данных** – вывод на печать или в дисковые файлы отдельных блоков данных по расчетной электрической сети. Пользователь должен указать с помощью меню, какой блок данных должен быть распечатан. Распечатка возможна как по ветвям (в том порядке, в каком данные были введены) или по узлам (отдельно по прямой и нулевой последовательностям или совместно). При цифровом обозначении указываются отдельные узлы или диапазоны узлов (15-200, 1-3000).

Программа оформляет исходные данные в файлы для печати:

*имя.prw* – для прямой последовательности;

*имя.row* – для обратной последовательности;

*имя.rpw* – для нулевой последовательности.

### **5.3. Расчет токов короткого замыкания по месту повреждения**

Для выполнения расчетов токов КЗ в отдельных точках электрической сети используется пункт главного меню «Расчет ТКЗ по месту повреждения» (рис. 5.1). Этот вид расчетов позволяет проводить вычисления электрических величин в 1-м, 2-м поясе присоединений относительно места повреждения. Количество мест повреждений при расчетах не ограничено.

Задание расчетной сети, видов и мест (узлов) повреждений, а также управление составом параметров для расчета осуществляется в диалоговом окне (рис. 5.8), содержащем меню и текущие настройки для расчета. Пункты меню активизируются с помощью клавиш управления курсором или соответствующими функциональными клавишами.

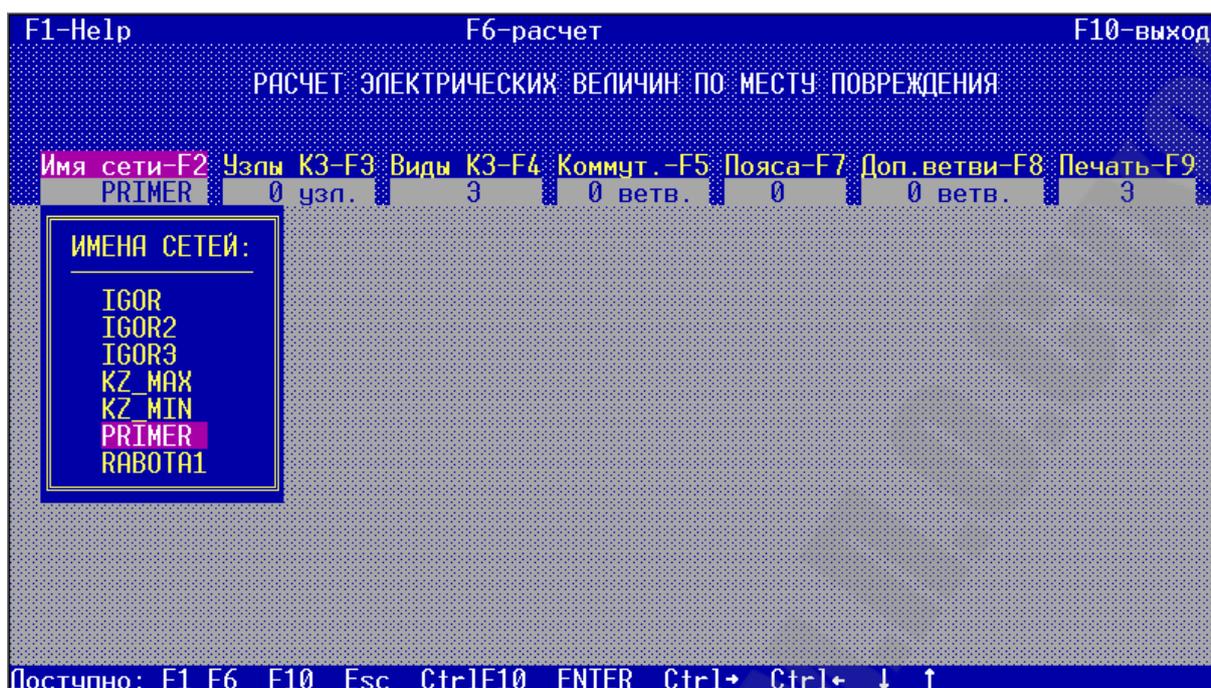


Рис. 5.8. Расчет токов КЗ по месту повреждения

**Имя сети – F2** – загрузка с диска данных расчетной сети. Пользователь должен выбрать из списка обнаруженных сеть для расчета.

**Узлы КЗ – F3** – формирование массива узлов сети, для расчета параметров КЗ (рис. 5.9). Пользователь через пробел должен перечислить узлы, для которых необходимо выполнить расчеты.

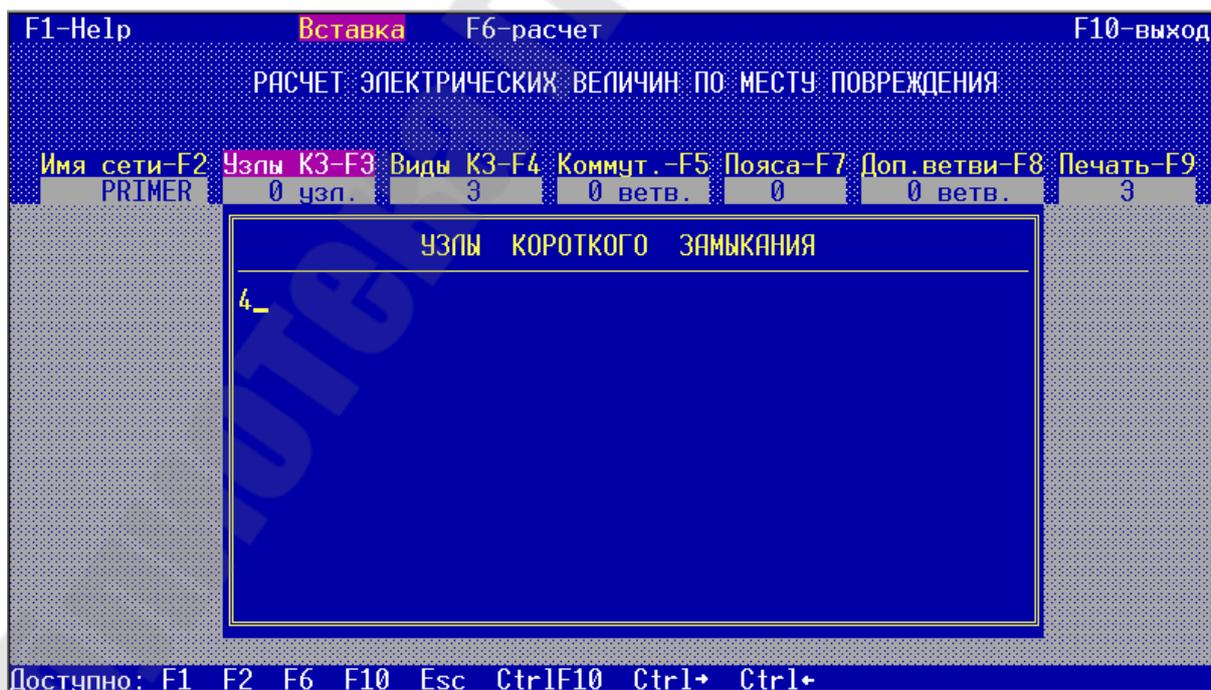


Рис. 5.9. Задание узлов для расчетов токов КЗ

**Виды КЗ – F4** – указываются виды КЗ и измеряемые (расчетные) параметры, которые при этом виде КЗ необходимо определить (рис. 5.10).

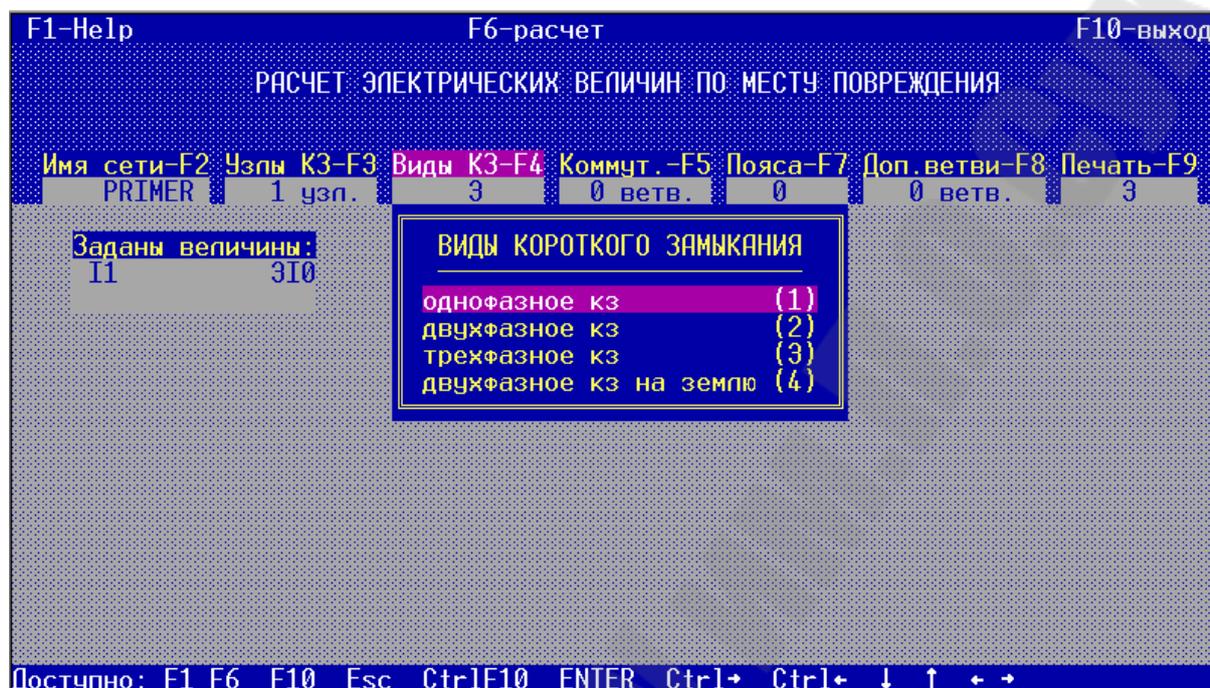


Рис. 5.10. Задание видов КЗ для расчета

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 измеряемых параметров необходимо:

- нажатием клавиши «Влево» вызвать на экран список «Величины», содержащий доступные для замера параметры и выбрать необходимый параметр (рис. 5.11);
- с помощью клавиши **Enter** в списке «Величины» включить/отключить параметр.

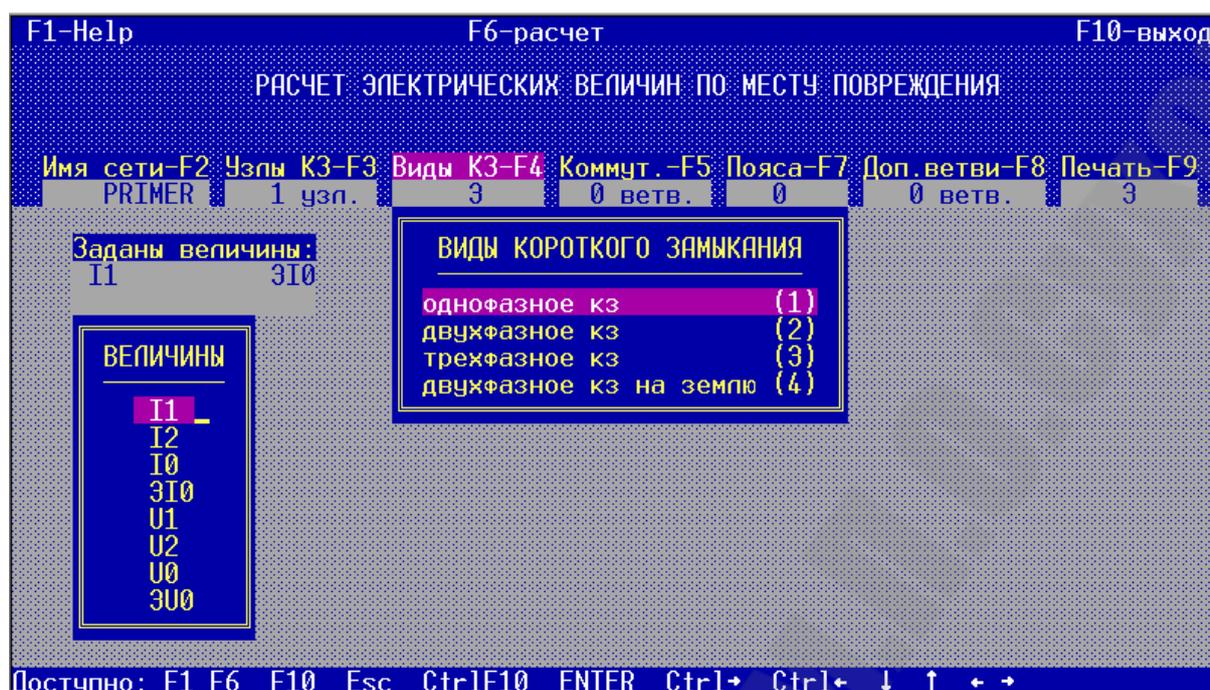


Рис. 5.11. Задание величин КЗ, подлежащих расчету

**Расчет – F6** – запуск расчета параметров КЗ при текущих настройках.

**Пояса – F7** – указание количества поясов от места повреждения, в которых должны определяться параметры режима КЗ. Под поясом понимается удаленность ветви от места повреждения:

- 0 - непосредственно точка КЗ;
- 1 – ветви, примыкающие к точке КЗ;
- 2 – ветви, примыкающие в ветвях первого пояса.

**Печать – F9** – установка формата файла вывода на печать результатов расчета.

Результаты расчетов выводятся на экран и в файл *имя.f1* в двух формах:

*в табличной форме* (рис. 5.12, а), если указан формат печати 2 или 3 (сеть без учета или с учетом активных сопротивлений). При этом виды КЗ должны быть указаны однофазное или трехфазное виды КЗ, а число поясов не более одного;

*без оформления таблицы* (рис. 5.12, б), если указан формат печати 1. При этом могут быть указаны любые виды КЗ и до 2-х поясов.

## РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА :

Имя сети : PRIMER

Число узлов КЗ: 2 Число посов: 1

Число коммутаций: 0

Число дополнительных ветвей: 0

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

## РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА :

Имя сети : PRIMER

Число узлов КЗ: 2

Число посов: 1

Число коммутаций: 0

Число дополнительных ветвей: 0

Вид КЗ 1

МЕСТО КЗ 4

Uпа 6.80 0

суммарные величины в месте несимметрии		
E1 (0.000 0.742)	E2 (0.000 0.742)	E0 (999999.000 0.000)
I1 0 0	I2 0 0	3I0 0 0
ЗАМЕРАЕМЫЕ 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. 5.12. Оформление результатов расчета токов КЗ в табличной форме (а) и без оформления таблицы (б)

## ЛИТЕРАТУРА

1. Справочная система AutoCAD 2019.
2. Аветисян Д.А. Автоматизация проектирования электрических систем. – М.: Высш. шк., 1998. – 331 с.: ил.
3. Жарков Н.В., Финков М.В. AutoCAD 2019. Полное руководство – СПб.: Наука и техника, 2019. – 640 с.: ил.
4. Соколова Т.Ю. AutoCAD 2004. Англоязычная и русская версия / Т. Ю. Соколова – М.: ДМК Пресс, 2004. – 600 с.: ил.
5. Электрические системы. Математические задачи электроэнергетики: учеб. для вузов / под ред. В. А. Венникова. – М. : Высш. шк., 1981.

# **АВТОМАТИЗАЦИЯ В ПРОЕКТИРОВАНИИ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ**

**Пособие  
по одноименной дисциплине  
для студентов специальности  
1-43 01 03 «Электроснабжение (по отраслям)»  
дневной и заочной форм обучения**

Составитель **Сычѳв Александр Васильевич**

Подписано к размещению в электронную библиотеку  
ГГТУ им. П. О. Сухого в качестве электронного  
учебно-методического документа 02.06.21.

Пер. № 5Е.

<http://www.gstu.by>